

KỶ YẾU

HỘI NGHỊ KHOA HỌC TRẺ

LẦN THỨ 5 - NĂM 2023

YSC 2023

TRI THỨC TRẺ TRONG KỶ NGUYÊN SỐ

LĨNH VỰC HÓA - SINH HỌC - THỰC PHẨM
MÔI TRƯỜNG - CƠ KHÍ - NHIỆT LẠNH - XÂY DỰNG
ĐỘNG LỰC



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

**BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

**KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TRẺ LẦN 5
NĂM 2023 YSC2023 TRI THỨC TRẺ TRONG KỶ
NGUYÊN SỐ
LĨNH VỰC HÓA - SINH HỌC - THỰC PHẨM
MÔI TRƯỜNG - CƠ KHÍ - NHIỆT LẠNH - XÂY DỰNG
ĐỘNG LỰC**

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

HỘI NGHỊ KHOA HỌC TRẺ LẦN 5 NĂM 2023
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

BAN TỔ CHỨC

- PGS.TS. Huỳnh Trung Hiếu	Phó Hiệu trưởng	Trưởng ban
- TS. Nguyễn Xuân Hồng	Phó Hiệu trưởng	Phó Trưởng ban
- PGS.TS. Đàm Sao Mai	Phó Hiệu trưởng	Phó Trưởng ban
- PGS.TS. Trịnh Ngọc Nam	Trưởng phòng QLKH & HTQT	Phó Trưởng ban
- KS. Huỳnh Phú Vinh	Bí thư Đoàn Thanh niên Trường	Thành viên
- PGS.TS. Đoàn Văn Đạt	Trưởng tiểu ban Hóa – Sinh – Thực phẩm – Môi trường	Thành viên
- TS. Lê Nhật Duy	Trưởng tiểu ban Điện – Điện tử – Công nghệ Thông tin	Thành viên
- TS. Nguyễn Quốc Cường	Trưởng tiểu ban Kinh tế	Thành viên
- PGS.TS. Nguyễn Minh Phú	Trưởng tiểu ban Cơ khí – Xây dựng – Động lực – Nhiệt lạnh	Thành viên
- TS. Phan Thị Tuyết Nga	Trưởng tiểu ban Khoa học Xã hội và Nhân văn	Thành viên
- ThS. Bùi Đình Tiền	Phó Trưởng phòng QLKH & HTQT	Thành viên
- TS. Phạm Trần Bích Thuận	Phó Trưởng phòng QLKH & HTQT	Thành viên
- ThS. Phạm Trung Kiên	Trưởng phòng Tổ chức – Hành chính	Thành viên
- ThS. Phạm Thị Quế Minh	Trưởng phòng Tài chính Kế toán	Thành viên
- TS. Lê Ngọc Sơn	Viện trưởng Viện Đào tạo Quốc tế và Sau Đại học	Thành viên
- ThS. Nguyễn Thị Thương	Giám đốc Trung tâm Thông tin – Truyền thông	Thành viên
- ThS. Nguyễn Phúc Hưng	Giám đốc Trung tâm Quản trị Hệ thống	Thành viên
- ThS. Nguyễn Quý Tuấn	Trưởng phòng Quản trị	Thành viên
- ThS. Dương Tiến Đoàn	Trưởng phòng Dịch vụ	Thành viên
- ThS. Trần Thu Thảo	Trưởng ban Học tập – Nghiên cứu Khoa học Đoàn Trường	Thành viên
- ThS. Nguyễn Minh Tú Anh	Chuyên viên Phòng QLKH & HTQT	Thành viên
- ThS. Nguyễn Phúc Thùy Dương	Chuyên viên Phòng QLKH & HTQT	Thành viên

BAN CHUYÊN MÔN THẨM DUYỆT BÀI BÁO

Tiểu ban Cơ khí – Xây dựng – Động lực – Nhiệt lạnh

- PGS.TS. Nguyễn Minh Phú	Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh	Trưởng Tiểu ban
- TS. Nguyễn Khoa Triều	Khoa Công nghệ Cơ khí	Thành viên
- TS. Võ Tấn Châu	Khoa Công nghệ Động lực	Thành viên
- TS. Nguyễn Thanh Việt	Khoa Xây dựng	Thư ký

Tiểu ban Hóa – Sinh học – Thực phẩm – Môi trường

- PGS.TS. Đoàn Văn Đạt	Khoa Công nghệ Hóa học	Trưởng Tiểu ban
- TS. Nguyễn Trung Hậu	Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm	Thành viên
- TS. Phạm Minh Tuấn	Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm	Thành viên
- TS. Trần Thị Tường Vân	Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Môi trường	Thư ký

DANH MỤC BÀI BÁO

YSC5.F201.....	5
PHÁT TRIỂN VÀ THẨM ĐỊNH PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH DIPHENYL CARBONATE TRONG NHỰA POLYCARBONATE BẰNG KỸ THUẬT GC-MS/MS	
VAN TRONG NGUYEN ^{1*} , THANH THUY TRAN ¹ , THANH KHUE VAN ¹ , PHÙNG THỊ TRANG ¹	
YSC5.F202.....	12
TỔNG HỢP VẬT LIỆU Ce-ZnO/Fe₂O₃ CHO PHẢN ỨNG PHÂN HỦY METHYLEN XANH DƯỚI ÁNH SÁNG NHÌN THẤY	
LÊ CẨM VÂN ^{1*} , ĐẶNG NGỌC VÂN ² , LƯU THỊ VIỆT HÀ ^{3*}	
YSC5.F203.....	20
NGHIÊN CỨU BIẾN TÍNH DIATOMITE LÀM CHẤT HẤP PHỤ ĐỂ XỬ LÝ KIM LOẠI NẶNG TRONG NƯỚC	
LÊ THIẾT HÙNG	
YSC5.F204.....	34
ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ PHƠI NHIỄM TỪ CÁC THÀNH PHẦN ĐỘC TÍNH CÓ CHỨA TRONG ĐỒ CHƠI NHỰA TRẺ EM	
HUỠNH THỊ NGỌC ÁNH ¹ , NGUYỄN THỊ LAN BÌNH, LƯƠNG TẤN NHẬT	
YSC5.F205.....	43
NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG TUYẾN NỔI ĐỂ LOẠI BỎ VI NHỰA TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC	
TRẦN THỊ KIM LOAN ¹ , TRẦN NGỌC VŨ ¹ , NGUYỄN THỊ THANH TRÚC ^{1*}	
YSC5.F206.....	52
ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ POLYSACCHARIDES ĐẾN CẤU TRÚC PHỔ MAI TAN CHẢY THUẦN THỰC VẬT	
LÊ THỊ DIỄM QUỲNH, PHẠM LAN ANH, NGUYỄN THỊ HOÀI THANH, NGUYỄN THỊ MINH NGUYỆT*	
YSC5.F207.....	65
CHẾ TẠO MÀNG FILM DẪN NHIỆT GRAPHENE FLUORIDE/ARAMID NANOFIBER ỨNG DỤNG TẢN NHIỆT TRONG THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ	
PHẠM TRUNG NHÂN, PHẠM VĨ NGUYỄN, NGUYỄN CHÍ THIÊN, TRƯƠNG HOÀI NAM, CHÂU TẤN LỘC, PHẠM HOÀNG ÁI LỆ*, NGUYỄN VĂN CƯỜNG*	
YSC5.F208.....	73
NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG LÀM LẠNH VẾT THƯƠNG Ở DA CỦA HỢP CHẤT DAIDZEIN TRÊN MÔ HÌNH CHUỘT SWISS	
PHẠM HUỠNH LỘC ^{1*} , ĐINH THỊ THÚY QUỲNH ¹ , NGUYỄN CHÍ TOÀN ¹ , NGUYỄN VĂN TÀI ¹ , TRẦN HÀ NGÂN ¹	
YSC5.F209.....	80
CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG LỰA CHỌN CƯ TRÚ CỦA SINH VIÊN: NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH	
CAO THỊ KIM DUYÊN, BÙI THỊ HẢI HẰNG, HOÀNG TRUNG KIÊN, NGUYỄN THỊ NGỌC*	
YSC5.F210.....	91
NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG TINH DẦU VÀ CHIẾT XUẤT HƯƠNG THẢO TRONG SẢN PHẨM SỮA TẮM	
NGUYỄN THỊ HỒNG ANH ^{1*} , LÊ HOÀI ÂN, NGUYỄN VĂN CƯỜNG ²	

YSC5.F211	98
ỨNG DỤNG IN 3D NHỰA CÓ NGUỒN GỐC SINH HỌC VÀO THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO BỘ TRUYỀN ĐỘNG KHUNG XƯƠNG NGOÀI PHỤC HỒI CHỨC NĂNG CHO BÀN TAY	
TRẦN BÌNH NGUYỄN ^{1*} , TRẦN NHẬT KHIÊM ^{1*} , NGUYỄN BÁ HUY ^{1*} , TRƯƠNG ĐIỂM QUỲNH ^{1*} , TRỊNH NGỌC CẨM TIÊN ^{1*} , TRẦN NGỌC ĐĂNG KHOA ¹ , NGUYỄN KHOA TRIỀU ^{1**}	
YSC5.F212	106
NGHIÊN CỨU CFD VÀ THỰC NGHIỆM CÁC BỘ CHUNG CÁT NƯỚC NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI	
NGUYỄN BẢO ÂN ¹ , PHAN TUẤN ANH ¹ , LÊ HẢI ĐĂNG ¹ , DƯƠNG TRẦN TẤN AN ¹ , LÊ TRỌNG HIẾU ¹ , NGUYỄN MINH PHÚ ^{1*}	
YSC5.F213	114
THIẾT KẾ CHẾ TẠO XE MÁY ĐIỆN VỚI HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG VÀ XI-NHAN THÔNG MINH	
NGUYỄN NGỌC HUYỀN TRANG ^{1*} , HUỖNH THANH PHÚ ² , VÕ GIA HUY ² , TRỊNH XUÂN LƯƠNG ² , NGUYỄN ĐỘ LƯỢNG ² , TRẦN HOÀNG NHẬT ²	
YSC5.F214	124
ỨNG DỤNG KNN TRONG SÁY HỒNG NGOẠI	
ĐOÀN THỊ HỒNG HẢI ^{1*} , HUỖNH NHẬT HÀO ²	
YSC5.F215	132
ỨNG DỤNG MATLAB GUI TÍNH TOÁN KẾT CẤU HỘP SỐ THƯỜNG Ô TÔ	
HOÀNG NGỌC DƯƠNG ¹ , NGUYỄN XUÂN NGỌC ^{1*} , BÙI MINH NHẬT ¹ , TRẦN THANH TÂM ²	
YSC5.F216	139
NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN TỈ SỐ TRUYỀN CỦA HỘP SỐ THƯỜNG Ô TÔ	
VÕ LÂM KIM THANH ¹ , NGUYỄN XUÂN NGỌC ^{1*} , NGUYỄN TUẤN VŨ ¹ , TRẦN THANH TÂM ²	
YSC5.F217	145
THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÔ HÌNH LY HỢP KẾT HỢP VỚI HỘP SỐ CƠ KHÍ	
VÕ LÂM KIM THANH ¹ , NGUYỄN XUÂN NGỌC ^{1*} , NGUYỄN DUY TÂM ¹ , TRẦN THANH TÂM ²	
YSC5.F218	152
THIẾT KẾ CHẾ TẠO ĐẦU KÉO XE LĂN TAY CHO NGƯỜI KHUYẾT TẬT	
NGUYỄN NGỌC HUYỀN TRANG ^{1*} , NGUYỄN QUANG ANH ² , NGUYỄN VĂN HOÀNG ² , NGUYỄN HẢI HỒ ²	
YSC5.F219	161
DESIGN OF PNEUMATIC ENGINE STARTER	
TRẦN HOÀNG KIÊN TRUNG ^{1*} , LÊ VĂN HIỆU ² , NGUYỄN HỮU TÀI ³ , ĐẶNG MINH HUY ⁴ , PHẠM TRƯỜNG THỊNH ⁵ , TS. HỒ THANH THƠ ^{6*}	
YSC5.F220	177
TÍNH TOÁN KIỂM TRA HỆ THỐNG VRV KẾT HỢP COMBINE MEP BẰNG REVIT CHO DỰ ÁN JAMONA CITY	
NGUYỄN TRUNG HIẾU ¹ , PHẠM QUANG PHÚC ¹ , CHÂU NGUYỄN ¹ , ĐẶNG HIẾU NHÂN ¹ , NGUYỄN CAO NGỌC ÁNH ¹ , VÕ LONG HẢI ^{1*}	

YSC5.F221.....	186
NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG DÍNH BĂM CỦA ASPHALT MASTIC SỬ DỤNG BỘT KHOÁNG LÀ BỘT ĐÁ VÔI	
ĐỖ CAO PHAN*	
YSC5.F222.....	192
THIẾT KẾ CHẾ TẠO ROBOT DI CHUYỂN TRÊN KÍNH CÓ VÁCH NGĂN	
NGUYỄN THỊ KIM THOA ^{1*} , ĐẶNG TIẾN PHÚC ^{1*} , NGUYỄN TẤN PHÁT ¹ , SÌ HỒ PHI ¹ , NGUYỄN HỮU PHƯỚC ¹ , NGUYỄN TRUNG NGHĨA ¹	
YSC5.F223.....	199
NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG PHÂN LOẠI SẢN PHẨM THEO CHIỀU CAO	
TRẦN BÙU TIL ¹ , SƠN THÀNH NHƠN ² , TRƯƠNG TRẦN MINH TRÍ ³ , NGUYỄN CAO THÁI HÒA ⁴ , NGUYỄN TẤN ĐẠT ⁵ , NGÔ TIẾN HOÀNG ^{6*}	
YSC5.F224.....	206
THIẾT KẾ HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI VÀ HỆ THỐNG ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ VÀ THÔNG GIÓ CHO KHỐI VẤN PHÒNG NHÀ MÁY ĐP ĐẠT TIÊU CHUẨN LEED VÀ GIẢM PHÁT THẢI CO₂	
NGUYỄN THỊ MỸ TRANG ¹ , NGUYỄN THANH THẢO ¹ , ĐINH NHẬT TRUNG ¹ , NGUYỄN CÔNG MINH ¹ , LÊ HỒ THANH NGUY ^{1*} , NGUYỄN THỊ TÂM THANH ^{1*}	
YSC5.F225.....	218
TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG KHO LẠNH BẢO QUẢN NHO Ở NHIỆT ĐỘ 0-2°C NĂNG SUẤT 10 TẤN KẾT HỢP TRỮ LẠNH	
TRẦN VĂN KHÁNH, NGUYỄN XUÂN HIẾU, ĐINH NHẬT DUY, NGUY GIA LẬP, PHẠM MINH HUYỀN, NGUYỄN TRUNG KIẾN	
YSC5.F226.....	226
ỨNG DỤNG PHẦN MỀM MÔ PHỎNG CFD TRONG THIẾT KẾ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ TÒA NHÀ VẤN PHÒNG THEO TCVN 13521:2022	
TRAN DOAN AI VI, NGUYEN MINH NHUT, TRAN VAN PHAT, LE XUAN DUC, NGUYEN TUAN DUNG, NGUYEN HOANG KHOI*	
YSC5.F227.....	236
ỨNG DỤNG SOLIDWORKS ĐỂ PHÂN TÍCH VẬN TỐC VÀ NHIỆT ĐỘ HỆ THỐNG SẤY CỬ CẢI SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI HIỆU ỨNG NHÀ KÍNH	
NGUYEN TRUONG LONG, NGUYEN HUU LOC, NGUYEN HONG HUY HOAN, NGUYEN DANG KIEN, CHAU TUAN KIET, NGUYEN HOANG KHOI*	
YSC5.F228.....	243
SEAMLESS MOIST AIR MODEL DATA LOGGING THROUGH PC LINK TO ENHANCE LEARNING IN THERMAL TECHNOLOGY	
NGUYEN TRUNG KIEN(*), VO TRAN PHUC NGUYEN, NGUYEN MANH HOANG, NGUYEN DUC HUY, PHAM QUANG VINH	
YSC5.F229.....	252
TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ HỆ THỐNG KHO LẠNH BẢO QUẢN CÀ CHUA SỨC CHỨA 100 TẤN	
VŨ MINH THẮNG ¹ , TRẦN HỮU TÀI ¹ , PHẠM TẤN PHƯỚC ¹ , ĐỖ DUY TUẤN ¹ , TRẦN VĂN QUY ¹ , LÊ THỊ BÍCH NGUYỆT ^{1*}	

YSC5.F230.....	259
NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM QUÁ TRÌNH SẤY ĐƯƠNG QUY BẰNG KỸ THUẬT SẤY CHÂN KHÔNG	
THÂN THỊ THANH TOÀN*, TRẦN MINH QUANG, CŨNG TẤN LỘC, CAO XUÂN QUỐC, TRỊNH ANH TUẤN, PHẠM QUANG PHÚ	
YSC5.F231.....	267
NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM SẤY NGÒ RÍ BẰNG TIA HỒNG NGOẠI	
TRẦN VŨ NGUYỄN, LƯƠNG QUANG TUẤN, LÊ ANH KIÊN, NGUYỄN TRỌNG TÍNH, TRẦN TRỌNG TRÍ, BÙI TRUNG THÀNH	
YSC5.F232.....	275
NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ SẤY CHUỐI THÁI LÁT BẰNG MÁY SẤY LẠNH NGUYÊN LÝ BƠM NHIỆT CÓ CẤP BỔ SUNG NHIỆT BẰNG ĐIỆN TRỞ	
NGUYỄN BẢO DUY*, ĐỖ HOÀNG LÂM, ĐỖ QUỐC VŨ, KIỀU MINH TRUNG, LỘC ĐÌNH VẤN, BÙI TRUNG THÀNH	
YSC5.F233.....	283
NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM SẤY ỚT TRÊN MÁY SẤY TÍNH CẤP NHIỆT ĐẢO CHIỀU	
LÊ TRƯỜNG GIANG, NGUYỄN PHÚC DUY, PHAN THANH KHANG, NGUYỄN THẾ AN, TRẦN HỒ KHÁNH DUY, BÙI TRUNG THÀNH	

YSC5.F201

PHÁT TRIỂN VÀ THẨM ĐỊNH PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH DIPHENYL CARBONATE TRONG NHỰA POLYCARBONATE BẰNG KỸ THUẬT GC-MS/MS

VAN TRONG NGUYEN^{1*}, THANH THUY TRAN¹, THANH KHUE VAN¹, PHÙNG THỊ TRANG¹

¹Khoa Công nghệ Hóa học, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

Email: nguyenvantrong@iuh.edu.vn; tranthithanhthuy@iuh.edu.vn; vanthanhkhue@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Trong nghiên cứu này, một kỹ thuật sắc ký khí ghép nối đầu dò khối phổ ba tứ cực (GC-MS/MS) được phát triển và thẩm định để xác định hoạt chất diphenyl carbonate (DPC) trong nền mẫu nhựa polycarbonate. Các thông số thẩm định đạt kết quả tốt như khoảng tuyến tính rộng (0,01 µg/ml đến 100 µg/ml), đường chuẩn có hệ số tuyến tính $R^2 > 0.995$ trong cả nền mẫu trắng và nền mẫu dung môi, sự ảnh hưởng của nền mẫu không đáng kể (ME = 12.19 %). Giới hạn phát hiện và giới hạn định lượng của phương pháp lần lượt là 2.10 µg/Kg và 2.00 µg/Kg. Độ chính xác và độ đúng của phương pháp được đánh giá thông qua độ lặp (RSD) và hiệu suất thu hồi được thực hiện ở ba nồng độ khác nhau cho kết quả RSD trong khoảng 4,10 -7,30 % và hiệu suất thu hồi trong khoảng 92,80 – 95,50 %. Các mẫu nhựa PC được thu thập trên thị trường như mẫu bình nước uống, đồ chơi trẻ em và bao bì thực phẩm được xử lý mẫu bằng cách hòa tan trong hỗn hợp dung môi dichloromethane/methanol (2:8, v/v) và phân tích, kết quả cho thấy hàm lượng của DPC đều nằm dưới giới hạn cho phép theo QCVN 12-1: 2011/BYT. Phương pháp được thẩm định theo hướng dẫn của Hội Đồng Châu Âu SANTE/11312/2021, kết quả cho thấy độ nhạy, độ chính xác cao đáp ứng được yêu cầu phân tích kiểm soát hàm lượng DPC trong sản phẩm nhựa nhằm khuyến cáo, đảm bảo sức khỏe người sử dụng.

Từ khóa. Diphenyl carbonate, DPC, GC-MS/MS.

DEVELOPMENT AND VALIDATION METHOD FOR DETERMINATION OF DIPHENYL CARBONATE IN POLYCARBONATE PLASTICS BY GC-MS/MS TECHNIQUE

Abstract. In this study, gas chromatography-tandem mass spectrometry (GC-MS/MS) was developed and validated for determination of diphenyl carbonate (DPC) in the polycarbonate plastic samples. The validation parameters achieved good results such as large linear range (0.01 µg/ml to 100 µg/ml), standard curve correlation coefficient linear $R^2 > 0.995$ in both blank and solvent matrix, the matrix effects is small (ME = 12.19%). The MDL and MQL of the method were 2.10 µg/Kg and 2.00 µg/Kg, respectively. The accuracy and precision of the method were evaluated through the repeatability (RSD) and the recovery (RE) performed at three different concentrations giving an average result of RSD was in the range of 4.10 -7.30 % and recovery in the range of 92.80 - 95.50 %. The PC plastic samples collected and analyzed such as drinking water bottles, children's toys and food packaging, that were treated by dissolving in a mixture of dichloromethane/methanol (2:8, v/v) and analyzed, the results showed that the content of DPC was below the allowable limit according to QCVN 12-1: 2011/BYT. The method is validated according to the guidelines of the European Council SANTE/11312/2021, The results show that the sensitivity and high accuracy can be used for the purpose of analyzing and testing the DPC content in plastic products to recommend and ensure the health of users.

Keywords. Diphenyl carbonate, DPC, GC-MS/MS.

1 GIỚI THIỆU

Diphenyl carbonate (DPC) là một chất hữu cơ có công thức phân tử $(C_6H_5O)_2CO$ và được phân loại là một ester carbonate mạch hở. Nhựa polycarbonate (PC) thường sử dụng để sản xuất các sản phẩm như bình đựng nước uống, đồ chơi trẻ em, bao bì thực phẩm [1, 2]... Quá trình sản xuất nhựa PC thường sử dụng hai nguyên liệu chính là DPC và bisphenol A (BPA), BPA có tính độc hại rất cao và có nhiều nghiên cứu đã xác định và đánh giá tính độc hại của chúng [3-5], trong khi đó DPC có tính độc hại thấp hơn, chính vì vậy, có rất ít nghiên cứu đề cập đến tính độc hại cũng như các phương pháp xác định DPC. Năm 2019, Y. Chen và các cộng sự đã công bố một quy trình xác định đồng thời DPC và BPA trong mẫu nhựa PC bằng phương pháp phổ huỳnh quang phân tử, kết quả cho thấy phương pháp có độ nhạy và độ chính xác cao, ba mẫu đem phân tích đều tìm thấy sự xuất hiện của 2 hoạt chất này [6].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi phát triển một phương pháp GC-MS/MS để xác định riêng hoạt chất DPC trong nhựa PC mà chưa có nghiên cứu nào công bố, với phương pháp sắc ký khí ghép khối phổ ba tứ cực cho kết quả nhanh, nhạy, chính xác và có độ tin cậy cao. Tuy DPC có tính độc hại không cao đối với người sử dụng, nhưng theo quy chuẩn Việt Nam vẫn có sự giới hạn nhất định đối với DPC trong nhựa PC được quy định tại phụ lục 11 (QCVN 12-1:2017/BYT) đối với thử vật liệu là 500 $\mu\text{g/g}$ cho cả DPC và BPA [7], điều này chứng tỏ DPC có ảnh hưởng đến sức khỏe của người sử dụng đối với bao bì có tiếp xúc với thực phẩm được sản xuất từ nhựa PC. Kết quả của nghiên cứu mong muốn đóng góp một phần trong việc kiểm tra đánh giá sự an toàn đối với các sản phẩm được sản xuất từ nhựa PC đặc biệt là đồ chơi trẻ em và các bao bì đựng thực phẩm.

2 THỰC NGHIỆM

2.1 Hóa chất

Dung dịch chuẩn DPC có độ tinh khiết 99,5 % được mua từ hãng Acros Organics của Mỹ, các dung môi khác như methanol, dichloromethane được mua từ hãng Merck của Đức.

2.2 Thiết bị GC-MS

Phương pháp phân tích được thực hiện trên thiết bị Thermo Scientific™ TSQ™ 9000 với cột DB – WAX UI ($30\text{ m} \times 0,25\text{ mm} \times 0,25\text{ }\mu\text{m}$, Agilent, Mỹ) và khí heli (purity $\geq 99.999\%$) được sử dụng làm khí mang với vận tốc đẳng dòng 1,2 mL/phút. Nhiệt độ của buồng hóa hơi được cài đặt ở 250°C với chế độ không chia dòng và thể tích bơm mẫu là 2 μL . Chương trình nhiệt cho cột tách được cài đặt như sau: Nhiệt độ bắt đầu 50°C giữ trong 1 phút sau đó tăng lên 110°C với tốc độ tăng 10°C/phút, tiếp tục tăng lên 200°C với tốc độ 15°C/phút và cuối cùng tăng lên 250°C với tốc độ tăng 10°C/phút giữ trong 1 phút, tổng thời gian phân tích 15 phút. Khối phổ được vận hành sử dụng nguồn ion hóa va chạm điện tử (EI) và chế độ giám sát nhiều phản ứng (MRM). Năng lượng electron sử dụng 70 eV với thời gian quét 0,5 giây/quét, nhiệt độ buồng ion hóa và đường truyền tương ứng 230°C và 240°C. Kỹ thuật định lượng DPC dựa trên chế độ MRM với năng lượng bắn phá 15 eV, khối lượng ion mẹ 214, khối lượng ion định lượng 114 và khối lượng ion xác nhận 77. Hệ thống được vận hành bằng phần mềm TraceFinder 3.3 EFS; Thermo Scientific.

2.3 Chuẩn bị dung dịch chuẩn

Chất chuẩn DPC 1000 $\mu\text{g/mL}$ được pha từ chất gốc có độ tinh khiết 99,5 %, dung dịch chuẩn trung gian 10 $\mu\text{g/mL}$ được pha loãng từ dung dịch chuẩn DPC 1000 $\mu\text{g/mL}$, dung dịch chuẩn làm việc 1 $\mu\text{g/mL}$ được pha loãng từ dung dịch chuẩn trung gian. Tất cả các dung dịch chuẩn này được pha trong dung môi methanol và bảo quản ở nhiệt độ 5°C trong tủ mát.

Chuẩn bị mẫu trắng: Mẫu nhựa PC sau khi được chiết shoxlet 6 giờ bằng dung môi methanol (MeOH), phần nhựa thu được sau khi chiết tiến hành phân tích lặp lại 6 lần bằng thiết bị GC-MS/MS với cùng điều kiện phân tích mẫu thật, tại thời gian lưu của chất phân tích trong sắc ký đồ mẫu trắng không xuất hiện mũi sắc ký của DPC. Mẫu này được bảo quản trong tủ mát ở 5°C và được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng của nền mẫu (ME) và các thí nghiệm khác.

2.4 Đánh giá ảnh hưởng của nền mẫu

Đường chuẩn DPC trên nền dung môi methanol và trên nền mẫu trắng được pha từ dung dịch chuẩn làm việc với các nồng độ 0,01 $\mu\text{g/mL}$; 0,03 $\mu\text{g/mL}$; 0,05 $\mu\text{g/mL}$; 0,1 $\mu\text{g/mL}$; 0,5 $\mu\text{g/mL}$ và 1 $\mu\text{g/mL}$. Từ kết quả

thu được của hai đường chuẩn, ảnh hưởng của nền mẫu được đánh giá qua công thức 1. [8-10]

$$ME(\%) = \left(\frac{a_{sb}}{a_{sol}} - 1 \right) \times 100 \quad (1)$$

Trong đó:

asp: Là hệ số góc của đường chuẩn trên nền mẫu trắng

asol: Là hệ số góc của đường chuẩn trên nền dung môi MeOH

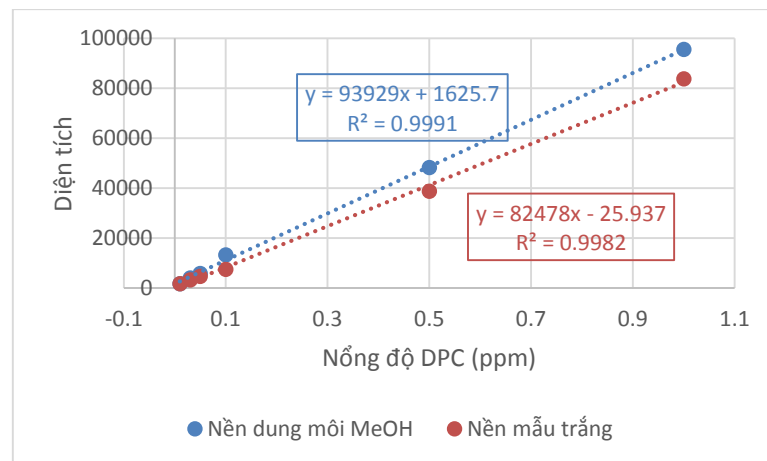
2.5 Quy trình xử lý mẫu

Mẫu thử được thu thập tại địa bàn khu vực Thành phố Hồ Chí Minh bao gồm mẫu đồ chơi trẻ em, bình nước uống và mẫu bao bì đựng thực phẩm. Các mẫu được cắt nhỏ thành nhiều mảnh với kích thước 5×5 mm, cân chính xác khoảng 0,1 g mẫu đã cắt nhỏ cho vào becher 100 mL, thêm 2 mL dichloromethane hoà tan hoàn toàn mẫu, chuyển dung dịch trong becher vào ống ly tâm 25 mL sau đó thêm 8 mL methanol, ly tâm 3500 vòng/phút trong 5 phút. Lấy 1 mL dung dịch cho vào vial và tiến hành phân tích trên hệ thống GC-MS/MS.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Ảnh hưởng của nền mẫu

Kết quả đánh giá ảnh hưởng của nền mẫu tính theo công thức 1 và dữ liệu được thể hiện trong hình 1 cho thấy giá trị ME là 12,19 %, theo tài liệu [9] kết quả này nhỏ hơn 20 % nên được xem ảnh hưởng của nền mẫu tới quy trình xác định DPC là không đáng kể. Vì vậy các bước thẩm định phương pháp tiếp theo được thực hiện trên nền mẫu là dung môi MeOH.



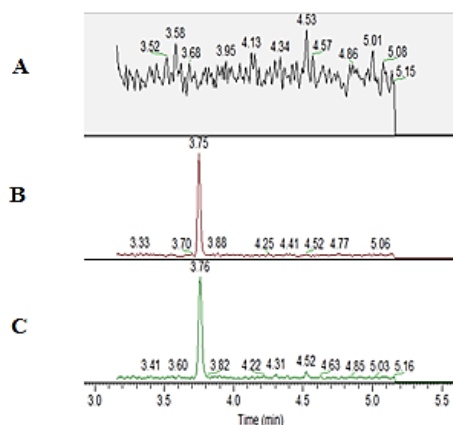
Hình 1. Đường chuẩn DPC trong nền dung môi MeOH và trong nền mẫu trắng

3.2 Thẩm định phương pháp

Các thông số của phương pháp được thẩm định bao gồm độ chọn lọc, khoảng tuyến tính - đường chuẩn, giới hạn phát hiện - giới hạn định lượng, độ đúng - độ chính xác. Thẩm định này được thực hiện theo hướng dẫn của SANTE/11312/2021 [8].

3.2.1 Độ chọn lọc

Các mẫu trắng, mẫu trắng thêm chuẩn và mẫu chuẩn của DPC ở nồng độ 0,03 µg/mL được phân tích trên hệ thống sắc ký khí ghép khối phổ ba tứ cực với điều kiện được cài đặt trong phần 2.2. Kết quả được thể hiện trong hình 2, từ sắc đồ cho thấy ở hình 2A mẫu trắng không có tín hiệu của chất phân tích, trong khi đó mẫu trắng thêm chuẩn ở hình 2B và hình 2C tín hiệu của chất chuẩn DPC có diện tích tương đương và thời gian lưu trùng khớp tương ứng là 3,75 phút và 3,76 phút. Điều này chứng tỏ phương pháp có độ chọn lọc cao đối với chất phân tích DPC và hoàn toàn phù hợp để phân tích chúng trong nền mẫu nhựa PC.



Hình 2. Độ chọn lọc của phương pháp

3.2.2 Khoảng tuyến tính – đường chuẩn

Khoảng tuyến tính của một phương pháp thông thường được thiết lập từ sát giới hạn định trở lên đến khi các điểm chuẩn bị lệch ra khỏi đường thẳng, khi đó khoảng tuyến tính của phương pháp được cho là đạt khi hệ số tuyến tính của đường chuẩn (R^2) lớn hơn 0,990. Trong nghiên cứu này, chúng tôi khảo sát khoảng tuyến tính trên nền dung môi MeOH, kết quả cho thấy khoảng tuyến tính của phương pháp rộng nằm trong khoảng 0,01 $\mu\text{g/mL}$ đến 100 $\mu\text{g/mL}$ mà chưa có dấu hiệu bị lệch ($R^2 = 0,995$). Đường chuẩn của phương pháp được thiết lập từ 0,01 $\mu\text{g/mL}$ đến 1 $\mu\text{g/mL}$, khoảng nồng độ này nằm trong khoảng tuyến tính khảo sát, đường chuẩn có phương trình tuyến tính cao với $R^2 = 0,9991$ ($y = 58326x + 10,55$). Với kết quả này đường chuẩn hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu phân tích DPC.

3.2.3 Giới hạn phát hiện (LOD) và giới hạn định lượng (LOQ)

LOD là nồng độ thấp nhất của chất phân tích được phát hiện so với độ ồn của tín hiệu nhưng không thể định lượng được chính xác tại giá trị đó. LOD của một phương pháp được thiết lập bằng cách phân tích 10 lần mẫu trắng thêm chuẩn ở nồng độ thấp để tìm ra độ lệch chuẩn (SD) của những lần lặp này, từ đó áp dụng công thức 2 để tính giá trị LOD của phương pháp.

$$LOD = 3 \times SD \quad (2)$$

LOQ được định nghĩa là nồng độ thấp nhất của chất phân tích mà phương pháp có thể định lượng được mà vẫn đảm bảo được độ đúng và chính xác của kết quả. LOQ được xác định bằng cách tương tự như LOD ở trên, tuy nhiên kết quả được tính theo công thức 3.

$$LOQ = 10 \times SD \quad (3)$$

Trong nghiên cứu này, nồng độ 0,01 $\mu\text{g/mL}$ của DPC được thêm vào nền mẫu trắng và được phân tích trên thiết bị GC-MS/MS với các thông số đã được tối ưu và tuân thủ theo quy trình xử lý mẫu trong phần 2.5, quá trình này được lặp lại 10 lần, giá trị LOD và LOQ của phương pháp tương ứng là 0,21 $\mu\text{g/L}$ và 6,93 $\mu\text{g/L}$. Kết quả này minh chứng phương pháp có độ nhạy cao và đáp ứng được yêu cầu phân tích dư lượng DPC trong mẫu nhựa PC.

3.2.4 Độ chính xác và độ đúng

Độ chính xác của một phương pháp phân tích được định nghĩa là mức độ gần đúng giữa giá trị thực của chất phân tích trong mẫu và giá trị thu được từ quy trình phân tích. Là thông số đảm bảo không xảy ra thất thoát hay nhiễm bẩn trong quá trình phân tích mẫu, góp phần định lượng các hợp chất một cách chính xác nhất. Với các mẫu chứa chất phân tích ở hàm lượng thấp, độ đúng được thực hiện ở 3 mức nồng độ khác nhau thấp, trung bình và cao trong các vùng của đường chuẩn. Độ chính xác của phương pháp được thể hiện thông qua độ lặp được tính theo công thức 4, 5 và 6. Kết quả RSD được so sánh với tài liệu hướng dẫn theo AOAC ($RSD < 11\%$).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (4)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (5)$$

$$RSD(\%) = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100 \tag{6}$$

Độ đúng của phương pháp được đánh giá qua hiệu suất thu hồi ở công thức 7. Trong đó C1 là nồng độ chất phân tích tìm thấy sau khi qua quá trình phân tích, C0 là nồng độ chất phân tích ban đầu.

$$\% H = \frac{C_1}{C_0} \times 100 \tag{7}$$

Trong thí nghiệm này nồng độ của DPC được sử dụng ở 3 mức tương ứng là 0,03 µg/mL, 0,1 µg/mL và 0,8 µg/mL, kết quả cho thấy hiệu suất thu hồi của phương pháp lớn hơn 92 % ở cả ba nồng độ và độ lặp của phương pháp RSD nhỏ hơn 8 % (xem bảng 1). Theo AOAC [11], với hiệu suất thu hồi trên 80 % và độ lặp RSD < 11 % thì phương pháp hoàn toàn có thể áp dụng để phân tích dư lượng, điều này chứng tỏ phương pháp này có độ đúng và độ chính xác cao, hữu dụng trong việc phân tích dư lượng DPC trong nền mẫu PC.

Bảng 1. Độ đúng và độ chính xác của phương pháp

Mức nồng độ DPC	Độ đúng			Độ chính xác	
	C ₀ µg/mL)	C ₁ (µg/mL)	H (%)	\bar{H} (%)	C ₁ µg/mL) RSD (% , n=6)
0,03		0,028	93,30	92,80	0,026
		0,026	86,70		0,026
		0,030	100,00		0,022
		0,025	83,30		0,026
		0,028	93,30		0,028
		0,030	100,00		0,033
0,10		0,10	100,00	95,50	0,085
		0,093	93,00		0,089
		0,097	97,00		0,086
		0,089	89,00		0,078
		0,098	98,00		0,081
		0,096	96,00		0,083
0,80		0,782	97,80	94,40	0,782
		0,832	104,00		0,832
		0,739	92,40		0,739
		0,705	88,10		0,705
		0,736	92,00		0,736
		0,739	92,40		0,739

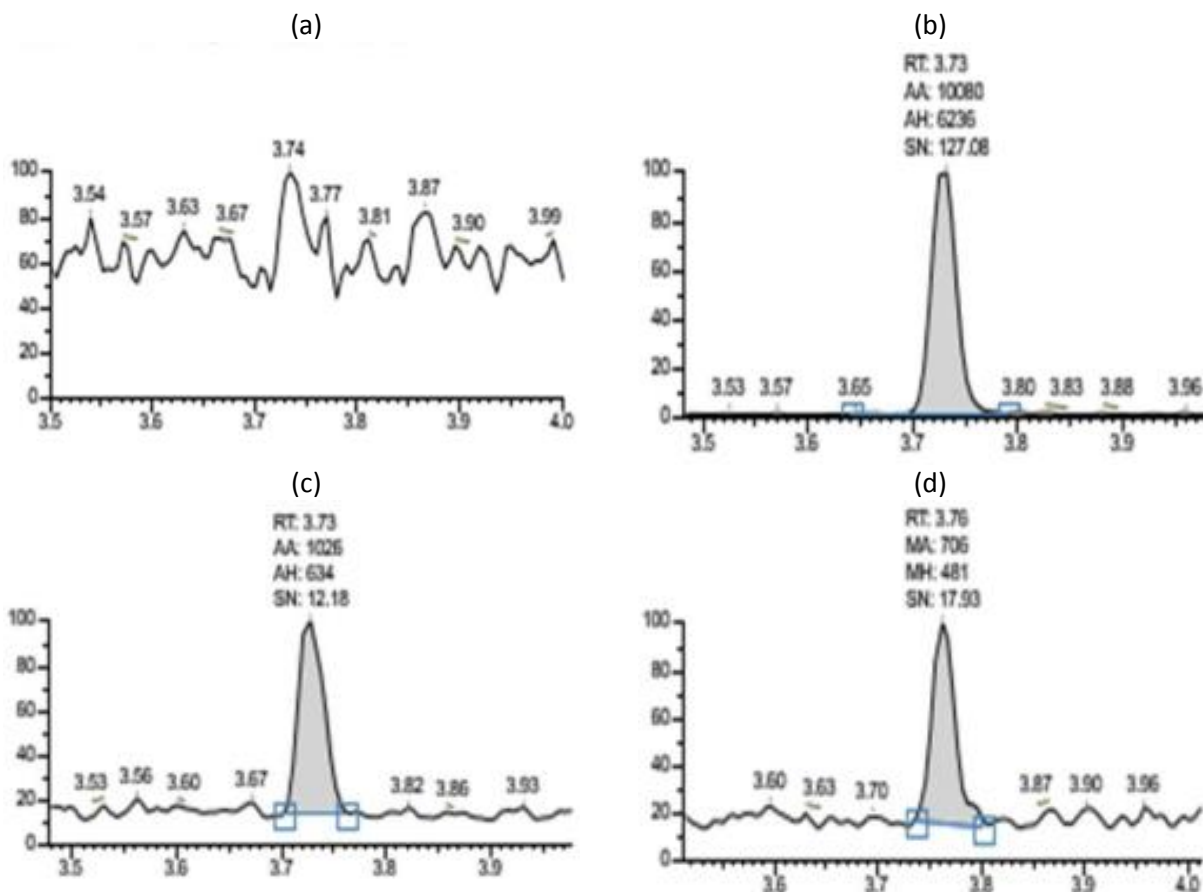
3.3 Phân tích mẫu

Phương pháp sau khi thẩm định được ứng dụng để phân tích mẫu vỏ chai nước ngọt, khay đựng thức ăn, đồ chơi trẻ em và bình đựng nước uống. Các mẫu này được thu thập tại các chợ dân sinh và được xử lý theo quy trình trong phần 2.5, dung dịch sau khi xử lý được phân tích trên thiết bị với các điều kiện tối ưu. Kết quả phân tích các mẫu này được thể hiện trong hình 3 và bảng 2.

Kết quả cho thấy nhiều mẫu nhựa còn chứa dư lượng DPC, điển hình như mẫu khay đựng thức ăn (hình 3b) hàm lượng DPC nhiều nhất là 16,84 mg/Kg, trong mẫu đồ chơi trẻ em là 1,76 mg/Kg (hình 3c) và mẫu bình đựng nước uống là 1,16 mg/Kg (hình 3d), trong khi đó mẫu vỏ chai nước ngọt thì không phát hiện thấy sự có mặt của DPC (hình 3a). Mặc dù các mẫu có phát hiện nhưng vẫn nằm trong khoảng cho phép của Việt Nam (500 mg/Kg) trong vật liệu PC.

Bảng 2. Dư lượng DPC được tìm thấy trong sản phẩm từ nhựa PC

Tên mẫu	Kết quả trung bình, mg/Kg	SD, mg/Kg (n=3)
Vỏ chai nước ngọt	KPH	—
Khay đựng thức ăn	16,839	0,611
Đồ chơi trẻ em	1,754	0,116
Bình đựng nước uống	1,157	0,017



Hình 3. Sắc ký đồ của các mẫu nhựa PC: Vô chai nước ngọt (a); Khay đựng thức ăn (b); Đồ chơi trẻ em (c); Bình đựng nước uống.

4 CONCLUSIONS

Phương pháp GC-MS/MS đã được thẩm định thành công và ứng dụng xác định dư lượng DPC trong mẫu nhựa PC. Các thông số độ chọn lọc, khoảng tuyến tính, đường chuẩn, giới hạn phát hiện, giới hạn định lượng, độ đúng, độ chính xác của phương pháp đã được thẩm định, kết quả cho thấy phương pháp có độ nhạy độ chính xác cao và hoàn toàn phù hợp để phân tích DPC. Ngoài ra, các sản phẩm nhựa PC trên thị trường cũng được thu thập và phân tích, kết quả cho thấy đa số các mẫu nhựa PC đều chứa thành phần DPC, tuy nhiên hàm lượng của chúng vẫn nằm dưới ngưỡng giới hạn cho phép theo QCVN 12-1: 2011/BYT, điều này đồng nghĩa với sự an toàn của các sản phẩm nhựa sản xuất từ nhựa PC cho người sử dụng.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả gửi lời cảm ơn sâu sắc tới sự ủng hộ của Khoa Công nghệ Hóa học (FCE) trường Đại học Công nghiệp TP.HCM (IUH) và Trung tâm Dịch vụ Thí nghiệm TP.HCM (CASE) đã tạo điều kiện thuận lợi để chúng tôi thực hiện đề tài này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. C. Maragou, A. Makri, E. N. Lampi, N. S. Thomaidis, and M. A. Koupparis, "Migration of bisphenol A from polycarbonate baby bottles under real use conditions," *Food Additives & Contaminants: Part A*, vol. 25, no. 3, pp. 373-383, 2008.
- [2] G. Contreras-Zarazúa, E. Villicaña-García, B. Cansino-Loeza, J. A. Vázquez-Castillo, J. M. Ponce-Ortega, and J. G. Segovia-Hernández, "Environmental impact and occupational hazard evaluation on intensified processes to

- produce diphenyl carbonate," *Computers & Chemical Engineering*, vol. 122, pp. 19-30, 2019.
- [3] J. Biles, T. McNeal, T. Begley, and H. Hollifield, "Determination of bisphenol-A in reusable polycarbonate food-contact plastics and migration to food-simulating liquids," *Journal of agricultural food chemistry*, vol. 45, no. 9, pp. 3541-3544, 1997.
- [4] A. Ballesteros-Gómez, S. Rubio, and D. Pérez-Bendito, "Analytical methods for the determination of bisphenol A in food," *Journal of Chromatography A*, vol. 1216, no. 3, pp. 449-469, 2009.
- [5] M. Del Olmo, A. Gonzalez-Casado, N. Navas, and J. Vilchez, "Determination of bisphenol A (BPA) in water by gas chromatography-mass spectrometry," *Analytica Chimica Acta*, vol. 346, no. 1, pp. 87-92, 1997.
- [6] Y. Chen et al., "Simultaneous and fast determination of bisphenol A and diphenyl carbonate in polycarbonate plastics by using excitation-emission matrix fluorescence couples with second-order calibration method," *Spectrochimica Acta Part A: Molecular Biomolecular Spectroscopy*, vol. 216, pp. 283-289, 2019.
- [7] B. Y. Tế, "Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về mức giới hạn an toàn đối với dụng cụ, bao bì, đồ chứa đựng làm bằng nhựa tổng hợp tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm và bao bì chứa đựng sữa, các sản phẩm sữa," QCVN 12-1:2017/BYT, 2017.
- [8] T. Pihlström et al., "Analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed," *Sante*, vol. 11813, pp. 21-22, 2021.
- [9] B. K. Matuszewski, M. Constanzer, and C. Chavez-Eng, "Strategies for the assessment of matrix effect in quantitative bioanalytical methods based on HPLC– MS/MS," *Analytical chemistry*, vol. 75, no. 13, pp. 3019-3030, 2003.
- [10] M. Twohig, J. Mather, and A. Hooper, "TargetLynx Matrix Calculator: A Tool for Robust Analytical Methods Development," ed: Waters Application Note.
- [11] W. Horwitz, *Official methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemists Washington, DC, 1975.

YSC5.F202

TỔNG HỢP VẬT LIỆU Ce-ZnO/Fe₂O₃ CHO PHẢN ỨNG PHÂN HỦY METHYLEN XANH DƯỚI ÁNH SÁNG NHÌN THẤY

LÊ CẨM VÂN^{1*}, ĐẶNG NGỌC VÂN², LƯU THỊ VIỆT HÀ^{3*}

^{1,2,3} Khoa Công nghệ Hóa học, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh
camvanlhp01@gmail.com¹

Tóm tắt. Trong bài báo này vật liệu Ce-ZnO/Fe₂O₃ (FZC) được tổng hợp với các tỉ lệ mol Ce-ZnO/Fe₂O₃ khác nhau lần lượt là 1/1 (FZC11), 1/2 (FZC12) và 2/1 (FZC21) bằng phương pháp đốt cháy và kết tủa với sự hỗ trợ của vi sóng. Các đặc trưng tính chất của vật liệu FZC được nghiên cứu bằng các phương pháp hóa lý hiện đại như nhiễu xạ tia X (XRD), phổ hồng ngoại (FT-IR), hiển vi điện tử quét (SEM) và phổ phản xạ khuếch tán (UV-VIS). Kết quả cho thấy vật liệu FZC có cấu trúc gồm 2 pha ZnO và α -Fe₂O₃ và có khả năng hấp thụ tốt cả ánh sáng UV và khả kiến. Bên cạnh đó kết quả phản ứng phân hủy methylen blue của vật liệu dưới ánh sáng nhìn thấy đều đạt trên 90% và vật liệu FZC11 cho hiệu suất cao nhất trên 98%. Điều này cho thấy rằng vật liệu FZC cho hiệu quả quang xúc tác tốt dưới ánh sáng nhìn thấy.

Từ khóa. ZnO, Fe₂O₃, Methylene blue, Xúc tác quang hóa, Ánh sáng nhìn thấy.

SYNTHESIS OF Ce-ZnO/Fe₂O₃ MATERIALS FOR METHYLENE BLUE DECOMPOSITION REACTION UNDER VISIBLE LIGHT

Abstract. In this paper, Ce-ZnO/Fe₂O₃ (FZC) materials were synthesized with different Ce-ZnO/Fe₂O₃ molar ratios of 1/1 (FZC11), 1/2 (FZC12), and 2/1 (FZC21) by combustion and microwave-assisted precipitation. The properties of FZC materials were studied by modern physicochemical methods such as X-ray diffraction (XRD), infrared spectroscopy (FT-IR), scanning electron microscopy (SEM), reflectance spectroscopy, and diffusion (UV-VIS). The results show that the FZC material has a structure of 2 phases, consisting of ZnO and α -Fe₂O₃. They can absorb both UV and visible light well. Besides, the methylene blue decomposition reaction results of the material under visible light were all over 90%, and the FZC11 material gave the highest efficiency of over 98%. This shows that the FZC material gives good photocatalytic performance under visible light.

Keywords. ZnO, Fe₂O₃, Methylene blue, Photocatalysis, Visible light.

1 GIỚI THIỆU

Ô nhiễm chất hữu cơ từ việc xả thải của các ngành công nghiệp đang là một vấn đề nghiêm trọng làm tăng mức độ ô nhiễm môi trường nước. Trong đó, ô nhiễm chất màu từ nước thải của ngành dệt may và da giày làm xáo trộn các thông số chất lượng nước cũng như hệ thủy sinh [1]. Thuốc nhuộm được sử dụng làm chất tạo màu là những phân tử hữu cơ phức tạp và có thể tồn tại trong nước trong một thời gian dài và cũng khó phân hủy sinh học [2]. Có nhiều quá trình hóa học và vật lý khác nhau để loại bỏ thuốc nhuộm khỏi nước nhưng tốn kém và đòi hỏi hệ thống phức tạp. Quá trình quang xúc tác dị thể giúp loại bỏ các thuốc nhuộm hữu cơ trong nước là một trong những giải pháp hiệu quả để giải quyết vấn đề này vì hiệu quả phân hủy cao, thân thiện với môi trường và chi phí thấp. Trong quá trình này, một vật liệu nhạy cảm với ánh sáng được sử dụng có thể hấp thụ phần ánh sáng nhìn thấy được và phân hủy thuốc nhuộm [3]. Hiệu quả của quá trình này phụ thuộc vào các ion hydroxyl được tạo ra để khoáng hóa hợp chất hữu cơ thành nước, carbon dioxide và các chất vô cơ ít độc hại hơn [5]. Với mục đích này, các vật liệu oxit bán dẫn khác nhau đã được nghiên cứu, đặc biệt là TiO₂ và ZnO vì chúng khá ổn định trong môi trường nước trên phạm vi pH rộng. Cho đến nay, oxit ZnO đặc biệt được chú ý do sở hữu một số tính chất thú vị như vùng cấm rộng (3,37 eV), năng lượng liên kết exciton lớn (60 meV), có tính chất quang học, không độc hại, tương thích sinh học và

dễ dàng tổng hợp với chi phí thấp. Bên cạnh đó, ZnO cũng cho thấy hiệu quả phân hủy chất hữu cơ dưới ánh sáng khả kiến tốt hơn TiO₂ vì độ linh động điện tử của ZnO cao hơn khoảng 100 lần so với TiO₂ [7]. Tuy nhiên, hiệu suất phân hủy thuốc nhuộm cũng phụ thuộc vào sự phân ly điện tích và sự tái hợp electron-lỗ trống. Các chiến lược làm giảm sự tái hợp điện tử – lỗ trống khác nhau đã được nghiên cứu, trong đó pha tạp và kiến trúc vật liệu nano bởi sự kết hợp hai oxit bán dẫn đã cho thấy không chỉ tăng cường khả năng hấp thụ quang mà còn phân tách hiệu quả điện tích do có sự chênh lệch điện thế bên trong hệ [6]. Trong nghiên cứu này, chúng tôi nghiên cứu sự phân hủy thuốc nhuộm methylen xanh bằng cách sử dụng ZnO pha tạp Ce kết hợp Fe₂O₃.

Pha tạp Ce vào ZnO nhằm thu hẹp năng lượng vùng cấm và tạo ra các "bẫy" điện tử Ce⁴⁺/Ce³⁺ nhằm hạn chế sự tái kết hợp của các electron và lỗ trống quang sinh nên tăng cường tính chất quang của xúc tác dưới ánh sáng nhìn thấy. Việc kết hợp Ce-ZnO với Fe₂O₃ - một chất bán dẫn có năng lượng vùng cấm xấp xỉ 2,1 eV có thể cải thiện độ hấp thụ trong quang phổ ánh sáng nhìn thấy. Hơn thế, sự kiến trúc vật liệu Ce-ZnO với Fe₂O₃ tạo nên một hệ xúc tác cấu trúc dị hình, dị liên kết, có thể tăng cường sự truyền dẫn electron giữa chúng qua bề mặt tiếp xúc cũng như hạn chế sự tái tổ hợp điện tích do đó tăng cường hiệu quả quang xúc tác vùng ánh sáng nhìn thấy.

Trong nghiên cứu này, vật liệu Ce-ZnO/Fe₂O₃ được tổng hợp qua hai bước. Đầu tiên, Fe₂O₃ được tổng hợp bằng phương pháp hóa học xanh, đơn giản – phương pháp đốt cháy Gel polime. Tiếp theo, vật liệu Fe₂O₃ kết hợp với Ce-ZnO bằng phương pháp kết tủa với sự hỗ trợ của vi sóng. Vật liệu Ce-ZnO/Fe₂O₃ tổng hợp được nghiên cứu các đặc trưng tính chất như cấu trúc thành phần pha tinh thể (XRD), đặc trưng liên kết (FT-IR), chất chất quang (DRS), hình thái học bề mặt (SEM), thành phần hóa học (EDS) và thực hiện phản ứng phân hủy methylen xanh (MB) dưới ánh sáng nhìn thấy.

2 THỰC NGHIỆM

2.1 Hóa chất

Các hóa chất sử dụng trong nghiên cứu đều là dạng tinh khiết phân tích của Xilong bao gồm: Fe(NO₃)₃.9H₂O, PVA, Axit tartaric, NH₄OH, Zn(CH₃COO)₂.2H₂O, Ce(NO₃)₃.6H₂O, C₂H₅OH, NaOH, H₂O.

2.2 Tổng hợp Fe₂O₃

Fe₂O₃ được tổng hợp theo phương pháp đốt cháy sol-gel. Theo phương pháp này ta cân 8,08g Fe(NO₃)₃.9H₂O hòa tan vào 30 ml nước cất (cốc 1). Cân 1,32g PVA hòa tan vào 50 ml nước cất ở 50 °C (cốc 2) và 4,5g axit tartaric hòa tan 30 ml nước cất (cốc 3). Đổ từ từ cốc 2 vào cốc 3 sau đó cho hỗn hợp này vào cốc 1 và điều chỉnh pH = 4 bằng dung dịch NH₄OH 2M và khuấy hỗn hợp ở nhiệt độ 80 °C cho đến khi nước bay hơi hết tạo thành gel (đặt sệt). Đem gel sấy ở nhiệt độ 100 °C trong 30 phút rồi nung gel ở 500 °C trong 2 giờ, thu được sản phẩm Fe₂O₃.

2.3 Tổng hợp Ce-ZnO/Fe₂O₃ (FZC)

Cho 0,24g Fe₂O₃ vào 70 ml H₂O và 30 ml cồn siêu âm trong 30 phút cho đến khi hệ phân tán đều (cốc 1). Tiếp theo cân 0,33g Zn(CH₃COO)₂.2H₂O và 0,0029g Ce(NO₃)₃.6H₂O vào 50 ml H₂O và 50 ml cồn, khuấy trong 30 phút (cốc 2). Cho hỗn hợp cốc 1 vào cốc 2 khuấy 30 phút, sau đó chỉnh pH của dung dịch đến pH = 10 bằng dung dịch NaOH 2M, và điều chỉnh thể tích hỗn hợp phản ứng khoảng 250 ml bằng H₂O. Đem hỗn hợp tiến hành đun hoàn lưu với sự hỗ trợ vi sóng ở 400W trong 2 giờ. Hỗn hợp sau khi được vi sóng thì lọc rửa bằng nước cất đến khi pH = 7 và đem sấy sản phẩm ở 80°C trong 2 giờ. Cuối cùng đem nung sản phẩm ở 500°C trong 2 giờ thu được FZC.

Bảng 1: Khối lượng và thể tích các hóa chất cần thiết trong tổng hợp vật liệu.

Vật liệu	Khối lượng (g)			Thể tích (ml)	
	Fe ₂ O ₃	Zn(CH ₃ COO) ₂ .2H ₂ O	Ce(NO ₃) ₃ .6H ₂ O	C ₂ H ₅ OH	H ₂ O
FZC11	0,24	0,33	0,0029	50	200
FZC12	0,24	0,66	0,058	50	200
FZC21	0,48	0,33	0,0029	50	200

2.3 Thử nghiệm hoạt tính quang xúc tác của vật liệu FZC

Hoạt tính quang xúc tác của vật liệu FZC được thử nghiệm thông qua phản ứng phân hủy MB dưới ánh sáng nhìn thấy (đèn halogen 150W). Thí nghiệm được thực hiện bằng cách lấy 0,05 g vật liệu cho vào 100 ml dung dịch MB 7ppm. Hỗn hợp khuấy trên máy khuấy từ khoảng 60 phút. Sau đó, hút 4 ml dung dịch phản ứng, ly tâm tách xúc tác và đo mật độ quang tại bước sóng 664 nm ($t = 0, A_0$). Sau đó bật đèn, tiếp tục khuấy và cứ 20 phút hút 4 ml dung dịch phản ứng đem ly tâm tách xúc tác, đo mật độ quang tại bước sóng 664 nm (A_t). Động học phản ứng phân hủy MB và hiệu suất xử lý chất màu H% được tính theo công thức:

$$\ln \frac{C_0}{C_t} = kt \quad (1)$$

$$H\% = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100 = \frac{(A_0 - A_t)}{A_0} \times 100 \quad (2)$$

Trong đó: A_0, A_t là mật độ quang của MB tại thời điểm $t=0$ và $t=t$ phút.

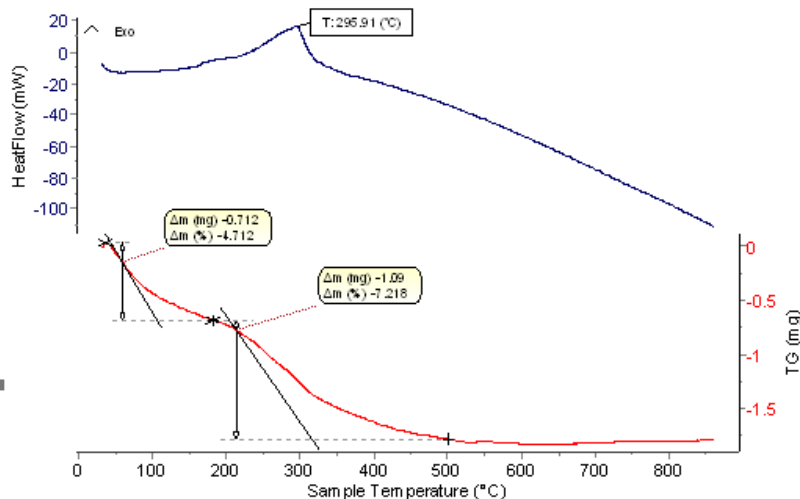
C_0, C_t là nồng độ MB tại thời điểm $t=0$ và $t=t$ phút.

3 KẾT QUẢ VÀ KẾT LUẬN

3.1 Đặc trưng vật liệu

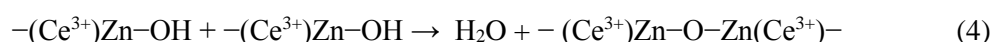
Kết quả DTA-TG

Vật liệu FZC11 sau khi tổng hợp với sự hỗ trợ vi sóng (chưa nung) được phân tích nhiệt, kết quả thể hiện ở hình 1. Biểu đồ phân tích nhiệt vật liệu FZC11 cho thấy: trên đường TG, sự giảm khối lượng 4,712% trong khoảng 30-200 °C do sự mất nước hấp thụ vật lý và phân hủy chất tạp chất hữu cơ bề mặt. Sự giảm khối lượng tiếp theo 7,218% tương ứng 1 pic toả nhiệt ở 295,91°C được gán cho sự tạo thành tinh thể (hay là quá trình tinh thể hóa) Ce-ZnO lên bề mặt Fe_2O_3 bởi sự tách các liên kết O-H yếu với mạng lưới Zn-O. Đường TG không thay đổi (nằm ngang) với nhiệt độ trên 500 °C, cho thấy vật liệu FZC11 được hình thành tốt ở vùng nhiệt độ này.



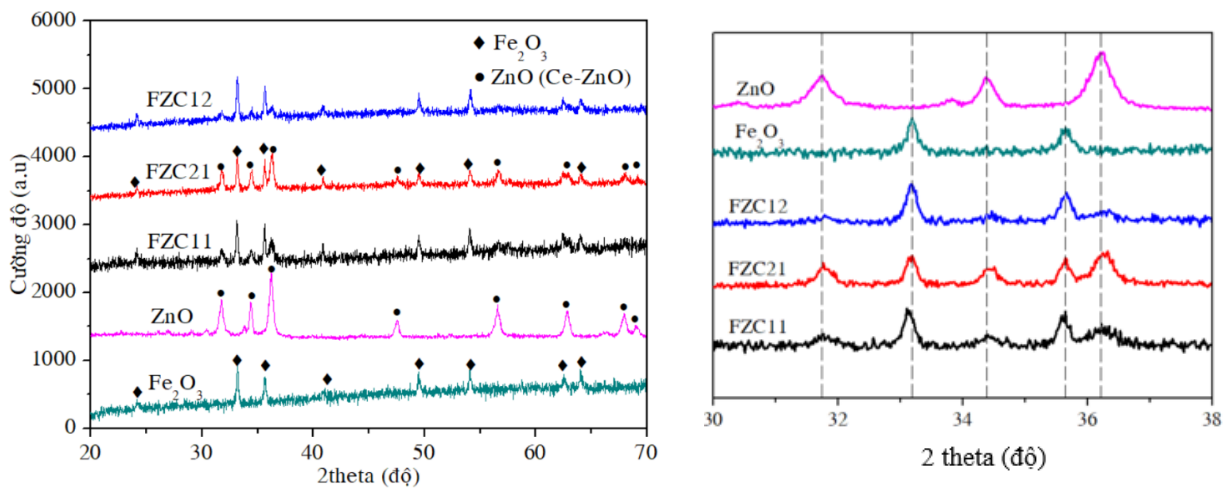
Hình 1: Biểu đồ phân tích nhiệt của FZC11

Từ kết quả phân tích nhiệt, chúng tôi chọn nhiệt độ nung mẫu sau vi sóng là 550 °C. Các phản ứng xảy ra trong quá trình tổng hợp tại pH = 10:



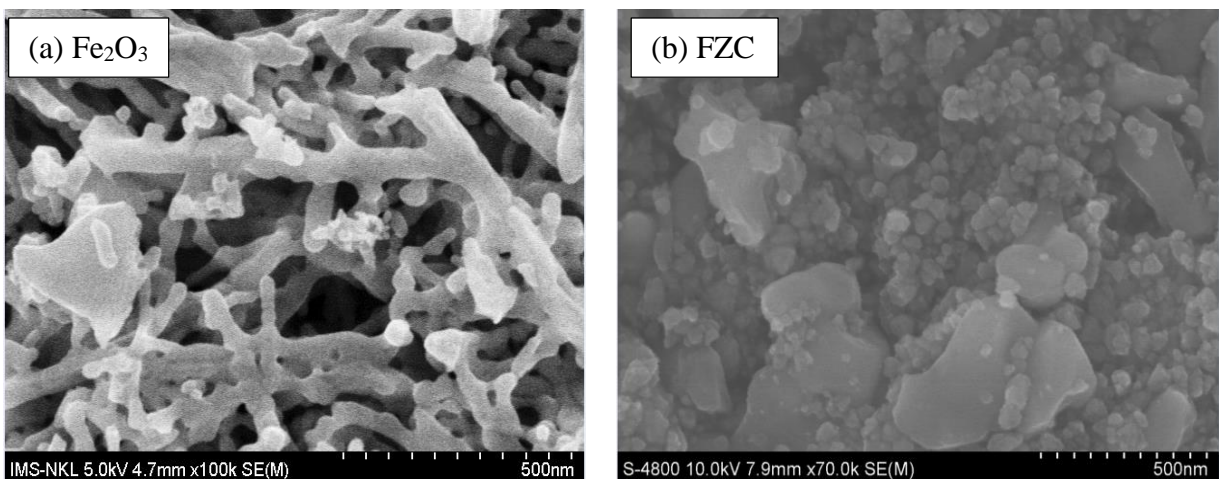
Kết quả XRD

Kết quả phân tích cấu trúc và thành phần pha tinh thể của các vật liệu Ce-ZnO/Fe₂O₃ ở hình 2 cho thấy các vật liệu này gồm có hai pha tinh thể bao gồm pha Fe₂O₃ và pha ZnO. Pha α -Fe₂O₃ cấu trúc lục giác thể hiện ở các pic nhiễu xạ ở góc 2 θ : 24,19; 33,16; 35,62; 40,86; 49,47; 54,05; 62,47 và 64,0 độ tương ứng với các mặt phẳng mạng (012), (104), (110), (113), (024), (116), (018), (214) và (300) (ICSD – 82136). Pha ZnO cấu trúc lục giác wurzite thể hiện ở các pic nhiễu xạ tại góc 2 θ : 31,7 ; 34,3 ; 36,3; 47,5 ; 56,5 ; 62,9 ; 66,4 ; 67,8 ; 69,1 tương ứng với các mặt phẳng (100), (002), (101), (102), (110), (103), (200), (112) và (201). Pha ZnO đại diện cho ZnO pha tạp Ce (Ce-ZnO). Đối với Ce-ZnO, Ce pha tạp một lượng bé (tỉ lệ mol Ce³⁺/Zn²⁺ = 5%), dưới điều kiện vi sóng hoặc thủy nhiệt, các ion xeri có thể xâm nhập vào mạng tinh thể và thay thế một phần các ion kẽm mà không làm thay đổi cấu trúc mạng ZnO. Tuy nhiên, sự có mặt của Ce trong mạng tinh thể dẫn tới có sự chuyển dịch nhẹ vị trí các pic nhiễu xạ của ZnO [13-14]. Giảm độ nhiễu xạ các mẫu FZC hiện diện các pic nhiễu xạ sắc nét, chứng tỏ các vật liệu tổng hợp có độ tinh thể hóa cao.



Hình 2: Giảm độ nhiễu xạ X của các vật liệu FZC11, FZC12 và FZC21

Kết quả SEM và EDS

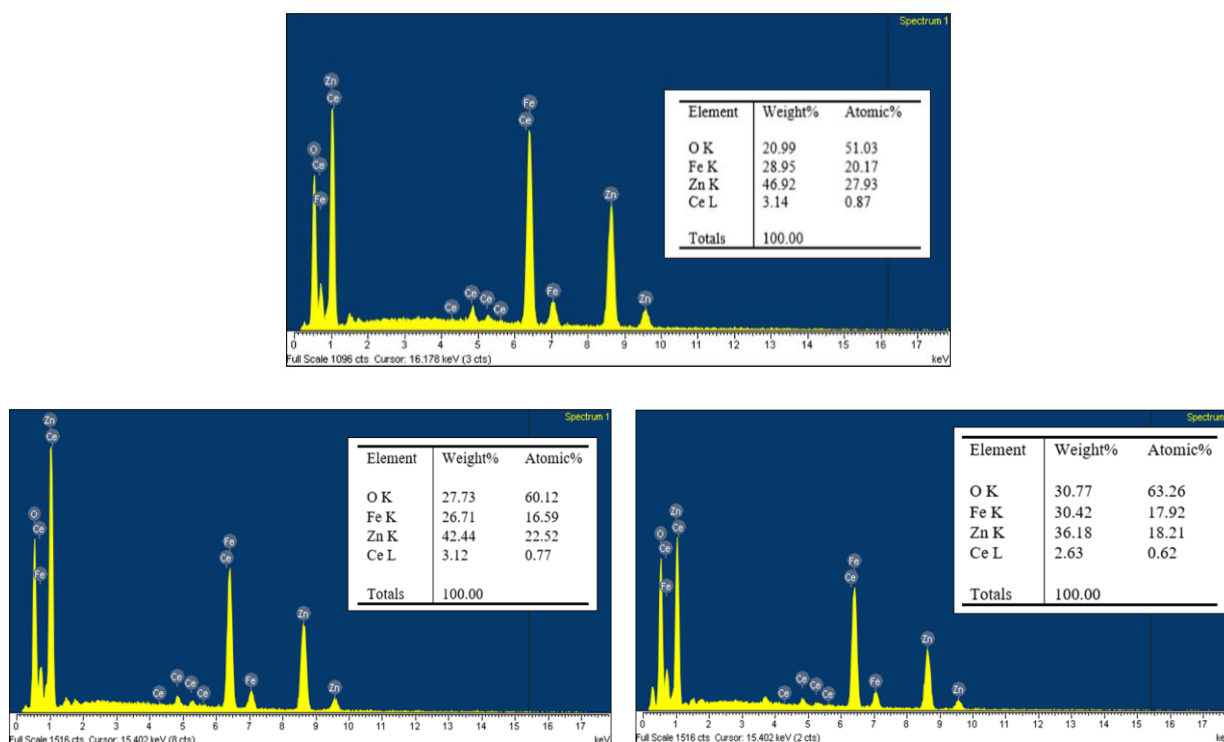


Hình 3: Ảnh SEM của (a) Fe₂O₃; (b) FZC12.

Hình thái học bề mặt bằng phương pháp hiển vi điện tử quét SEM (hình 3b) cho thấy vật liệu FZC12 với hai thành thái cấp hạt, một là hạt dạng tựa cầu (Ce-ZnO), kích thước nhỏ khoảng 40-60 nm, hạt còn lại là Fe₂O₃ (hình 3a) dạng cành dài, dẹt, có nhánh, kích thước chiều rộng cỡ 200-400 nm. Hạt Fe₂O₃ trong vật liệu FZC trông lớn hơn nhiều so với vật liệu Fe₂O₃ do chúng trải qua hai giai đoạn tổng hợp gồm đốt cháy và vi sóng, sau đó là nung nên có thể các hạt Fe₂O₃ bị kết tập và hình thành nên cấp hạt lớn hơn.

Kết quả phổ EDS

Thành phần hóa học của vật liệu được nghiên cứu bằng phương pháp phổ tán sắc năng lượng tia X (phổ EDS hình 4, bảng 2).



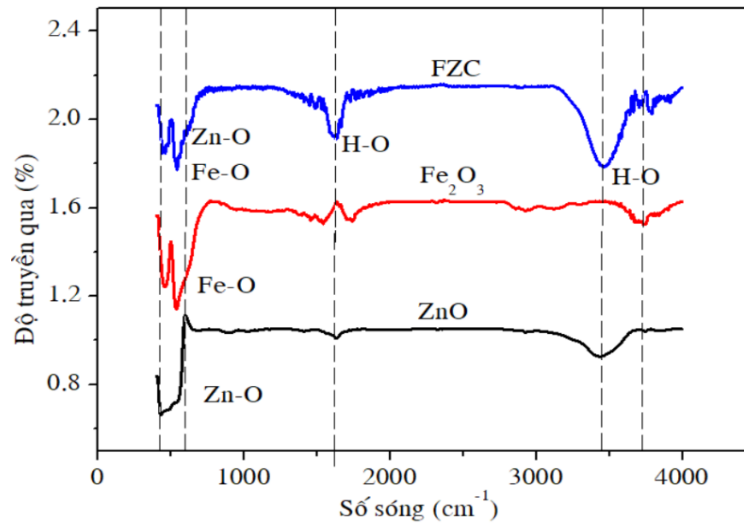
Hình 4: Phổ EDS của vật liệu FZC12.

Bảng 2: Phần trăm khối lượng các nguyên tử có trong mẫu FZC12.

Mẫu	Phần trăm khối lượng (%)			
	Fe	Zn	Ce	O
FZC12-1	28,95	46,92	3,14	20,99
FZC12-2	26,71	42,44	3,12	27,73
FZC12-3	30,42	36,18	2,63	30,77
Trung bình	28,69	41,85	2,96	26,50

Kết quả EDS của mẫu FZC cho thấy các nguyên tố có mặt trong mẫu: Fe, Zn, Ce và O với phần trăm khối lượng nguyên tử trung bình tương ứng là: 28,69; 41,85; 2,96 và 26,50. Tỷ lệ khối lượng của các nguyên tố trong mẫu tổng hợp được có giá trị gần với tỷ lệ khối lượng các nguyên tố ban đầu cho vào trong quá trình tổng hợp. Bên cạnh đó, phổ EDS không thấy xuất hiện pic của các nguyên tố lạ, cho thấy mẫu tổng hợp được có độ tinh khiết cao.

Kết quả FT-IR



Hình 5: Phổ hồng ngoại của FZC11, Fe₂O₃ và ZnO.

Phổ hồng ngoại của FZC12 (hình 5) hiển thị các pic hấp thụ có số sóng trong khoảng 400-550 cm⁻¹ thì đặc trưng cho dao động của liên kết kim loại -oxi (M-O), trong đó pic số sóng lân cận 440 cm⁻¹ được gán cho dao động liên kết Zn-O và pic có số sóng lân cận 470 và 536 cm⁻¹ được gán cho dao động của liên kết Fe-O.

Như đã bàn luận ở trên (XRD), Ce pha tạp một lượng bé (tỉ lệ mol Ce³⁺/Zn²⁺ = 5%), dưới điều kiện vi sóng hoặc thủy nhiệt, các ion xeri có thể xâm nhập vào mạng tinh thể và thay thế một phần các ion kẽm mà không làm thay đổi cấu trúc mạng ZnO. Sự có mặt của Ce trong mạng tinh thể và sự kết hợp của Ce-ZnO với Fe₂O₃ tỉ lệ 1/2 về khối lượng (FZC12) nên sự thay đổi số sóng của liên kết Zn-O trong vật liệu FZC12 không nhận thấy rõ. Tuy nhiên, nhận thấy giảm cường độ hấp thụ của các pic hấp thụ do dao động của liên kết Zn-O, Fe-O. Ngoài ra, pic hấp thụ có số sóng trong khoảng 1550 -1650 cm⁻¹ và 3450-3650 cm⁻¹ đặc trưng cho dao động của liên kết H-O do do nước hấp phụ bề mặt. Cường độ các pic hấp thụ này của vật liệu FZC12 cao hơn nhiều so với các vật liệu đơn lẻ Ce-ZnO hay Fe₂O₃.

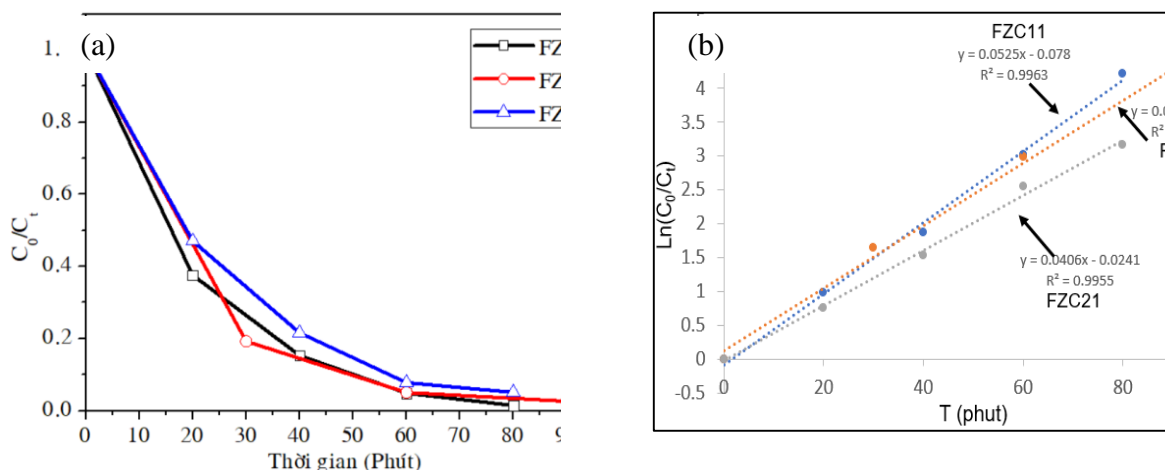
3.2 Thử nghiệm hoạt tính quang xúc tác của vật liệu FZC

Hoạt tính quang xúc tác của vật liệu FZC11, FZC121, FZC21 dưới ánh sáng nhìn thấy được thử nghiệm thông qua phản ứng phân hủy MB dưới ánh sáng nhìn thấy.

Đầu tiên 0,05 gam xúc tác FZC cho vào 100 ml MB 7ppm, được khuấy trong bóng tối 60 phút để đạt cân bằng hấp thụ-giải hấp. Sau đó, chiếu sáng bằng đèn Halogen 150W (Osram) và thực hiện phản ứng quang xúc tác. Kết quả thể hiện ở hình 6 và bảng 3.

Bảng 3: Phương trình động học bậc 1 và hệ số tương quan, hằng số tốc độ phản ứng phân hủy MB của các vật liệu.

	FZC11	FZC12	FZC21
Phương trình động học	$y = 0,0525-0,078$	$y = 0,0463+0,012$	$y = 0,0406-0,0241$
R²	0,9963	0,9948	0,9955
k (phút⁻¹)	0,0525	0,0463	0,0406



Hình 6: (a) Sự giảm nồng độ MB theo thời gian và (b) động học phản ứng phân hủy MB.

Kết quả hình 6a cho thấy, sự suy giảm nồng độ MB đối với các xúc tác khác nhau không nhiều, trong đó với xúc tác FZC11 thì MB suy giảm nồng độ tốt nhất theo thời gian. Bên cạnh đó, đồ thị hình 6b cũng cho thấy sự tuyến tính tốt giữa đại lượng $\ln(C_0/C_t)$ theo thời gian với hệ số tương quan đều xấp xỉ 1, chứng tỏ phản ứng phân hủy MB dưới ánh sáng nhìn thấy của các xúc tác này tuân theo động học bậc 1. So sánh hằng số tốc độ phản ứng (bảng 3) cho thấy, với xúc tác FZC11, có hằng số tốc độ phản ứng lớn nhất ($k=0,0525$).

4 KẾT LUẬN

Trong báo cáo này, chúng em đã tổng hợp thành công các vật liệu nano FZC với tỉ lệ mol $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Ce-ZnO}$ khác nhau bằng phương pháp đốt cháy gel polime và phương pháp đun hoàn lưu với sự hỗ trợ vi sóng. Vật liệu FZC có hai pha tinh thể gồm $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ cấu trúc lục giác và pha ZnO (Ce-ZnO) cấu trúc lục giác với độ tinh thể hóa cao. Các vật liệu FZC đều có khả năng phân hủy tốt dung dịch MB. Trong đó, hiệu quả phân hủy MB dưới ánh sáng nhìn thấy của vật liệu FZC11 (tỉ lệ mol $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Ce-ZnO}$ là 1:1) đạt hiệu quả cao nhất - trên 98% sau 80 phút chiếu ánh sáng đèn halogen 150W với nồng độ xúc tác 0,5g/l, nồng độ MB 7ppm.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh với Hợp đồng nghiên cứu Khoa học và phát triển Công nghệ, số 48/HĐ – ĐHCN, ký ngày 17 tháng 3 năm 2021.

TÀI LIỆU KHAM KHẢO

1. R. M. Mohamed, I. A. Mkhallid, E. S. Baeissa and M. A. Al-Rayyani, Journal of Nanotechnology, Article ID 329082, 2012, 1 (2012)
2. A. Mohammad, K. Kapoor and S. M. Mobin, Chemistry Select., 1, 3483-3490 (2016).
3. K. Byrappa, A K Subramani, S Ananda, K M Lokanatha Rai, R Dinesh and M Yoshimura, Bull. Mater. Sci., 29, 433-438 (2006).
4. T W. Gebreslassie, M Pattabi, R M. Pattabi, International Journal of Science and Research, 4, 2252-2264 (2015).
5. T K Roy, N K Mondal, International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences, 2, 457-469 (2014).
6. Y. Li and J. Z. Zhang, Laser Photonics Rev., 4, 517-528 (2010).

7. X. Yang, A. Wolcott, G. Wang, A. Sobo, R. C. Fitzmorris, F. Qian, J. Z. Zhang, Y. Li, *Nano. Lett.*, 9, 2331-2336 (2009).
8. L.-Y. Lin, M.-H. Yeh, C.-P. Lee, C.-Y. Chou, K.-C. Ho, Flexible dye-sensitized solar cells with one-dimensional ZnO nanorods as electron collection centers in photoanodes, *Electrochim. Acta* 88 (2013) 421–428.
9. M. Thambidurai, N. Muthukumarasamy, D. Velauthapillai, C. Lee, Rosa centifolia sensitized ZnO nanorods for photo electrochemical solar cell applications, *Solar Energy* 106 (2014) 143–145.
10. M. Raja, N. Muthukumarasamy, D. Velauthapillai, R. Balasundaraprabhu, S. Agilan, T.S. Senthil, Studies on bundle like ZnO nanorods for solar cell applications, *Solar Energy* 106(2014) 129–135.
11. C.J. Lee, T.J. Lee, S.C. Lyu, Y. Zhang, H. Ruh, H.J. Lee, Field emission from well-aligned zinc oxide nanowires grown at low temperature, *Appl. Phys. Lett.* 81 (2002) 3648–3650.
12. D. Sridevi, K.V. Rajendran, Synthesis and optical characteristics of ZnO nanocrystals, *Bull. Mater. Sci.* 32 (2009) 165–168.
13. K.P. Shinde, R.C. Pawar, B.B. Sinha, H.S. Kim, S.S. Oh, K.C. Chung, Optical and magnetic properties of Ni doped ZnO planetary ball milled nanopowder synthesized by coprecipitation, *Ceram. Int.* 40 (10) (2014) 16799–16804.
14. K. Raja, P.S. Ramesh, D. Geetha, Synthesis, structural and optical properties of ZnO and Ni-doped ZnO hexagonal nanorods by Co-precipitation method, *Spectrochim. Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 120 (2014) 19–24.

YSC5.F203

NGHIÊN CỨU BIẾN TÍNH DIATOMITE LÀM CHẤT HẤP PHỤ ĐỂ XỬ LÝ KIM LOẠI NẶNG TRONG NƯỚC

LÊ THIẾT HÙNG

*Khoa Công nghệ Hóa học, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh
lethiethung@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Trong những năm gần đây tại Việt Nam, khoáng vật Diatomite đang nhận được sự quan tâm đặc biệt trong lĩnh vực hấp phụ do khả năng ứng dụng của nó. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã tiến hành biến tính thủy nhiệt Diatomite bằng HCl và MnCl₂ với các nồng độ khác nhau để tạo ra chất hấp phụ nhằm loại bỏ các kim loại nặng trong nước. Các đặc tính của Diatomite tự nhiên và biến tính đã được xác định bằng các phương pháp FT-IR, XRD, SEM và BET. Ảnh hưởng của các thông số như lượng chất hấp phụ, nồng độ, thời gian và pH đến khả năng hấp phụ của các kim loại nặng như Cu²⁺, Zn²⁺ và Pb²⁺ của vật liệu tổng hợp đã được khảo sát. Kết quả cho thấy, Diatomite biến tính có khả năng hấp phụ kim loại nặng cao hơn so với Diatomite tự nhiên. Điều kiện tối ưu biến tính Diatomite bằng HCl (t = 300°C, C = 5,5mol/L) và MnCl₂ (t = 105°C, C = 20%) cũng đã được xác định. Dung lượng hấp phụ cực đại của Diatomite biến tính và tự nhiên với các ion kim loại Pb²⁺, Cu²⁺ và Zn²⁺ có giá trị lần lượt là 36,23 mg/g, 30,77 mg/g, và 23,92 mg/g.

Từ khóa. Diatomite, kim loại nặng, hấp phụ.

STUDY ON MODIFICATION OF DIATOMITE AS AN ADSORBENT FOR HEAVY METAL REMOVAL FROM WATER

Abstract. In recent years in Vietnam, the mineral Diatomite has attracted significant attention due to its application potential, particularly in the field of adsorption. In this study, Diatomite was thermally and chemically modified with HCl and MnCl₂ at various concentrations to create an adsorbent for removing of heavy metals from water. The natural and modified Diatomite properties were characterized by FT-IR, XRD, SEM, and BET analyses. The effects of various parameters, including adsorbent dosage, concentration, time, and pH, on Cu²⁺, Zn²⁺, and Pb²⁺ adsorption were investigated. The results show that, modified Diatomite has higher heavy metal adsorption capacity than natural Diatomite. Optimal conditions for modification of Diatomite by HCl (t = 300 °C, C = 5.5 mol/L) and MnCl₂ (t = 105 °C, C = 20%) were also determined. The maximum adsorption capacity of modified and natural Diatomite with metal ions Pb²⁺, Cu²⁺ and Zn²⁺ have values respectively 36.23 mg/g, 30.77 mg/g and 23.92 mg/g.

Keywords. Diatomite, heavy metal ions, adsorption.

1 GIỚI THIỆU

Diatomite, hay còn được gọi là Kieselguhr, là một loại đá cát hóa thạch được tạo thành từ các mảnh vỏ tảo cát đã hóa thạch có cấu trúc xốp. Nó đã được tạo thành qua một quá trình lâu dài và thường được tìm thấy kết hợp với cát, sét và chất hữu cơ. Tại Việt Nam, nguồn Diatomite chủ yếu tập trung ở miền Trung, đặc biệt là tại tỉnh Phú Yên và Lâm Đồng, với tổng lượng trữ khoảng 165 triệu tấn. Phú Yên là tỉnh có lượng khoáng sản Diatomite lớn nhất trong cả nước, với 60 triệu tấn Diatomite chất lượng cao và dễ khai thác, chủ yếu tập trung ở các khu vực núi như các xã An Xuân, An Thọ, An Lĩnh và An Hiệp thuộc huyện Tuy An. Trong số đó, mỏ Diatomite Hòa Lộc ở xã An Xuân là mỏ có chất lượng tốt nhất và trữ lượng lớn nhất [1].

Diatomite được coi là một khoáng chất có nguồn gốc hữu cơ, trong đó cấu trúc silicat của Diatomite hóa thạch tương tự như opal hoặc silica giàu nước (SiO₂.H₂O). Bề mặt silicat bao gồm các nhóm silanol phân

tán trên ma trận silicat. Các nhóm silanol là những điểm hoạt động có xu hướng phản ứng với các chất hữu cơ phân cực và các nhóm đa chức năng. Diatomite bao gồm các nhóm siloxane hoặc cầu Si-O-Si với các nguyên tử oxi trên bề mặt. Zhuravelev đã chỉ ra rằng liên kết hydroxyl với phân tử nước được loại bỏ ở nhiệt độ phòng dưới áp suất chân không hoặc ở 150°C dưới áp suất khí quyển trong các mẫu silica vô định hình. Trong các nghiên cứu về các nồng độ bề mặt khác nhau của các nhóm OH, đã phát hiện rằng nồng độ bề mặt của các nhóm này trên silica vô định hình làm giảm sự gia tăng nhiệt độ [2].

Sự thay đổi khả năng hấp phụ của Diatomite tự nhiên từ dạng nguyên khai đến dạng đã biến tính được phản ánh qua các tham số cấu trúc của Diatomite. Khi được xử lý bằng axit, các tạp chất oxyt kim loại trong Diatomite bị loại bỏ và sau khi nung ở nhiệt độ thích hợp, cấu trúc cũ của Diatomite bị phá vỡ, tạo ra một khung mới với cấu trúc xốp ổn định. Bề mặt của Diatomite bị biến đổi, tạo ra các trung tâm hấp phụ mạnh, cho phép nó hấp phụ các ion kim loại khác nhau.

Ion kim loại nặng, bao gồm Pb^{2+} , Cu^{2+} và Zn^{2+} là các chất gây ô nhiễm môi trường nguy hiểm cho sức khỏe con người và động vật. Chúng không phân hủy tự nhiên và có khả năng tích tụ trong các hệ sinh thái nước. Việc loại bỏ các ion kim loại nặng khỏi nước trở thành một thách thức lớn đối với các nhà khoa học và người làm việc trong lĩnh vực môi trường. Vật liệu biến tính từ Diatomite đã được chứng minh là có khả năng hấp phụ và loại bỏ hiệu quả ion kim loại nặng trong môi trường nước. Nhờ cấu trúc xốp và bề mặt lớn, Diatomite có khả năng hấp phụ mạnh mẽ các ion kim loại nặng từ nước. Khi được biến tính thông qua các phương pháp hóa học, Diatomite có thể tăng khả năng hấp phụ các ion kim loại nặng một cách hiệu quả hơn [3].

Việc sử dụng vật liệu biến tính từ Diatomite để hấp phụ và xử lý ion kim loại nặng trong môi trường nước có nhiều ưu điểm. Trước hết, Diatomite là một nguồn tài nguyên tự nhiên phong phú và dễ dàng tiếp cận, đồng thời có chi phí thấp. Điều này mang lại lợi ích kinh tế quan trọng và giúp thực hiện các giải pháp xử lý môi trường hiệu quả. Hơn nữa, vật liệu biến tính từ Diatomite có tính ổn định và khả năng tái sử dụng. Sau quá trình hấp phụ, nó có thể được tái sử dụng hoặc được xử lý để phân huỷ an toàn. Điều này giúp giảm tác động tiêu cực lên môi trường và tạo ra một quy trình xử lý bền vững cho việc loại bỏ ion kim loại [4].

Diatomite ở Phú Yên đã được nghiên cứu để sản xuất các vật liệu nhẹ, vật liệu chịu nhiệt và đặc biệt là sử dụng làm nguyên liệu xử lý nước ao tôm [5]. Từ các dự án nghiên cứu trong và ngoài nước, có thể thấy việc biến tính Diatomite bằng các phương pháp khác nhau đã thay đổi diện tích bề mặt đặc biệt, tính chất lớp bề mặt và tăng khả năng hấp phụ, mở rộng phạm vi ứng dụng. Các kết quả nghiên cứu gần đây đã cho thấy sự quan tâm đến việc nghiên cứu vật liệu hấp phụ có chi phí thấp, dễ tìm thấy và phương pháp xử lý đơn giản để khắc phục ô nhiễm kim loại nặng. Điều này phù hợp với nhu cầu thực tế, cấp bách và cần thiết của việc đầu tư nghiên cứu. Đây cũng là lý do chính cho sự lựa chọn của nghiên cứu này.

2 NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Nguyên liệu và hoá chất

2.1.1 Hoá chất

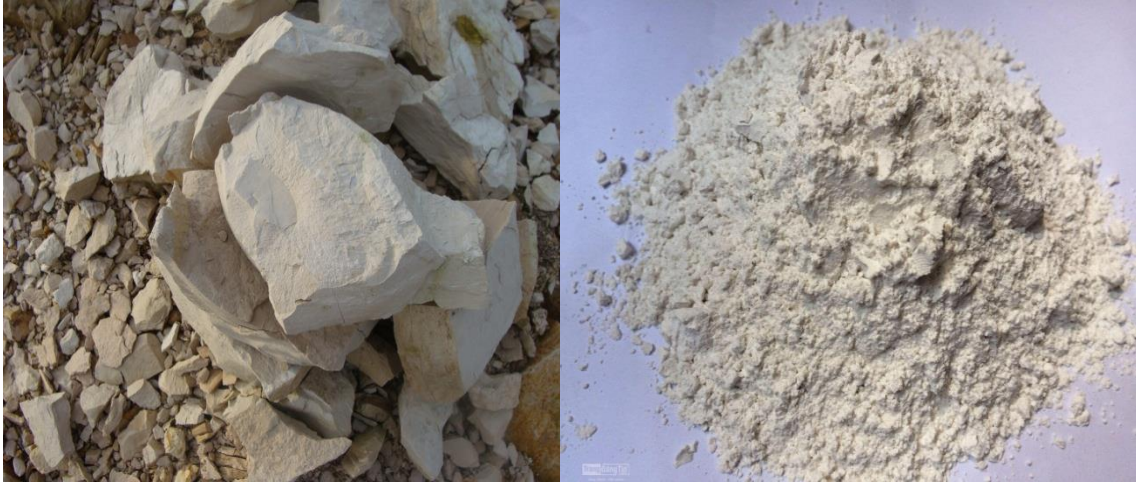
Để biến tính Diatomite và nghiên cứu khả năng hấp phụ, một số hóa chất đã được sử dụng, bao gồm axit clohydric (HCl), mangan clorua ($MnCl_2 \cdot 4H_2O$), chì nitrat ($Pb(NO_3)_2$), kẽm nitrat ($Zn(NO_3)_2$) và đồng nitrat ($Cu(NO_3)_2$). Tất cả các hoá chất trên là hóa chất tinh khiết phân tích được mua từ Trung Quốc.

2.1.2 Chuẩn bị nguyên liệu

Mẫu Diatomite ban đầu (được kí hiệu là DA) đã được thu thập từ mỏ Hoà Lộc, Phú Yên. Mẫu DA sau khi lấy về, tiến hành tiền xử lý cẩn thận để đảm bảo chất lượng và tính thuần khiết của mẫu. Mẫu Diatomite được nghiền mịn để tăng diện tích bề mặt và tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình biến tính sau này (Hình 1). Sau đó, mẫu Diatomite được ngâm trong nước để loại bỏ các tạp chất như đất, cát và các chất tạp khác. Tiếp theo, mẫu Diatomite đã được xử lý bằng phương pháp lọc hút chân không để tách nước và thu được phân huyền phù. Quá trình lọc hút chân không đã giúp loại bỏ hiệu quả nước dư thừa và làm sạch mẫu Diatomite. Điều này đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì tính thuần khiết và sự ổn định của mẫu trong quá trình nghiên cứu và biến tính sau này.

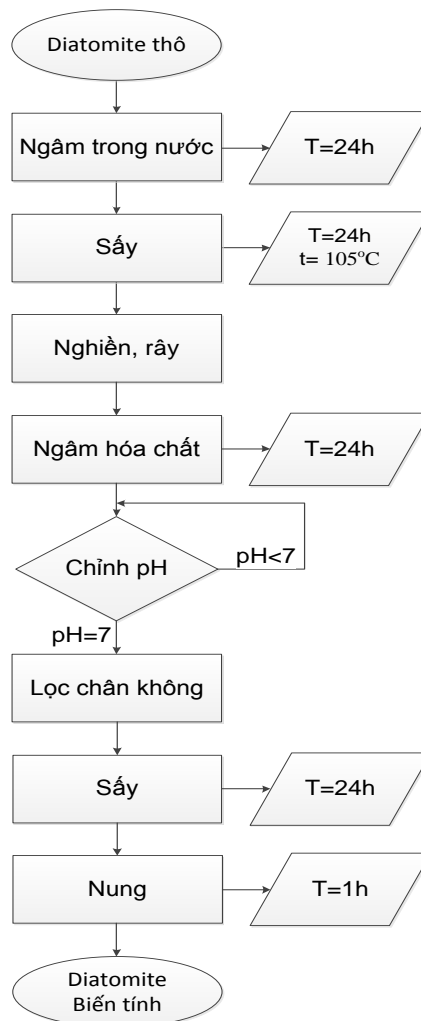
Sau khi thu được huyền phù, mẫu Diatomite đã được đưa vào quá trình sấy khô hoàn toàn ở nhiệt độ 105°C. Quá trình sấy khô đã loại bỏ hoàn toàn nước còn lại trong mẫu và giúp mẫu Diatomite trở nên khô ráo và

ổn định. Mẫu Diatomite thô sau quá trình sấy khô được sử dụng như là nền tảng để tiến hành các phương pháp biến tính và nghiên cứu khả năng hấp phụ của Diatomite đối với ion kim loại nặng trong môi trường nước.



Hình 1. Khoáng Diatomite Phú Yên

2.1.3 Biến tính Diatomite bằng HCl và MnCl₂



Hình 2. Quy trình biến tính Diatomite bằng HCl và MnCl₂.4H₂O.

Chúng tôi tiến hành quá trình biến tính Diatomite bằng cách sử dụng các dung dịch HCl và $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ có các nồng độ và nhiệt độ khác nhau (Hình 2). Đầu tiên, chúng tôi chuẩn bị 8 mẫu Diatomite đã được sấy khô, mỗi mẫu có trọng lượng 50 gam. Các mẫu này được đặt trong các becher có dung tích 250 ml, trong đó đã được thêm 100 ml dung dịch HCl và $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ đã pha trước đó. Quá trình biến tính được thực hiện bằng cách lắc các mẫu trong 1 giờ và để yên trong 24 giờ ở điều kiện phòng.

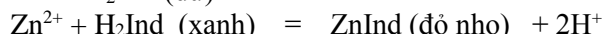
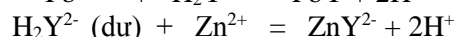
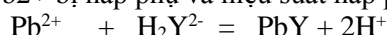
Sau khi quá trình biến tính hoàn tất, chúng tôi tiến hành trung hoà và lọc các mẫu để loại bỏ nước dư. Sau đó, chúng tôi mang các mẫu đi sấy khô trong vòng 24 giờ ở nhiệt độ $105^\circ C$. Mẫu Diatomite đã biến tính bằng axit và muối ở các nồng độ khác nhau được chia thành 4 mẫu, mỗi mẫu có trọng lượng 5 gam. Những mẫu này được đem nung ở các nhiệt độ khác nhau, bao gồm $105^\circ C$, $300^\circ C$, $450^\circ C$ và $700^\circ C$.

Tổng cộng, chúng tôi thu được 32 mẫu Diatomite đã được biến tính và 1 mẫu Diatomite thô chưa được biến tính. Các mẫu Diatomite biến tính này được đánh số và ký hiệu dựa trên loại chất biến tính (HCl hoặc $MnCl_2 \cdot 4H_2O$), nồng độ biến tính và nhiệt độ biến tính. Ví dụ, một mẫu Diatomite biến tính bằng dung dịch HCl ở nồng độ 2M và nhiệt độ $300^\circ C$ được ký hiệu là DA-2-300. Mục tiêu của chúng tôi là tìm ra mẫu Diatomite biến tính tốt nhất thông qua việc khảo sát và so sánh các mẫu này.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Xác định mẫu Diatomite biến tính tối ưu

Sử dụng phương pháp chuẩn độ tạo phức complexon chuẩn độ ngược lượng dư EDTA (pH=10) bằng dung dịch Zn^{2+} từ đó xác định được lượng Pb^{2+} đã phản ứng với EDTA cũng chính là lượng Pb^{2+} còn lại sau khi bị hấp phụ từ đó tính được lượng Pb^{2+} bị hấp phụ và hiệu suất hấp phụ [7].



Từ đó xác định được mẫu biến tính tối ưu nhất và tiến hành khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ.

2.2.2 Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ của Pb^{2+} , Zn^{2+} và Cu^{2+} của mẫu Diatomite tối ưu

Sau khi mẫu Diatomite tối ưu đã được xác định, tiến hành khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ kim loại nặng của vật liệu. Các yếu tố bao gồm thời gian hấp phụ, nồng độ chất bị hấp phụ, lượng vật liệu hấp phụ, và pH của chất bị hấp phụ được xem xét. Mục tiêu là tìm hiểu điều kiện và môi trường tối ưu nhất để đạt hoạt tính hấp phụ cao nhất cho vật liệu, hướng đến việc xử lý nước thải chứa nhiều kim loại nặng trong thực tế.

Trong quá trình khảo sát, hiệu suất hấp phụ được tính theo công thức:

$$H = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \cdot 100\%$$

Trong đó:

C_0 : nồng độ của kim loại ban đầu trong dung dịch.

C_1 : nồng độ của kim loại còn lại trong dung dịch.

2.2.3 Khảo sát ảnh hưởng của lượng chất hấp phụ

Để xác định lượng chất hấp phụ tối ưu cho mẫu, tiến hành khảo sát đã được thực hiện theo phương pháp sau. Ban đầu, tăng dần từng bước lượng Diatomite từ 0,025g, 0,05g, 0,075g và cuối cùng là 0,1g. Mỗi lượng chất hấp phụ đã được cân chính xác và đưa vào các erlen 250 ml đã được đánh dấu trước với lượng chất hấp phụ tương ứng. Sau đó, đã thêm 50ml dung dịch hấp phụ có nồng độ 100ppm vào mỗi erlen và thực hiện quá trình lắc trong khoảng thời gian 15 phút. Tiếp theo, đã tiến hành quá trình lọc để thu được dung dịch hấp phụ. Lượng chính xác của dung dịch sau quá trình hấp phụ đã được hút ra và sử dụng để tiến hành chuẩn độ, từ đó xác định được nồng độ kim loại nặng còn lại. Bằng cách này, đã đánh giá được hiệu suất hấp phụ và tìm ra lượng chất hấp phụ tối ưu cho mẫu.

2.2.4 Khảo sát ảnh hưởng của thời gian hấp phụ

Thời gian khảo sát cho quá trình hấp phụ được gia tăng dần từ 15 phút, 30 phút, 45 phút, 60 phút và 75 phút. Lượng chất hấp phụ tối ưu đã được xác định trước đó được cân chính xác và đưa vào trong erlen 250 ml đã được ghi chú thời gian tương ứng. Sau đó, quá trình lắc được tiến hành và sau 15 phút, mẫu đầu tiên

được lấy ra để tiến hành lọc và thu được phần dung dịch. Dung dịch này được sử dụng để thực hiện chuẩn độ và xác định hiệu suất hấp phụ. Tiếp theo, mỗi 15 phút, một mẫu được lấy và tiến hành chuẩn độ một lần. Sau khi thu thập đủ 5 mẫu, ta có thể so sánh hiệu suất hấp phụ theo thời gian và xác định thời gian hấp phụ tối ưu.

2.2.5 Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ chất bị hấp phụ

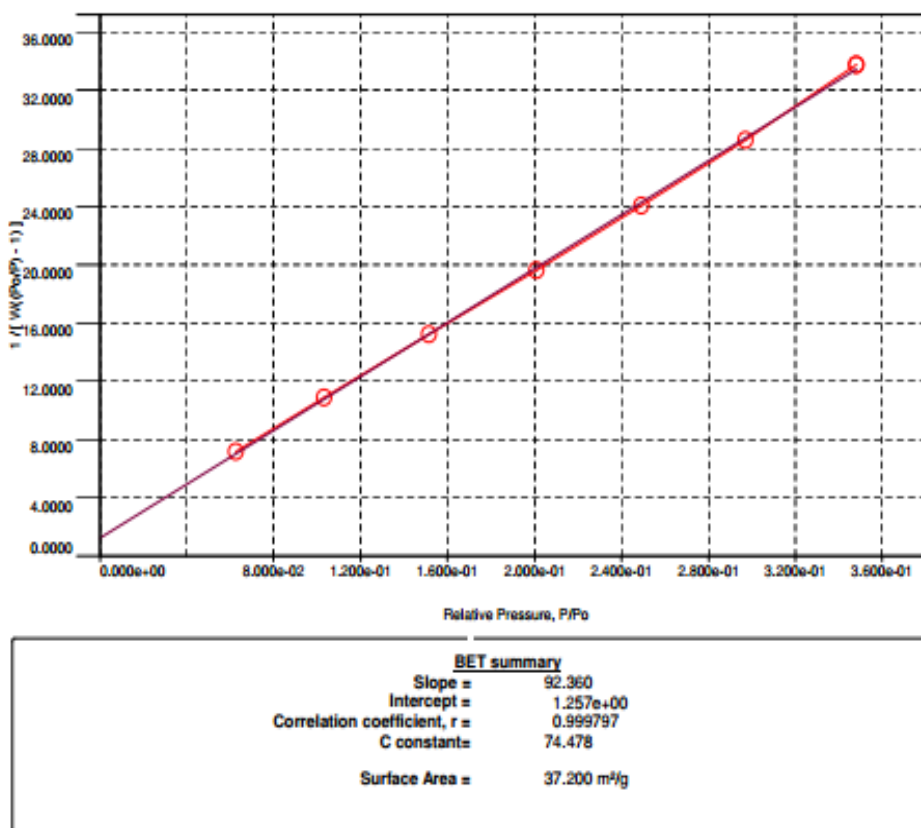
Các dung dịch cần hấp phụ đã được chuẩn bị ở các nồng độ 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm. Tiến hành cân chính xác lượng chất hấp phụ đã được xác định trước đó vào các erlen 250 ml đã được ghi chú và chứa sẵn 50 ml dung dịch cần hấp phụ ở các nồng độ tương ứng. Sau đó, erlen được đem lắc trong thời gian tối ưu đã xác định trước. Khi quá trình lắc kết thúc, dung dịch được lọc để lấy phần cần thiết. Sau khi quá trình lọc hoàn tất, phần dung dịch thu được được mang đi chuẩn độ để xác định nồng độ kim loại nặng còn lại sau quá trình hấp phụ. Từ đó, tính toán hiệu suất hấp phụ và so sánh hiệu suất hấp phụ ở 4 nồng độ trên. Như vậy, nồng độ hấp phụ tối ưu có thể được xác định.

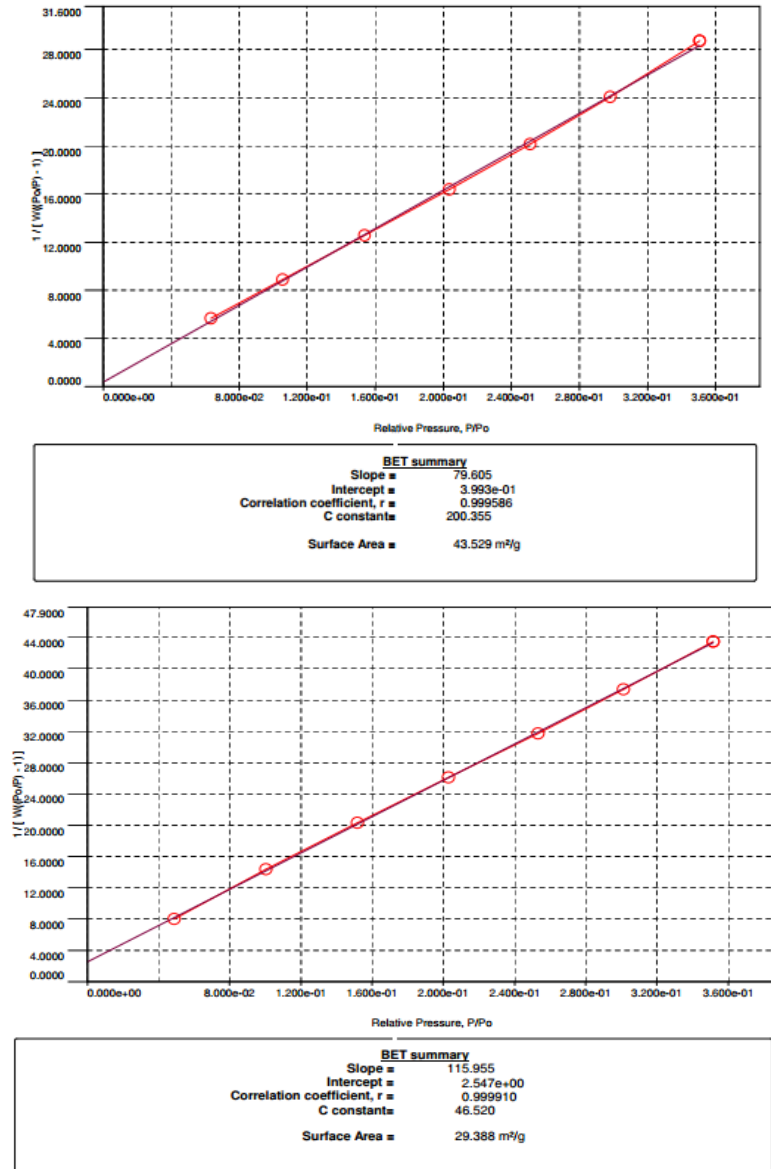
2.2.6 Khảo sát ảnh hưởng của pH

Sau khi đã khảo sát các dung dịch có nồng độ tối ưu, tiến hành điều chỉnh pH bằng cách sử dụng dung dịch axit và bazơ loãng để tạo ra các dung dịch có pH lần lượt là 4, 6, 8, 10. Lượng chất hấp phụ tối ưu đã được cân chính xác và cho vào 4 erlen 250 ml, trong mỗi erlen đã được ghi chú với nhãn thời gian và pH tương ứng. Quá trình lắc được thực hiện trong thời gian hấp phụ tối ưu đã xác định trước đó, sau đó dung dịch được lọc để thu được phần cần thiết. Phần dung dịch thu được được đem đi chuẩn độ để xác định hiệu suất hấp phụ, và từ đó ta có thể so sánh hiệu suất hấp phụ ở 4 môi trường pH khác nhau. Từ kết quả này, môi trường pH thích hợp cho quá trình hấp phụ có thể được xác định.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Đặc trưng vật liệu

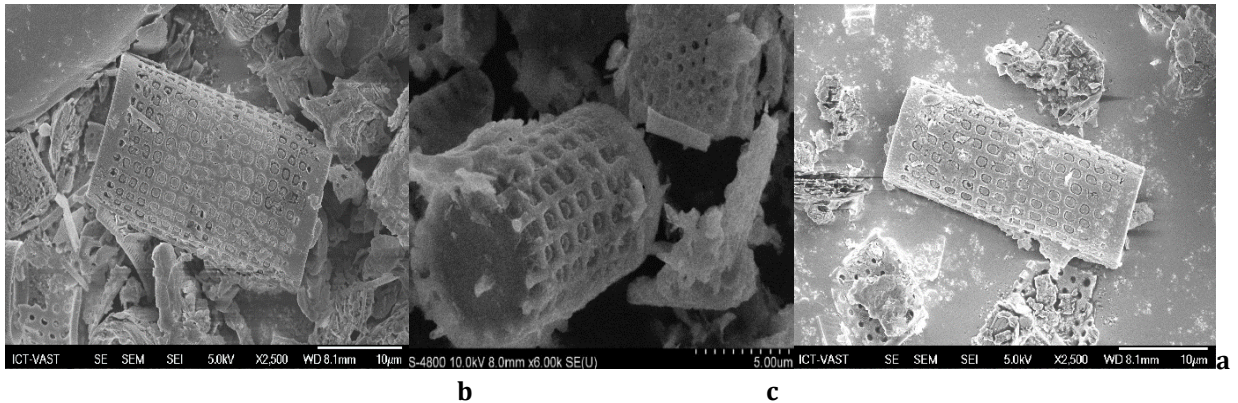




Bảng 1 trình bày kết quả phân tích diện tích bề mặt riêng của ba mẫu khác nhau: DA, DAA5.5M300 và DAM20%105. Mẫu DA có diện tích bề mặt riêng là 37,200 m²/g. Điều này cho thấy mẫu DA có một diện tích bề mặt khá lớn, cho phép nhiều khả năng tương tác và hấp phụ các chất khác nhau. Mẫu DAA5.5M300 có diện tích bề mặt riêng là 43,529 m²/g. So với mẫu DA, diện tích bề mặt riêng của mẫu DAA5.5M300 được tăng lên, cho thấy quá trình biến tính đã tạo ra sự gia tăng đáng kể trong diện tích bề mặt của vật liệu. Điều này có thể gây ảnh hưởng tích cực đến khả năng tương tác và hấp phụ các chất trong quá trình ứng dụng. Mẫu DAM20%105 có diện tích bề mặt riêng là 29,388 m²/g. So với mẫu DA, diện tích bề mặt riêng của mẫu DAM20%105 giảm đi. Điều này có thể liên quan đến quá trình biến tính hoặc xử lý nhiệt đã làm thay đổi cấu trúc và tính chất của vật liệu, dẫn đến sự giảm diện tích bề mặt riêng.

Bảng 1. Kết quả đo diện tích bề mặt riêng

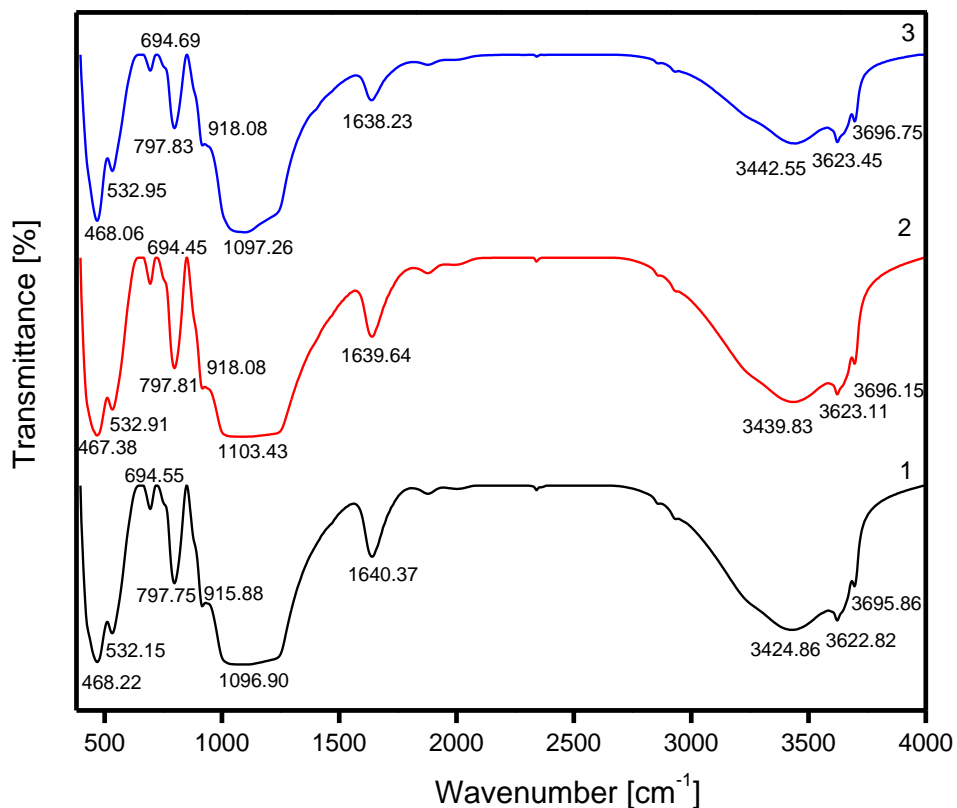
Mẫu	Diện tích bề mặt riêng (m ² /g)
DA	37,200
DAA5.5M300	43,529
DAM20%105	29,388



Hình 3. Ảnh SEM mẫu Diatomite ban đầu(a) và sau khi biến tính(b,c)

Phân tích ảnh SEM của Diatomite (hình 3) cho thấy cấu trúc của nó được hình thành bởi các ống có đường kính cỡ vài chục micromet. Đặc biệt, Diatomit Phú Yên có dạng ống với hệ thống mao quản và vi mao quản đan xen lẫn nhau, tạo nên một cấu trúc xốp độc đáo. Các ống của Diatomite có hình dạng đa dạng và phong phú, thể hiện sự đa dạng sinh học của vi mao quản Diatomite. Cấu trúc mao quản và vi mao quản đan xen tạo nên một mạng lưới phức tạp trong vật liệu, tạo ra không gian rộng và bề mặt lớn, đồng thời cung cấp khả năng tương tác và hấp phụ cao với các chất khác. Sự xốp của cấu trúc Diatomite là kết quả của việc tồn tại không gian rộng giữa các ống và mao quản. Điều này tạo ra một hệ thống porosit và giúp cải thiện khả năng hấp phụ và tương tác với các chất trong quá trình ứng dụng.

Để xác định tính chất của Diatomite thô và hai mẫu biến tính tốt nhất, các mẫu được tiến hành phân tích phổ FT-IR trong khoảng từ 400 đến 4000 cm^{-1} sau khi mẫu đã được sấy ở nhiệt độ 105°C. Bằng cách so sánh kết quả phổ FT-IR của các mẫu (hình 4) với các phổ FT-IR trong thư viện tham chiếu, chúng tôi kết luận rằng Diatomite Phú Yên có cấu trúc tương tích với loại Kieselguhr. Điều này cho thấy nguồn gốc của Diatomite Phú Yên là loại Diatomite có thành phần chủ yếu là khoáng chất $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ [6].



Hình 4. Phổ FT – IR của mẫu DA (1) và các mẫu biến tính (2, 3)

Bề mặt của Diatomite được cho là chứa các nhóm OH trong silanol (Si - OH) và các cầu nối oxygen trong siloxan (- Si - O - Si -), đây là các tâm hấp thụ quan trọng và cần xác định đặc tính của chúng. Từ hình 3, có thể quan sát các tần số hấp thụ đặc trưng tại các số sóng như 468.22, 532.15, 694.55, 798, 1096.9, 1639.4, 3622.2 và 3696 cm⁻¹. Các peak tại số sóng 3696 và 3622.2 cm⁻¹ đại diện cho sự dao động hóa trị của liên kết O-H trong nhóm Silanol tự do (Si-O-H). Peak 1096.9 là dao động hóa trị của nhóm Siloxan, trong khi peak tại 798 và 694.55 cm⁻¹ đại diện cho dao động của nhóm SiO-H trong nhóm silanol. Các peak tại 532.15 và 468.22 cm⁻¹ đại diện cho dao động biến dạng trong nhóm Si-O-Si. Một quan sát đáng chú ý là dù mẫu Diatomite đã được sấy khô, nhưng vẫn có sự hiện diện của một lượng nước hydrate hóa trên bề mặt và trong các mao quản của cấu trúc. Điều này được chứng minh bởi sự xuất hiện của dao động với tần số sóng 1634.99 cm⁻¹ dù có cường độ rất nhỏ [7].

3.2 Kết quả khảo sát xác định mẫu tối ưu và các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ kim loại nặng

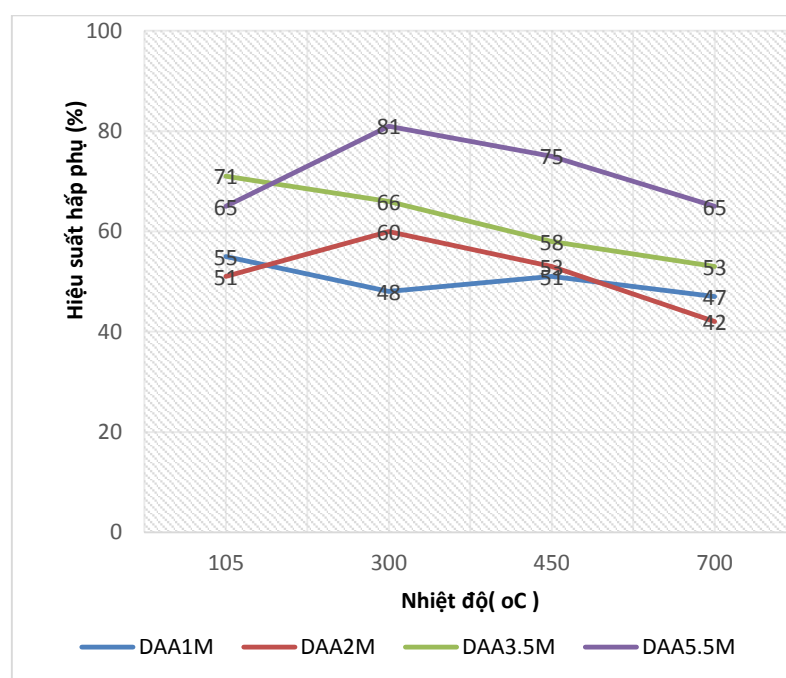
3.2.1 Kết quả khảo sát xác định mẫu tối ưu

Trong quá trình nghiên cứu này, đã được thực hiện một loạt các thí nghiệm nhằm khảo sát và tối ưu hóa quá trình biến tính Diatomite. Đầu tiên, mẫu Diatomite đã được biến tính bằng một loạt dung dịch có chứa axit hydrochloric (HCl) và muối mangan clorua (MnCl₂) với các nồng độ khác nhau.

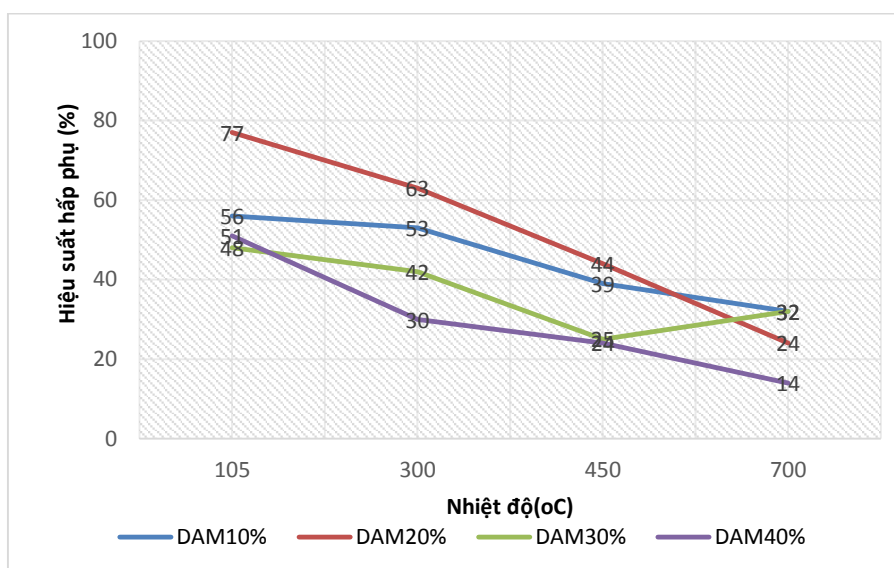
Sau đó, các mẫu Diatomite đã được tiến hành quá trình xử lý nhiệt (nung) ở các nhiệt độ khác nhau để tạo ra sự biến đổi cấu trúc và tính chất của vật liệu. Tổng cộng, chúng tôi đã thu được 32 mẫu biến tính và một mẫu thô không biến tính, được sử dụng như mẫu đối chứng.

Tiếp theo, chúng tôi tiến hành một loạt các thí nghiệm để tìm ra mẫu biến tính tối ưu. Đầu tiên, đã được thực hiện khảo sát với các yếu tố ảnh hưởng bao gồm thời gian hấp phụ, nồng độ chất bị hấp phụ, lượng chất hấp phụ và pH của chất bị hấp phụ. Qua đó, đã xác định được điều kiện và môi trường tối ưu nhất để đạt được hoạt tính hấp phụ cao nhất của vật liệu Diatomite, với mục tiêu ứng dụng trong xử lý nước thải chứa kim loại nặng.

Cuối cùng, chúng tôi tiến hành khảo sát tối ưu với các thông số cụ thể như lượng chất hấp phụ, thời gian hấp phụ, nồng độ chất bị hấp phụ và thể tích chất bị hấp phụ. Kết quả của thí nghiệm cho thấy hiệu suất hấp phụ của mẫu biến tính Diatomite bằng axit HCl tăng lên khi nhiệt độ xử lý tăng từ 105°C đến 300°C sau đó giảm dần (Hình 4) còn mẫu biến tính bằng muối MnCl₂ thì hiệu suất hấp phụ lại giảm khi tăng nhiệt độ biến tính (Hình 5).



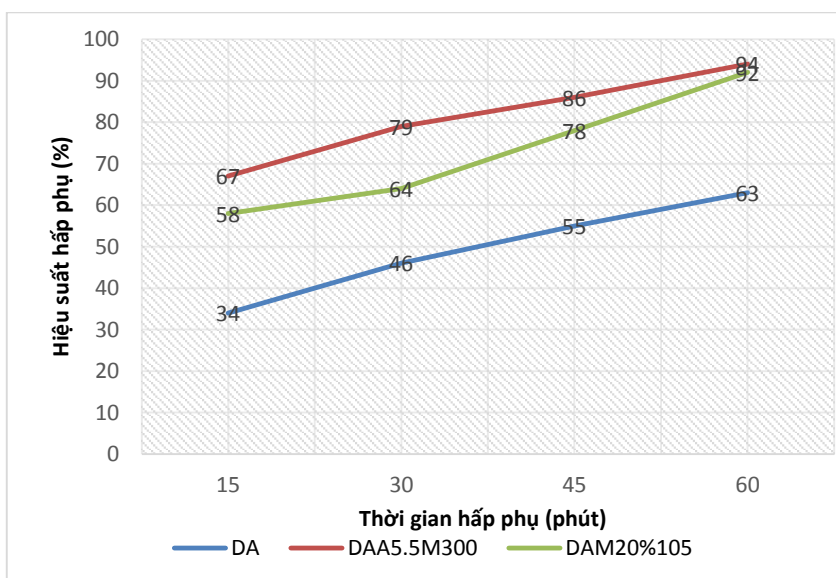
Hình 5. Kết quả hấp phụ Pb²⁺ các mẫu biến tính bằng HCl theo nhiệt độ



Hình 6. Kết quả hấp phụ Pb^{2+} các mẫu biến tính bằng $MnCl_2$ theo nhiệt độ

Kết quả thực nghiệm đã cho thấy rằng ở các mẫu Diatomite được biến tính bằng HCl thì khi nhiệt độ xử lý thích hợp là nằm trong khoảng 300-450°C nếu tiếp tục tăng nhiệt độ xử lý thì hiệu quả hấp phụ giảm rõ (Hình 4). Từ đó ta thu được mẫu biến tính tối ưu bằng HCl ở nồng độ 5.5M và nhiệt độ xử lý là 300°C (kí hiệu: DAA5.5300).

Tuy nhiên từ kết quả thực nghiệm ở mẫu Diatomite biến tính bằng $MnCl_2$ thì khi ta tăng nhiệt độ xử lý lên thì hầu như hiệu suất hấp phụ đều giảm (Hình 5). Từ đó ta thu được mẫu biến tính tối ưu bằng $MnCl_2$ ở nồng độ 20% và nhiệt độ xử lý là 105°C (kí hiệu: DAM20105).

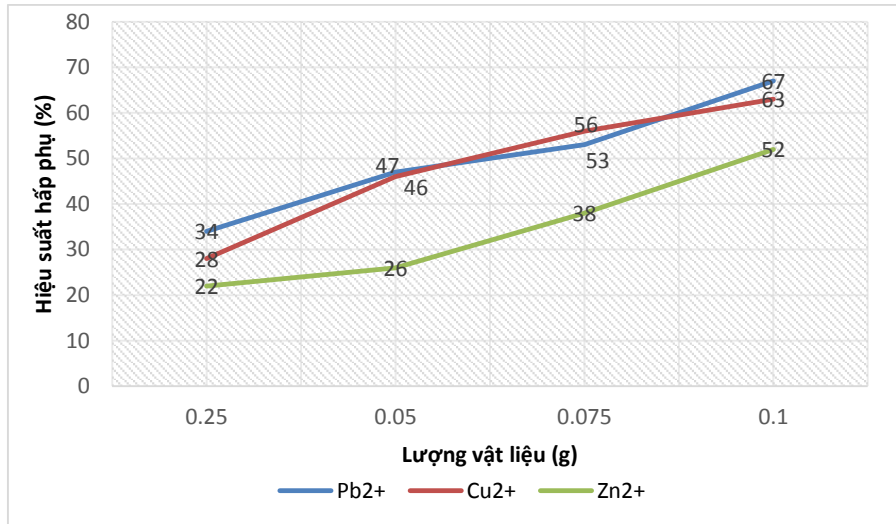


Hình 7. Kết quả so sánh hiệu suất hấp phụ Pb^{2+} của 2 mẫu biến tính tốt nhất so với mẫu không biến tính ban đầu.

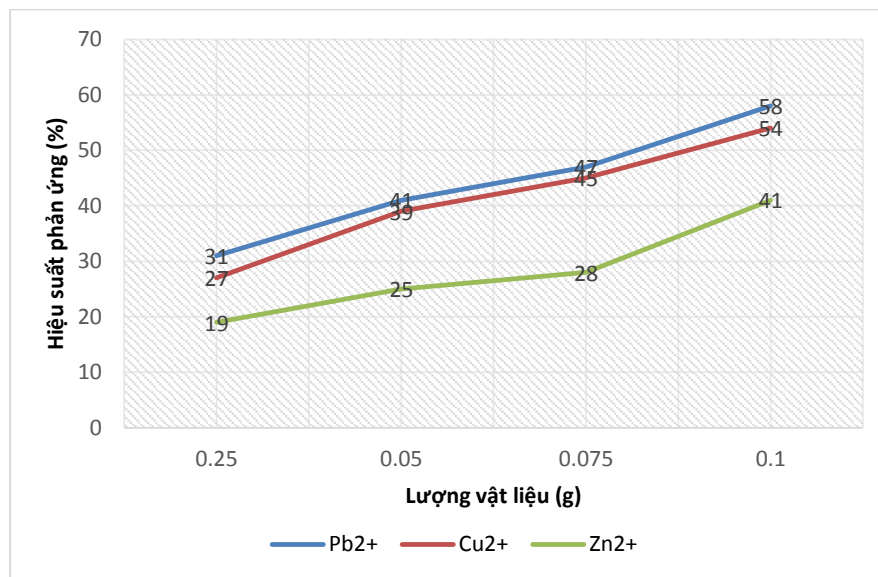
Từ kết quả thực nghiệm đã chỉ ra rằng hiệu suất hấp phụ của 2 mẫu biến tính tốt nhất là DAA5.5M300 và DAM20%105 cao hơn mẫu Diatomite chưa biến tính DA. Kết quả cho thấy hiệu suất hấp phụ Pb^{2+} sau 60 phút của mẫu Diatomite không biến tính là 63%, trong khi mẫu Diatomite biến tính bằng HCl là 94% và mẫu biến tính bằng $MnCl_2$ là 92%. Điều này cho thấy rằng khả năng hấp phụ của Diatomite đã được tăng lên rõ rệt sau khi biến tính và phù hợp với mục đích ban đầu của nghiên cứu.

3.2.2 Khảo sát lượng chất hấp phụ

Khảo sát sự thay đổi của lượng chất hấp phụ khi thay đổi lượng chất hấp phụ sẽ ảnh hưởng như thế nào đến hiệu suất hấp phụ kim loại nặng của Diatomite biến tính. Tiến hành khảo sát lượng chất hấp phụ thay đổi ở 4 giá trị khác nhau là 0.025g, 0.05g, 0.075g, 0.1g của 2 mẫu DAA5.5M300 và DAM20%105 trong thời gian là 15 phút, nồng độ dung dịch hấp phụ là 100 ppm, thể tích là 50ml. Kết quả thực nghiệm thu được thể hiện ở Hình 8.



Hình 8. Kết quả khảo sát hiệu suất hấp phụ các kim loại nặng của mẫu DAA5.5M300 khi thay đổi lượng vật liệu



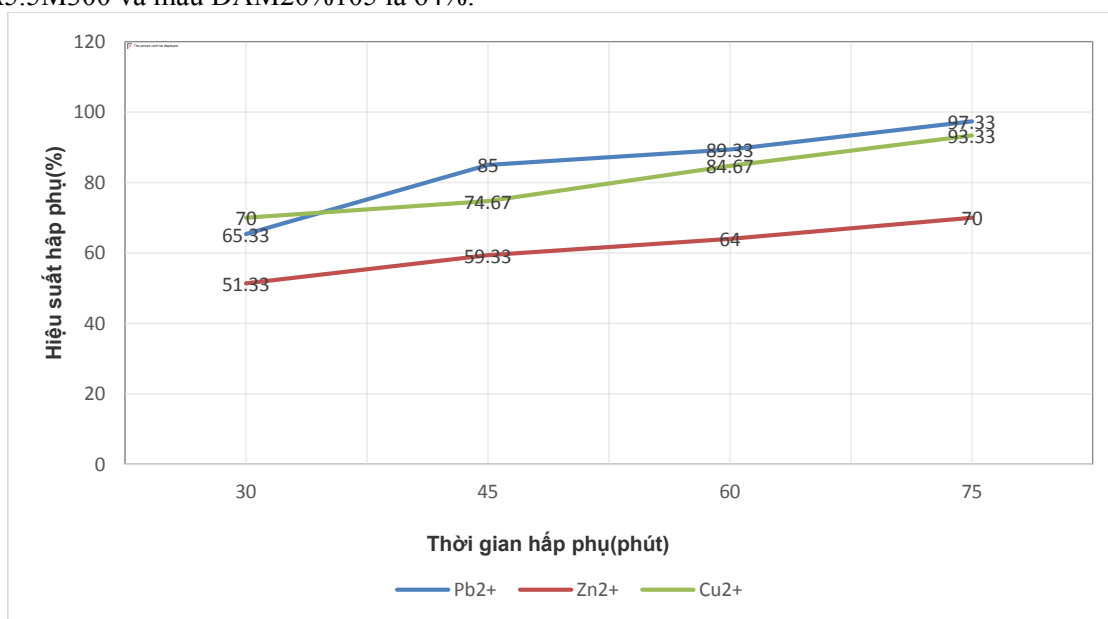
Hình 9. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của lượng vật liệu đối với khả năng hấp phụ kim loại nặng của mẫu DAM20%105

Từ kết quả theo hình 8 và hình 9 ta thấy, trong cùng các điều kiện hấp phụ khi ta tăng dần lượng vật liệu lên thì hiệu suất hấp phụ cũng tăng theo. Điều này có thể giải thích là do khi tăng lượng vật liệu thì diện tích tiếp xúc giữa bề mặt vật liệu và dung dịch cần hấp phụ cũng tăng theo từ đó làm tăng hiệu suất hấp phụ. Tuy nhiên, để phù hợp với các điều kiện thực tế và cũng như là để tiết kiệm được lượng vật liệu nhằm ứng dụng cho mục đích công nghiệp thì nên lựa chọn lượng vật liệu hợp lý để phù hợp với từng ứng dụng riêng nhằm đảm bảo hiệu quả và kinh tế nhất.

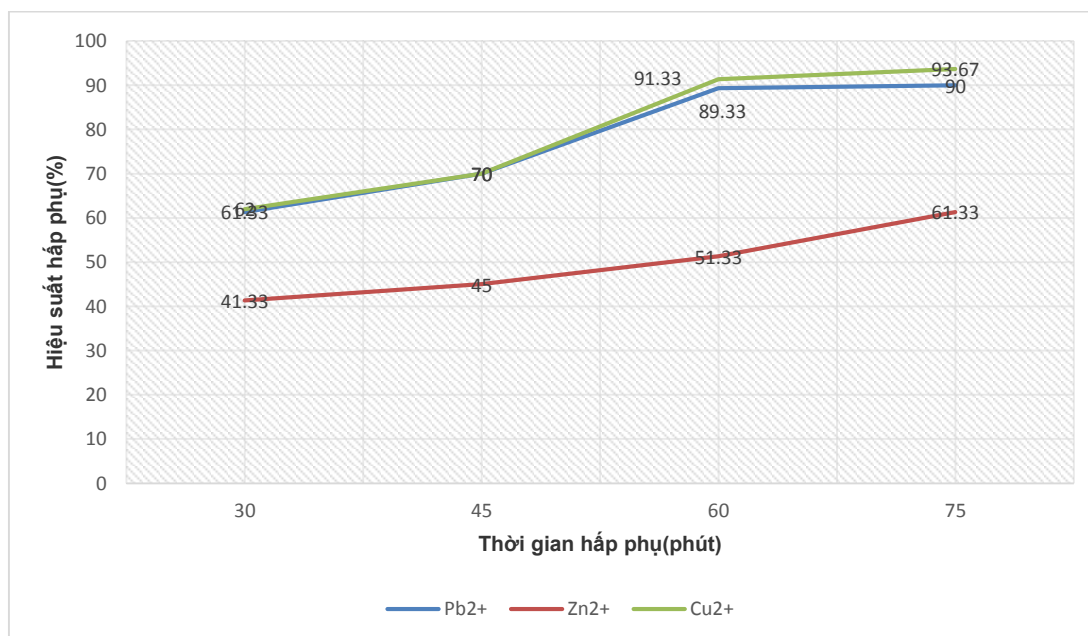
3.2.3 Khảo sát ảnh hưởng của thời gian

Khảo sát ảnh hưởng của thời gian đối với hiệu suất hấp phụ của vật liệu với các điều kiện như sau: lượng vật liệu 0.1 g, nồng độ dung dịch cần hấp phụ 100ppm, thể tích dung dịch cần hấp phụ là 50ppm. Thời gian khảo sẽ thay đổi ở 5 giá trị khác nhau lần lượt là 15 phút, 30 phút, 45 phút, 60 phút và 75 phút.

Từ kết quả của hình 9 và hình 10, khi thời gian hấp phụ càng tăng thì hiệu suất hấp phụ cũng tăng theo. Để phù hợp với điều kiện thực tế ta cần chọn thời gian hấp phụ hợp lý để phù hợp với từng dung dịch cần hấp phụ. Thực nghiệm cho thấy, khi hấp phụ dung dịch Pb^{2+} và Cu^{2+} và Zn^{2+} thì thời gian cần thiết để bão hòa hấp phụ khoảng 60 phút. Tuy nhiên, hiệu suất hấp phụ Zn^{2+} khá là thấp, chỉ là 51,33% đối với mẫu DAA5.5M300 và mẫu DAM20%105 là 64%.



Hình 10. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian đối với hiệu suất hấp phụ kim loại nặng của mẫu DAA5.5M300

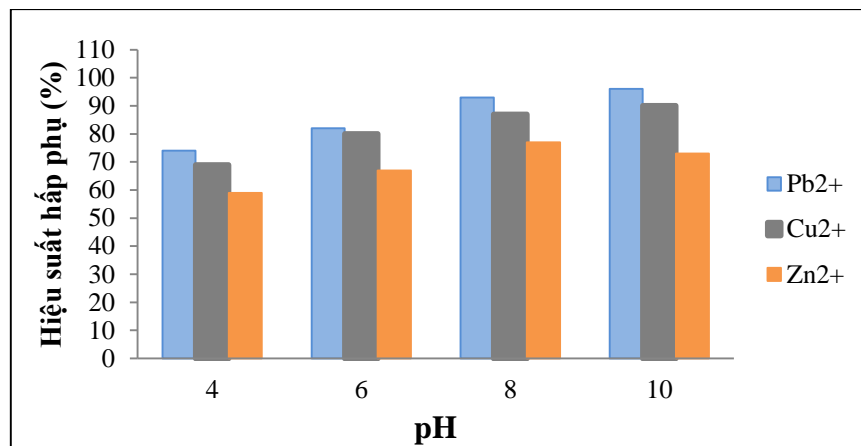


Hình 11. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian đối với hiệu suất hấp phụ kim loại nặng của mẫu DAM20%105

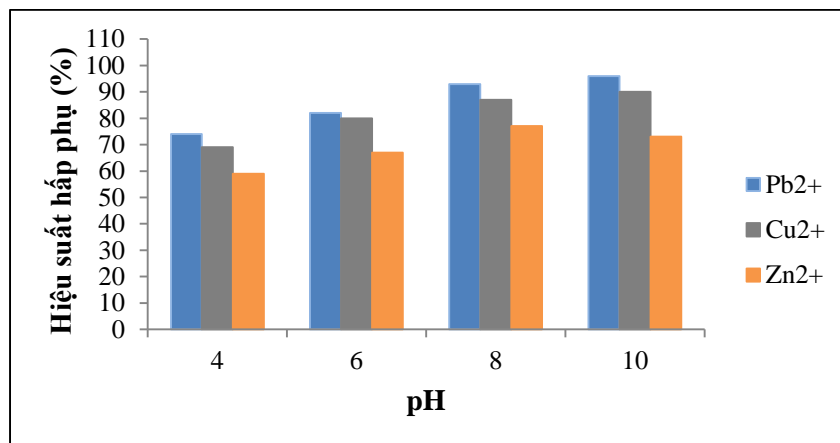
3.2.4 Khảo sát ảnh hưởng của pH

Tiến hành khảo sát ảnh hưởng của pH dung dịch bị hấp phụ đối với khả năng hấp phụ ion kim loại nặng của 2 mẫu tốt nhất. Lượng chất sử dụng ở đây là theo lượng chất tối ưu đã được khảo sát ở trên nồng độ dung độ dung dịch cần hấp phụ là 100 ppm với thể tích dung dịch là 50 ml, thời gian hấp phụ là 60 phút, pH được thay đổi từ 4, 6, 8, 10.

Theo như kết quả khảo sát ở hình 12 và 13, ta thấy khi tăng pH của dung dịch cần hấp phụ thì hiệu suất hấp phụ kim loại nặng của hai mẫu biến tính tốt nhất cũng tăng đáng kể. Hiệu suất hấp phụ đạt tối ưu tại khoảng pH từ 8-10, do đó ta chọn pH= 8-10 là khoảng pH tối ưu cho quá trình hấp phụ.



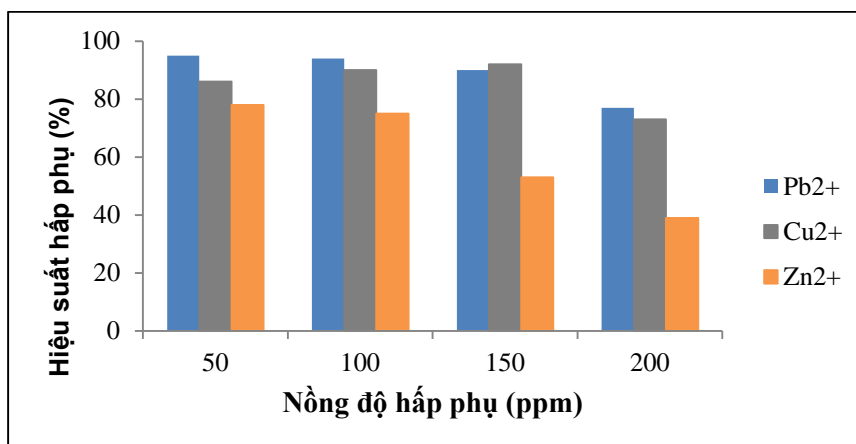
Hình 12. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của pH mẫu DAA5.5M300



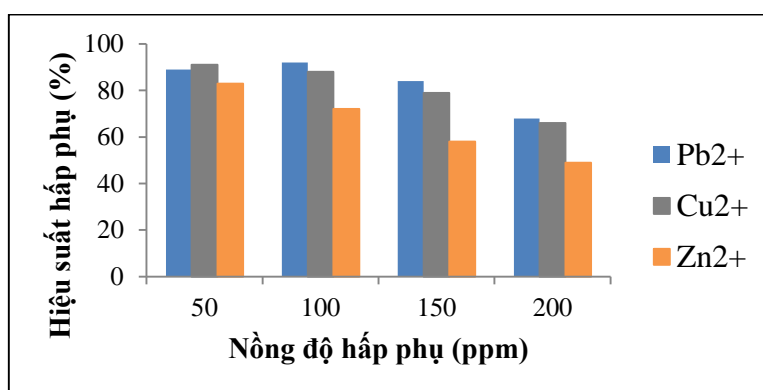
Hình 13. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của pH mẫu DAM20%105.

3.2.5 Khảo sát nồng độ hấp phụ tối ưu

Tiến hành khảo sát nồng độ hấp phụ tối ưu đối với 2 mẫu biến tính tốt nhất. Lượng chất sử dụng ở đây là theo lượng chất tối ưu đã khảo sát ở trên, pH dung dịch cần hấp phụ trong khoảng pH= 8-10, thời gian khảo sát hấp phụ là 60 phút. Nồng độ dung dịch cần hấp phụ sẽ được tăng dần từ 50 ppm, 100ppm, 150ppm và 200 ppm.



Hình 14. Kết quả khảo sát nồng độ hấp phụ tối ưu của mẫu DAA5.5M300.



Hình 15. Kết quả khảo sát nồng độ hấp phụ tối ưu của mẫu DAM20%105.

Từ kết quả thực nghiệm cho ta thấy được rằng khả năng hấp phụ ion kim loại nặng của Diatomite biến tính là rất tốt. Khi nồng độ của dung dịch cần hấp phụ tăng thì khả năng hấp phụ của 2 mẫu biến tính tối ưu vẫn không giảm mạnh, hiệu suất hấp phụ trong khoảng 90-95%, tuy nhiên hiệu suất hấp phụ có thay đổi khi ta tăng từ 150ppm lên thành 200 ppm. Mặt khác khả năng hấp phụ Zn²⁺ là còn khá thấp (72%-75% trong khi nồng độ hấp phụ là 100ppm). Vì vậy ta chọn nồng độ hấp phụ Pb²⁺ và Cu²⁺ tối ưu là khoảng 0-150 ppm, còn đối với Zn²⁺ thì là khoảng 0-100 ppm.

Mẫu Pb²⁺ với phương trình $y = 0,0334x - 0,1268$ (1)

$$q_{max} = \frac{1}{\tan \alpha} = \frac{1}{0,0334} = 29,94 \text{ (mg/g)}$$

Mẫu Cu²⁺ với phương trình $y = 0,0342x - 0,1424$ (2)

$$q_{max} = \frac{1}{\tan \alpha} = \frac{1}{0,0342} = 29,24 \text{ (mg/g)}$$

Mẫu Zn²⁺ với phương trình $y = 0,0487x - 0,5016$ (3)

$$q_{max} = \frac{1}{\tan \alpha} = \frac{1}{0,0487} = 20,53 \text{ (mg/g)}$$

Từ kết quả khảo sát hấp phụ đẳng nhiệt [8] của các mẫu biến tính tối ưu là DAB4400 và DAM20%105 tại các điều kiện khảo sát tối ưu của ba dung dịch Cu²⁺, Pb²⁺, Zn²⁺, có thể thấy được đồ thị hấp phụ tuyến tính theo một đường thẳng(1,2,3). Như vậy có thể kết luận rằng cơ chế hấp phụ kim loại nặng phù hợp với phương trình Langmuir. Dung lượng hấp phụ cực đại biến tính bằng HCl đối với ion Pb²⁺ là 36,23 mg/g, đối với ion Cu²⁺ là 30,77 mg/g còn với ion Zn²⁺ là 23,92 mg/g, biến tính bằng MnCl₂ đối với ion Pb²⁺ là 29,94 mg/g, đối với ion Cu²⁺ là 29,24 mg/g còn với ion Zn²⁺ là 20,53 mg/g.

4 KẾT LUẬN

Chúng tôi đã thành công trong việc biến tính Diatomite Phú Yên bằng hai dung dịch HCl và MnCl₂ với các nồng độ và nhiệt độ khác nhau. Cấu trúc của vật liệu đã được xác định bằng phương pháp SEM, FTIR và BET. Diatomite biến tính vẫn giữ các đặc trưng ban đầu nhưng có hoạt tính hấp phụ cải thiện đáng kể. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ kim loại nặng của hai mẫu tốt nhất đã được tiến hành. Các yếu tố cơ bản như lượng chất hấp phụ, thời gian hấp phụ, pH và nồng độ hấp phụ tối ưu đã được xác định. Kết quả nghiên cứu cho thấy Diatomite biến tính có khả năng hấp phụ mạnh các ion kim loại nặng. Dùng 0.1g vật liệu, 50 ml dung dịch chứa ion kim loại ở nồng độ từ 100-150 ppm cần để đạt hiệu suất tối ưu trong 60 phút. Dung lượng hấp phụ tối đa đạt được bằng HCl là 36.23 mg/g cho Pb²⁺, 30.77 mg/g cho Cu²⁺ và 23.92 mg/g cho Zn²⁺. Bằng MnCl₂, dung lượng hấp phụ tối đa là 29.94 mg/g cho Pb²⁺, 29.24 mg/g cho Cu²⁺ và 20.53 mg/g cho Zn²⁺.

Kết quả này cho thấy Diatomite biến tính là vật liệu hấp phụ tiềm năng ứng dụng loại bỏ ion kim loại nặng trong nước.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đinh Quang Khiếu, Phạm Đình Dũ, Mai Văn Bảy, Nguyễn Thị Diễm Châu, Đặng Xuân Dự (2010). "Nghiên cứu chức năng hóa Diatomite Phú Yên bằng 3-Mercaptopropylmethoxysilane." Tạp chí khoa học, Đại học Huế, số 59.
- [2]. Phạm Cẩm Nam, Trần Thanh Tuấn, Lâm Đại Tú, Võ Đình Vũ (2009). "Xác định các đặc tính của nguyên liệu Diatomite Phú Yên bằng FT-IR, XRF, XRD kết hợp với phương pháp tính toán lý thuyết." Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng, số 2(31).
- [3]. Trần Doãn Minh Đăng, Mai Thanh Phong (2011). "Nghiên cứu quá trình xử lý Diatomite Lâm Đồng để sản xuất chất trợ lọc." Tạp chí phát triển KH&CN, tập 44, số K3.
- [4]. Lê Huy Bá (2006). "Độc học môi trường – Phần chuyên đề." NXB Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh.
- [5]. Nguyễn Xuân Hải (2011), "Nghiên cứu tổng hợp zeolit từ diatomit làm vật liệu hấp phụ kim loại nặng," Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Vol. 27, pp. 171-178.
- [6]. ElSayed ElBastamy ElSayed (2018), "Natural Diatomite as an effective adsorbent for heavy metals in water and wastewater treatment (a batch study)," Water Science, Volume 32, Issue 1, pp. 32-43.
- [7]. H Y Cheng, A L Yang, Y T Zhang, and X M Kong (2018), "Adsorption Properties of Microwave Modified Diatomite on Heavy Metals in Landfill Leachate," IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, Vol. 146, p. 012019.
- [8]. Dmitry Boriskov, Sanya Efremova, Nadezhda Komarova, Elena Tikhomirova, and Aleksey Bodrov (2021), "Applicability of the modified Diatomite for treatment of wastewater containing heavy metals," E3S Web of Conferences 247, 01052.

YSC5.F204

ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ PHƠI NHIỄM TỪ CÁC THÀNH PHẦN ĐỘC TÍNH CÓ CHỨA TRONG ĐỒ CHƠI NHỰA TRẺ EM

HUỲNH THỊ NGỌC ÁNH¹, NGUYỄN THỊ LAN BÌNH, LƯƠNG TẤN NHẬT

¹*Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý môi trường,
Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh
corresponding: nguyenthilanbinh@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Đồ chơi đóng vai trò quan trọng trong việc học hỏi những kiến thức mới, nâng cao khả năng nhận biết và tư duy của trẻ nhỏ. Tuy nhiên, đối với những loại đồ chơi trôi nổi trên thị trường không có nguồn gốc rõ ràng khi trẻ tiếp xúc qua đường miệng với các thành phần như Cd, Pb, Cr, Hg, Br, Cl, Sb, S và Sn sẽ gây ra nguy cơ phơi nhiễm chất độc hại ảnh hưởng đến sức khỏe trẻ em. Nghiên cứu này nhằm đánh giá nguy cơ phơi nhiễm khi trẻ em tiếp xúc với các chất độc hại trong đồ chơi nhựa với 11 màu và phân loại theo 2 nhóm (màu sáng và màu tối) bằng máy huỳnh quang tia X – Shimadzu EDX 7000 và so sánh với tiêu chuẩn REACH/RoHS của Châu Âu. Kết quả tính toán chỉ số nguy hiểm HI với độ tuổi từ 6 tháng đến 10 tuổi theo thời gian tiếp xúc đồ chơi từ 30 – 180 phút cho thấy đối với màu sáng có 3/7 màu chứa hàm lượng S và 1/7 màu có chứa Hg, màu tối có 3/4 màu chứa hàm lượng S cao. Nghiên cứu cho thấy, trẻ em ở độ tuổi từ 6 – 12 tháng chỉ nên tiếp xúc với đồ chơi có màu sáng trong vòng 30 phút/ngày và với màu tối là 90 phút/ngày để tránh nguy cơ phơi nhiễm các chất độc hại.

Từ khóa. Đồ chơi trẻ em, Nguy cơ phơi nhiễm, Rủi ro sức khỏe trẻ em.

ASSESSMENT OF RISK OF EXPOSURE FROM TOXICITY INGREDIENTS CONTAINED IN PLASTIC TOYS FOR CHILDREN

Abstract. Toys play an important role in learning new knowledge, improving children's cognitive and thinking abilities. However, for toys floating in the market with no clear origin, when children come into contact orally with components such as Cd, Pb, Cr, Hg, Br, Cl, Sb, S and Sn, they will cause harmful effects. exposure to hazardous substances affecting children's health. This study aimed to assess the risk of exposure when children were exposed to toxic substances in plastic toys with 11 colors and classified into 2 groups (light and dark colors) by X-ray fluorescence machine – Shimadzu EDX 7000 and compare with European REACH/RoHS standard. Calculation results of the HI hazard index with the age from 6 months to 10 years old according to the toy exposure time from 30 to 180 minutes, showed that for bright colors, 3/7 colors contain S content and 1/7 colors containing Hg, dark colors have 3/4 colors containing high S content. Research shows that children aged 6-12 months should only be exposed to bright colored toys for 30 minutes a day and 90 minutes a day with dark colored toys to avoid the risk of exposure to harmful substances.

Keywords. Children's Toys, Risk of exposure, Children's health risks.

1 GIỚI THIỆU

Trong mục tiêu phát triển xã hội ngày nay, trẻ em chính là đối tượng đang được quan tâm nhất, sự phát triển của trẻ nhỏ luôn được các bậc phụ huynh đặc biệt chú ý đến, không những để các em có thể học hỏi những kiến thức mới mẽ từ những người xung quanh, hay từ nhà trường, sách vở mà trẻ em còn được học hỏi nhiều thứ từ những món đồ chơi giúp nâng cao khả năng nhận biết và tư duy. Đồ chơi đối với trẻ em đặc biệt quan trọng, việc sử dụng đồ chơi không chỉ là phương tiện giúp cho trẻ em giải trí mà còn giúp rèn luyện thể chất, trí thông minh và làm quen với môi trường xung quanh, thông qua việc tiếp xúc với đồ chơi trẻ có thể tìm tòi, khám phá, thao tác với các đồ vật... qua đó giúp trẻ phát triển một cách toàn diện [1].

Mỗi ngày, có rất nhiều món đồ chơi nhựa được sản xuất và bán ra thị trường với nhiều loại và hình dạng khác nhau nhằm thu hút người tiêu dùng. Tuy nhiên, ít ai biết được rằng trong những loại đồ chơi nhựa có chứa những thành phần độc hại gì và có khả năng phơi nhiễm như thế nào đối với trẻ em. Một nghiên cứu quốc tế đã đánh giá được các thành phần hóa học của đồ chơi và ước tính mức độ phơi nhiễm với các chất này, cuối cùng đã tìm được hơn 100 hóa chất có khả năng gây hại đến sức khỏe của trẻ nhỏ. Trong một nghiên cứu trước đây của Peter Fantke tại Trường Đại học Kỹ thuật Đan Mạch cho biết: “Trong số 419 hóa chất được tìm thấy trong vật liệu nhựa cứng, mềm và xốp được sử dụng trong đồ chơi trẻ em, các nhà khoa học đã xác định được 126 chất có thể gây hại cho sức khỏe của trẻ em thông qua việc tác động gây ung thư hoặc không gây ung thư, bao gồm 31 chất làm dẻo, 18 chất chống cháy và 8 chất tạo mùi thơm”. Trong quá trình sử dụng đồ chơi, trẻ em thường tiếp xúc với những chất độc hại này khi cầm nắm hoặc gặm, sau một thời gian dài những chất độc hại này từ từ ngấm vào cơ thể ảnh hưởng đến sức khỏe của trẻ hoặc gây nguy hiểm đến tính mạng. Tại Việt Nam, vấn đề về đồ chơi nhựa trẻ em chưa được quan tâm nhiều nên rất ít người biết trong những loại đồ chơi đó thường có chứa những thành phần gây hại và ảnh hưởng đến trẻ em như thế nào [2].

Vì vậy, đề tài nghiên cứu “Đánh giá nguy cơ phơi nhiễm từ các thành phần độc tính có chứa trong nhựa đồ chơi trẻ em” được thực hiện với 110 mẫu đồ chơi nhựa có nhiều màu sắc khác nhau nhằm tìm hiểu và phân tích các thành phần độc hại từ những loại đồ chơi nhựa khi trẻ em tiếp xúc trực tiếp bằng miệng. Từ đó, đánh giá được nguy cơ phơi nhiễm từ các thành phần độc tính có trong đồ chơi nhựa dựa theo thời gian phơi nhiễm và độ tuổi sử dụng. Từ đó, đưa ra những khuyến nghị cho trẻ em khi tiếp xúc với đồ chơi nhựa theo nhóm tuổi.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Đối tượng nghiên cứu

+ Trẻ em.

+ 70 mẫu đồ chơi nhựa màu sáng (vàng, hồng, xanh lá, trắng, cam, xanh biển, tím) và 40 mẫu đồ chơi nhựa màu tối (đen, đỏ, nâu, xám) không có nguồn gốc rõ ràng được thu thập trên thị trường.

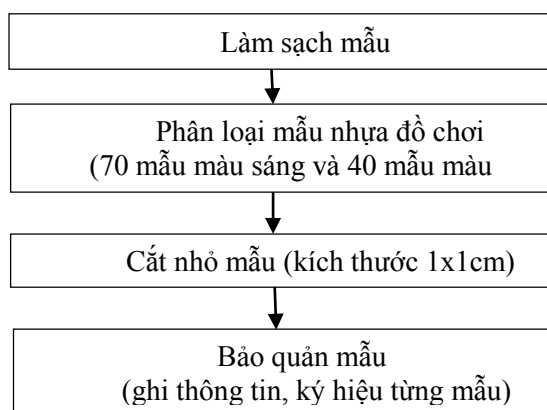
2.2 Phạm vi nghiên cứu

Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Tài nguyên Môi trường thuộc Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh.

2.3 Phương pháp nghiên cứu

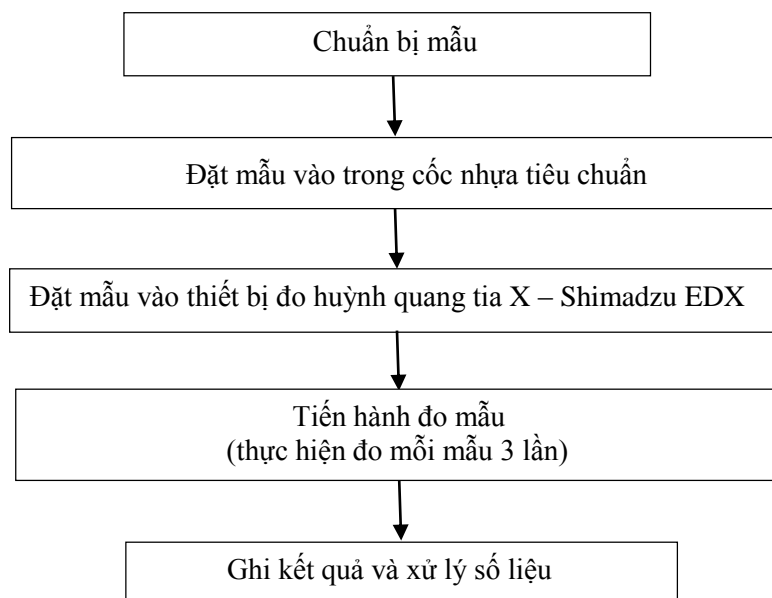
Phương pháp lựa chọn mẫu: mẫu đồ chơi bằng nhựa có nhiều màu sắc được lựa chọn để nghiên cứu bao gồm: 110 mẫu đồ chơi nhựa trôi nổi trên thị trường không có nguồn gốc rõ ràng được thu thập phục vụ cho quá trình nghiên cứu.

Phương pháp phân loại và xử lý mẫu: các mẫu đồ chơi nhựa được phân làm 2 nhóm bao gồm nhóm đồ chơi có màu sáng (vàng, hồng, tím, xanh lá, trắng, cam, xanh biển) và nhóm đồ chơi nhựa màu tối (đen, đỏ, nâu, xám). Các mẫu đồ chơi sau khi thu thập về sẽ tiến hành phá mẫu, cắt nhỏ theo kích thước 1x1 cm và bảo quản trong túi zip và ghi thông tin, ký hiệu của từng mẫu.



Hình 1. Quy trình xử lý mẫu nhựa đồ chơi trẻ em

Phương pháp đánh giá các thành phần độc tính bằng máy EDX – 7000: các mẫu phân tích được chứa trong cốc nhựa tiêu chuẩn đã được bọc màng polypropylene. Sử dụng thiết bị Quang phổ huỳnh quang tia X – Shimadzu EDX 7000 với ống phóng tia X có nguồn điện 50kV/1000 μ A để đánh giá thành phần độc tính có trong các mẫu phân tích với 9 chỉ tiêu bao gồm Clo (Cl), Antimon (Sb), Thủy Ngân (Hg), Chì (Pb), Brom (Br), Crom (Cr), Cadmium (Cd), Thiếc (Sn) và Lưu huỳnh (S) [3].



Hình 2. Quy trình đo mẫu bằng thiết bị quang phổ huỳnh quang tia X – Shimadzu EDX 7000

Cơ chế hoạt động của máy là tia X mang năng lượng bắn vào mẫu phân tích khi năng lượng đủ để một electron lớp trong cùng bật ra, sẽ có một electron lớp ngoài bù vào lỗ trống và phát ra một năng lượng photon. Năng lượng photon này đại diện cho một nguyên tố trong bảng tuần hoàn, từ đó định danh các nguyên tố trong mẫu vật. Thiết bị sẽ dùng đường chuẩn có sẵn để tính toán nồng độ nguyên tố vừa xác định [4].

Phương pháp so sánh: so sánh kết quả đo được từ thiết bị huỳnh quang EDX với tiêu chuẩn RoHS xem những mẫu nào có thành phần độc hại cao hơn so với quy định.

Phương pháp xử lý số liệu: số liệu đã đo từ thiết bị quang phổ huỳnh quang tia X – Shimadzu EDX 7000 được ghi nhận và xử lý bằng phần mềm Excel. Đánh giá nguy cơ phơi nhiễm của trẻ em dựa theo thời gian tiếp xúc và cân nặng bằng các công thức sau [5][6][7]:

Tiếp xúc qua miệng với kim loại trong đồ chơi:

$$CDI = C_{KL} \times \frac{ED}{BW} \quad (\mu\text{g/kg/ngày}) \quad (1)$$

Chỉ số nguy hiểm khi tiếp xúc với kim loại qua miệng:

$$HI = \frac{CDI}{RfD} \quad (\mu\text{g/kg/ngày}) \quad (2)$$

Nếu: $HI < 0,5$ ($\mu\text{g/kg/ngày}$): rủi ro phơi nhiễm thấp.

$0,5 < HI < 1$ ($\mu\text{g/kg/ngày}$): rủi ro phơi nhiễm trung bình.

$HI > 1$ ($\mu\text{g/kg/ngày}$): rủi ro phơi nhiễm cao.

Trong đó:

- CDI: lượng hóa chất hấp thụ hằng ngày bằng cách tiếp xúc qua miệng ($\mu\text{g/kg/ngày}$).

- C_{KL} : nồng độ kim loại (ppm).

- ED: thời lượng tiếp xúc (phút).

- BW: trọng lượng cơ thể (kg), theo WHO.

- HI: chỉ số nguy hiểm ($\mu\text{g/kg/ngày}$).

- RfD: liều tham chiếu ($\mu\text{g/kg/ngày}$), có giá trị lần lượt là Cd = 0,5; Pb = 3,6 ; Cr = 5; Sb = 0,4 [7];

Hg = 0,0003 [8]; Sn = 14000 [9]; Cl = 100, Br = 4 [10] ($\mu\text{g/kg/ngày}$).

Đối với S, liều tham chiếu được xác định dựa theo công thức [11]:

$$RfD = \frac{NOAEL}{UF \times MF} \quad (3)$$

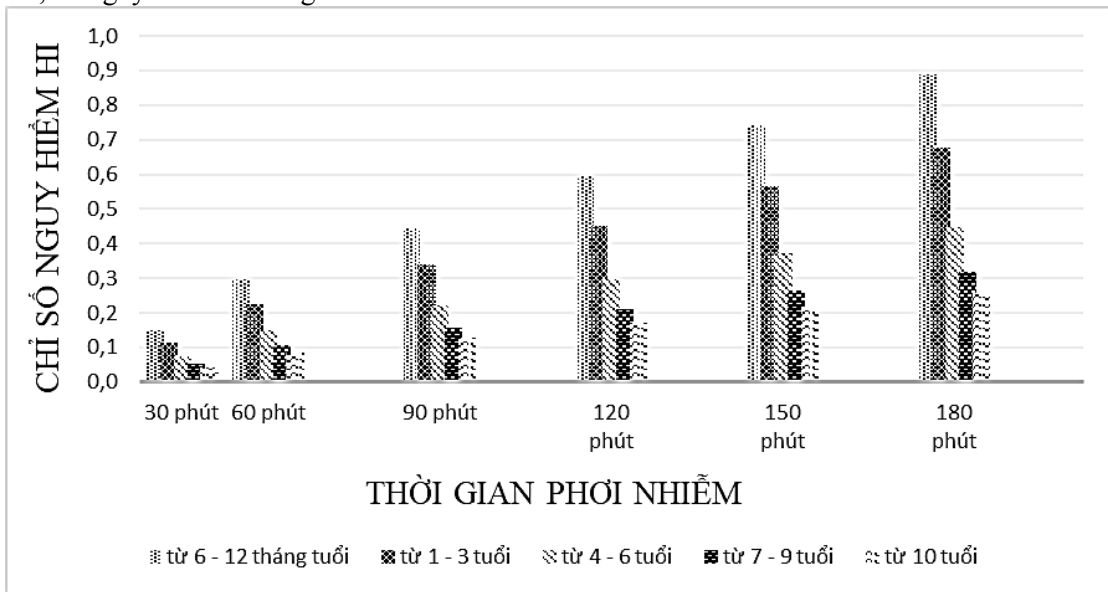
Trong đó:

- *NOAEL*: mức không gây ảnh hưởng (*NOAEL* của S = 100 µg/kg/ngày) [12].
- *UF*: chỉ số không chắc chắn (thường là bội số 10 của mỗi chỉ số).
- *MF*: chỉ số biến đổi (x10 cho sự biến thiên trong quần thể người - trẻ em).

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

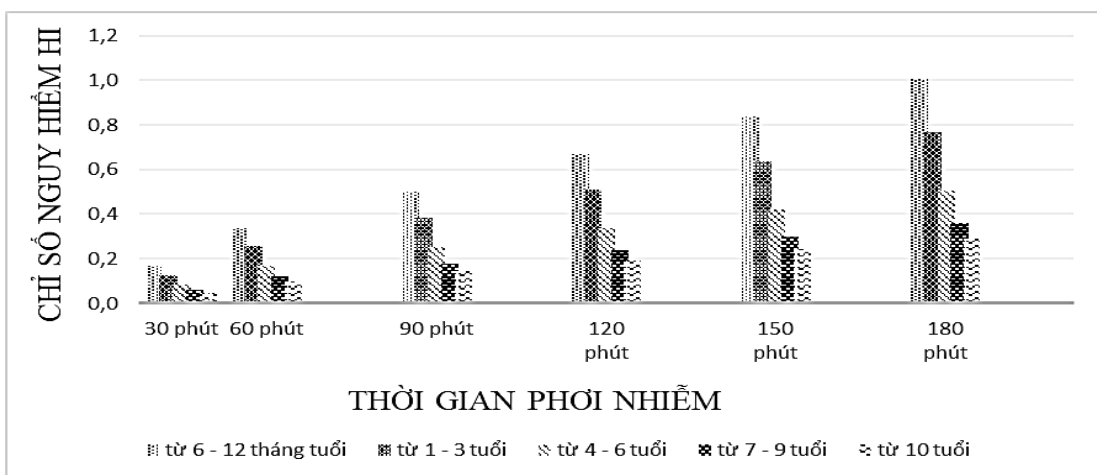
3.1 Kết quả tính toán nguy cơ phơi nhiễm đối với mẫu màu sáng

- Kết quả tính toán nguy cơ phơi nhiễm dựa theo công thức (1), (2) cho thấy nguy cơ phơi nhiễm đối với mẫu màu sáng có 3/7 màu chứa hàm lượng Lưu huỳnh (S) cao và 1/7 màu có hàm lượng Thủy ngân (Hg) cao, có nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe của trẻ em.



Hình 3. Biểu đồ thể hiện nguy cơ phơi nhiễm Lưu huỳnh (S) đối với mẫu màu vàng (màu sáng)

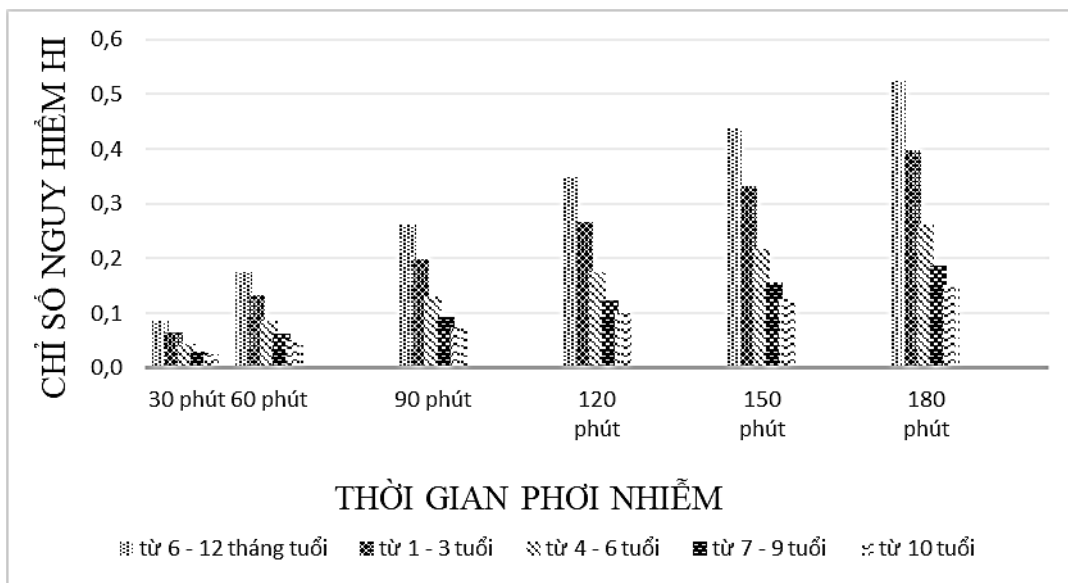
Nguồn: Biểu đồ được sử dụng từ phần mềm xử lý số liệu Microsoft Excel 365



Hình 4. Biểu đồ thể hiện nguy cơ phơi nhiễm Lưu huỳnh (S) đối với mẫu màu cam (màu sáng)

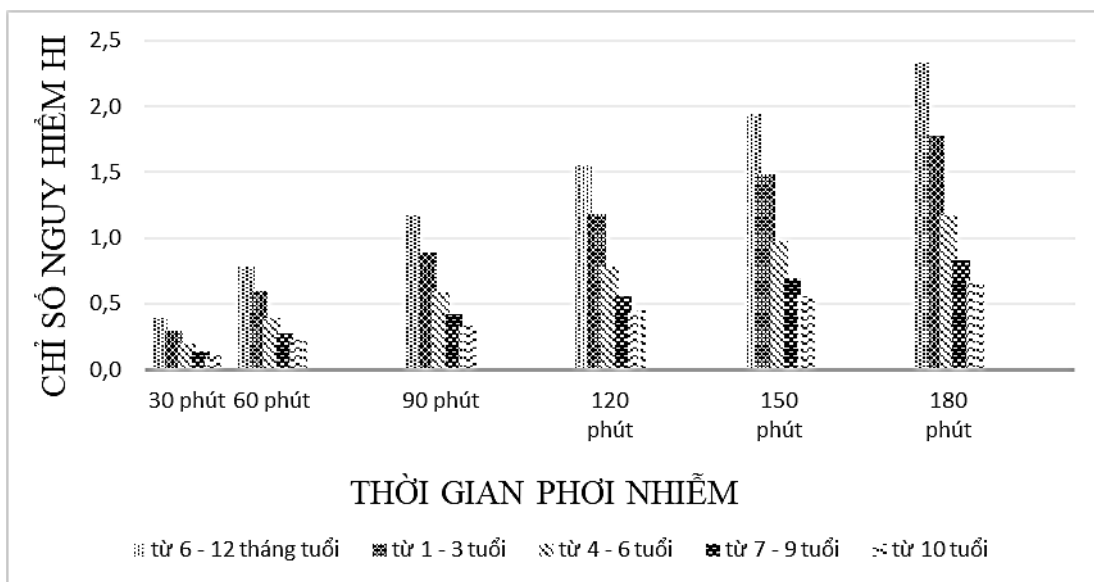
Nguồn: Biểu đồ được sử dụng từ phần mềm xử lý số liệu Microsoft Excel 365

Kết quả thể hiện ở Hình 3 cho thấy chỉ số HI: $0,5 < HI < 1$ cho thấy rủi ro sức khỏe của trẻ em do phơi nhiễm với S ở mức trung bình. Đối với trẻ em có độ tuổi càng nhỏ (từ 6 đến 12 tháng tuổi) thì lượng phơi nhiễm càng cao nếu thời gian tiếp xúc với đồ chơi nhựa càng nhiều. Ngoài ra, đối với đồ chơi này trẻ em không nên tiếp xúc quá 180 phút/ngày do lượng phơi nhiễm càng cao ảnh hưởng đến sức khỏe. Nguyên nhân chính dẫn đến nồng độ S cao trong mẫu là do S được sử dụng làm chất ổn định, tuy nhiên, S không thể tự tạo thành chất ổn định mà cần có chất hỗ trợ, quá trình tạo thành chất ổn định có nhiệt độ cao, thời gian phản ứng dài nên không tránh khỏi việc tạo ra các phụ phẩm có hại.



Hình 4. Biểu đồ thể hiện nguy cơ phơi nhiễm Lưu huỳnh (S) đối với mẫu màu tím (màu sáng)

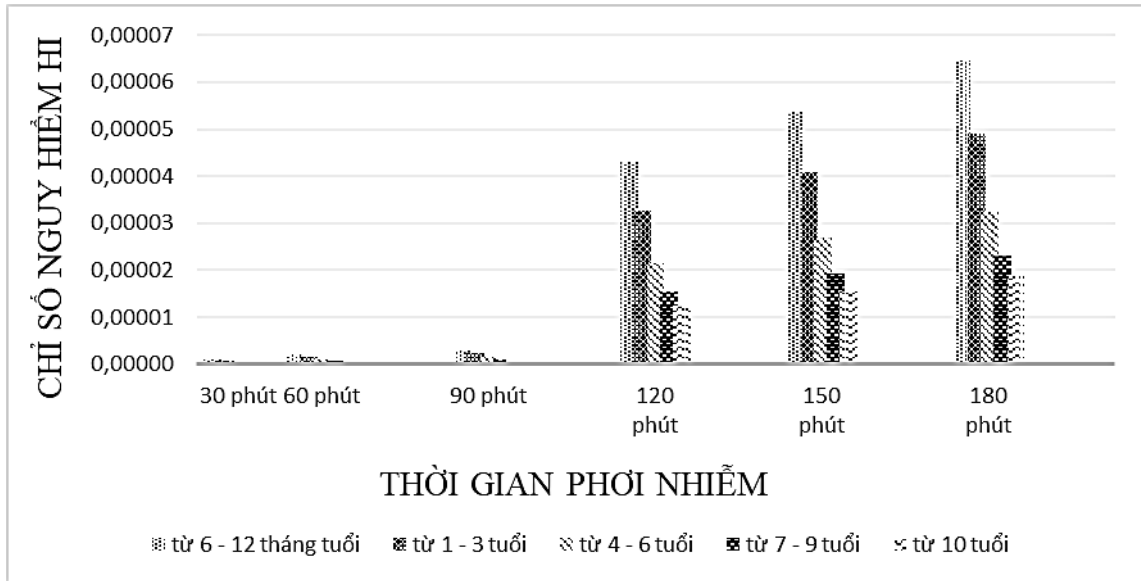
Nguồn: Biểu đồ được sử dụng từ phần mềm xử lý số liệu Microsoft Excel 365



Hình 6. Biểu đồ thể hiện nguy cơ phơi nhiễm Thủy ngân (Hg) đối với mẫu màu tím (màu sáng)

Nguồn: Biểu đồ được sử dụng từ phần mềm xử lý số liệu Microsoft Excel 365

Tuy nhiên, kết quả tính toán nguy cơ phơi nhiễm còn cho thấy đối với các chất khác từ các mẫu màu sáng có nguy cơ phơi nhiễm thấp ($HI < 0,5$), không gây ảnh hưởng đến sức khỏe trẻ em trong quá trình sử dụng:



Hình 7. Biểu đồ thể hiện nguy cơ phơi nhiễm Brom (Br) đối với mẫu màu hồng (màu sáng)

Nguồn: Biểu đồ được sử dụng từ phần mềm xử lý số liệu Microsoft Excel 365

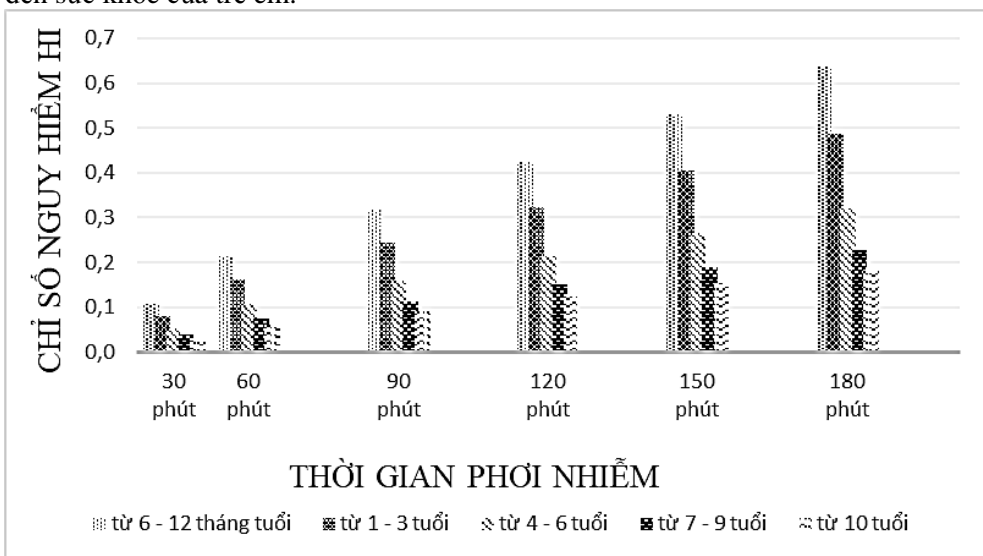
Tương tự nguy cơ phơi nhiễm Brom (Br) của mẫu màu hồng, các mẫu màu sáng khác có kết quả tính toán HI < 0,5 nên nguy cơ phơi nhiễm vào trẻ em trong thời gian sử dụng rất thấp.

Khuyến cáo đối với đồ chơi màu sáng:

- + Trẻ em từ 6 – 12 tháng tuổi: chỉ nên sử dụng đồ chơi trong vòng 30 phút/ngày để tránh ảnh hưởng đến sức khỏe.
- + Trẻ em từ 1 – 3 tuổi: có thể chơi đồ chơi trong khoảng thời gian 30 phút/ngày.
- + Trẻ em từ 4 - 6 tuổi: sử dụng đồ chơi trong vòng 60 phút/ngày để đảm bảo an toàn.
- + Trẻ em từ 7 - 9 tuổi: có thể sử dụng trong 90 phút/ngày.
- + Từ 10 tuổi: 120 phút/ngày là khoảng thời gian an toàn để đảm bảo sức khỏe của trẻ em.

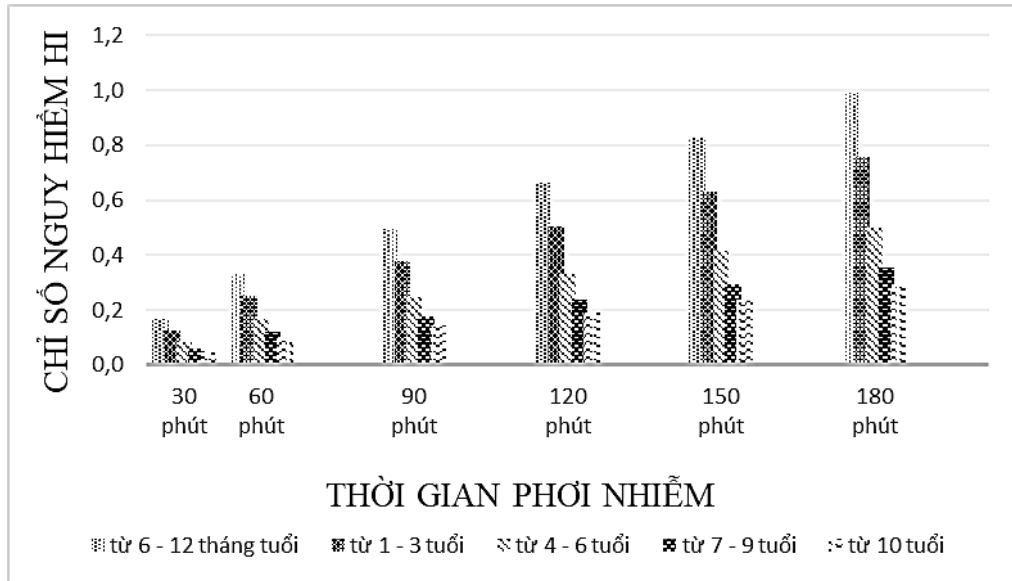
3.2 Kết quả tính toán nguy cơ phơi nhiễm đối với mẫu màu tối

- Kết quả tính toán chỉ số nguy hiểm của mẫu màu tối cho thấy 3/4 mẫu chứa hàm lượng Lưu huỳnh (S) ảnh hưởng đến sức khỏe của trẻ em.



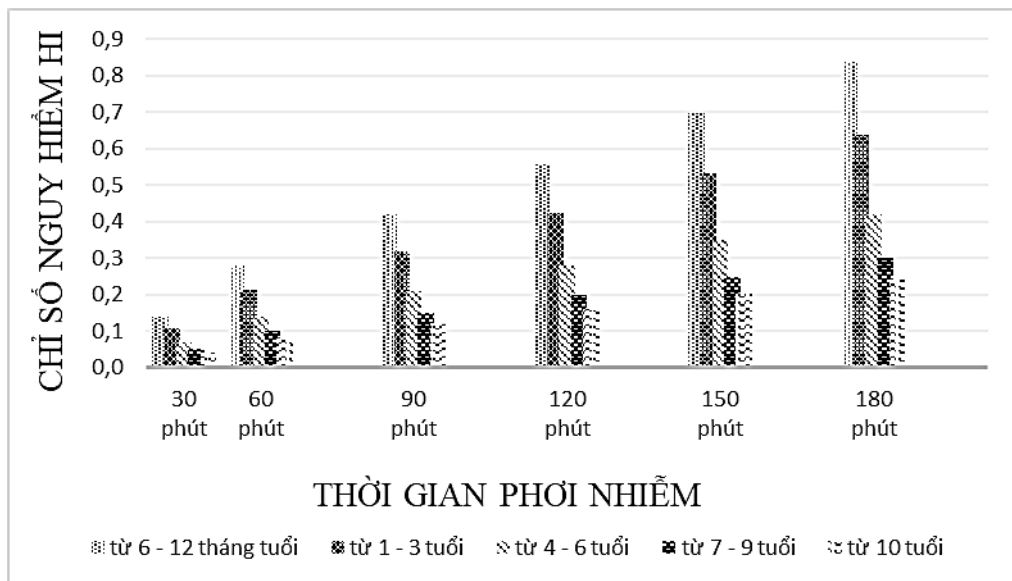
Hình 8. Biểu đồ thể hiện nguy cơ phơi nhiễm Lưu huỳnh (S) đối với mẫu màu đỏ (màu tối)

Nguồn: Biểu đồ được sử dụng từ phần mềm xử lý số liệu Microsoft Excel 365



Hình 9. Biểu đồ thể hiện nguy cơ phơi nhiễm Lưu huỳnh (S) đối với mẫu màu đen (màu tối)

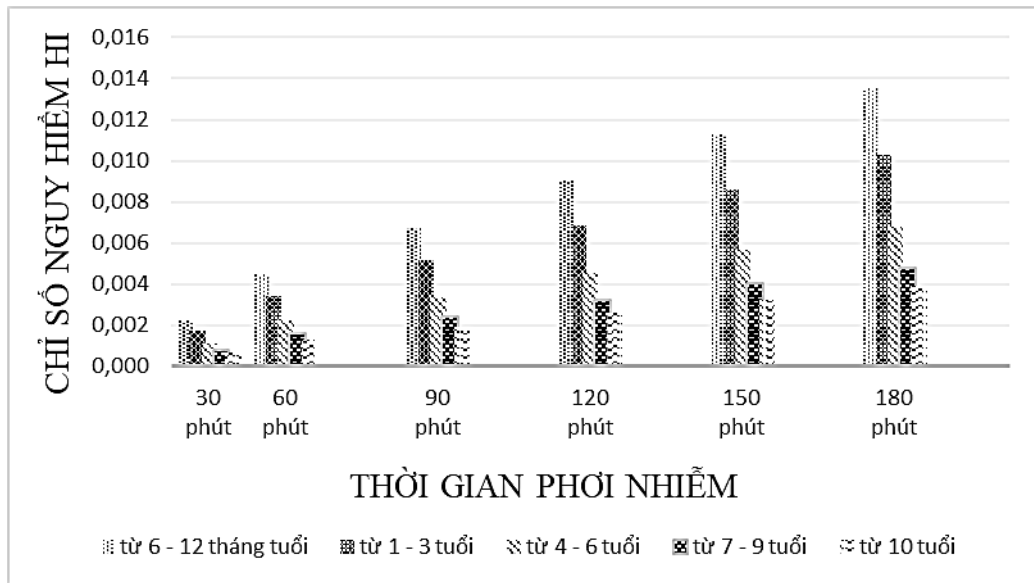
Nguồn: Biểu đồ được sử dụng từ phần mềm xử lý số liệu Microsoft Excel 365



Hình 10. Biểu đồ thể hiện nguy cơ phơi nhiễm Lưu huỳnh (S) đối với mẫu màu xám (màu tối)

Nguồn: Biểu đồ được sử dụng từ phần mềm xử lý số liệu Microsoft Excel 365

Tuy nhiên, kết quả tính toán còn cho thấy đối với các chất khác từ các mẫu màu tối có nguy cơ phơi nhiễm thấp ($HI < 0,5$), không gây ảnh hưởng đến sức khỏe trẻ em:



Hình 11. Biểu đồ thể hiện nguy cơ phơi nhiễm Clo (Cl) đối với mẫu màu đen (màu tối)

Nguồn: Biểu đồ được sử dụng từ phần mềm xử lý số liệu Microsoft Excel 365

Tương tự nguy cơ phơi nhiễm Clo (Cl) của mẫu màu đen, các mẫu màu tối khác có kết quả tính toán HI < 0,5 nên nguy cơ phơi nhiễm vào trẻ em trong thời gian sử dụng rất thấp.

Khuyến cáo đối với đồ chơi màu tối:

- + Trẻ em từ 6 - 12 tháng tuổi: có thể sử dụng đồ chơi 90 phút/ngày để đảm bảo an toàn.
- + Trẻ em từ 1 - 3 tuổi: sử dụng đồ chơi 90 phút/ngày để tránh ảnh hưởng đến sức khỏe.
- + Trẻ em từ 4 - 6 tuổi: có thể sử dụng đồ chơi trong khoảng 180 phút/ngày.
- + Trẻ em từ 7 - 9 tuổi: 180 phút/ngày là thời gian trẻ em có thể sử dụng đồ chơi để tránh rủi ro ảnh hưởng đến sức khỏe.
- + Trẻ em từ 10 tuổi: có thể sử dụng đồ chơi 180 phút/ngày.
- Tuy nhiên, những mẫu đồ chơi có màu sáng không nên cho trẻ em sử dụng quá 120 phút/ngày và với những đồ chơi màu tối chỉ nên sử dụng trong vòng 180 phút/ngày. Trẻ em có độ tuổi càng nhỏ nên hạn chế tiếp xúc với đồ chơi nhựa vì khi thời gian tiếp xúc càng lâu thì lượng phơi nhiễm các chất độc hại càng nhiều.

3.3 Nhận xét từ kết quả tính toán nguy cơ phơi nhiễm giữa đồ chơi mà sáng và màu tối

Nghiên cứu của Võ Thị Lệ Hà và Nguyễn Thu Hằng (2017) cho thấy sự khác nhau về màu sắc đã dẫn đến sự biến thiên giữa các hàm lượng kim loại của các mẫu phân tích và hàm lượng kim loại của các mẫu màu sáng lớn hơn các mẫu màu tối.

Tương tự như nghiên cứu trên, kết quả đánh giá nguy cơ phơi nhiễm của đề tài cũng đã phân tích được các mẫu màu sáng có xu hướng cao hơn các mẫu màu tối. Tuy nhiên, qua kết quả đánh giá nguy cơ phơi nhiễm dựa theo độ tuổi và thời gian tiếp xúc đã đưa ra khuyến cáo cho các mẫu đồ chơi như sau: những mẫu đồ chơi có màu sáng không nên cho trẻ em sử dụng quá 120 phút/ngày và với những đồ chơi màu tối chỉ nên sử dụng trong vòng 180 phút/ngày. Trẻ em có độ tuổi càng nhỏ nên hạn chế tiếp xúc với đồ chơi nhựa vì khi thời gian tiếp xúc càng lâu thì lượng phơi nhiễm các chất độc hại càng nhiều.

4 KẾT LUẬN

Việc quan tâm đến sức khỏe của trẻ em khi tiếp xúc với đồ chơi nhựa là một vấn đề quan trọng mà các phụ huynh cần lưu ý. Trong quá trình trẻ em tiếp xúc với đồ chơi và đặc biệt là đồ chơi được đặt vào miệng, có thể xảy ra nguy cơ bị phơi nhiễm các chất độc hại, gây hại đến sức khỏe và thậm chí gây nguy cơ mắc bệnh ung thư. Trong hầu hết các mẫu có nguyên tố Lưu huỳnh cũng là nguyên tố được phát hiện nhiều nhất. Qua kết quả nghiên cứu, có thể thấy đối với trẻ em có độ tuổi càng nhỏ thì nguy cơ phơi nhiễm với các chất độc

hại càng nhiều nên cần hạn chế thời gian cho trẻ tiếp xúc với đồ chơi nhựa để bảo đảm sức khỏe của trẻ trong quá trình sử dụng. Ngoài ra, các bậc phụ huynh nên lựa chọn những sản phẩm đồ chơi làm từ nhựa uy tín, chất lượng có ký hiệu an toàn như: tiêu chuẩn ASTM, tiêu chuẩn châu Âu CE, hợp quy CR... để đảm bảo cho sức khỏe cho trẻ em. Ưu tiên những loại đồ chơi an toàn đã được kiểm định và chứng nhận của cơ quan có thẩm quyền cho thấy đồ chơi đó đạt tiêu chuẩn an toàn. Tại Việt Nam, cần đưa ra các quy định nghiêm ngặt hơn về nồng độ các chất được sử dụng trong đồ chơi trẻ em. Kiểm soát những mặt hàng đồ chơi được nhập khẩu vào Việt Nam phải có nguồn gốc xuất xứ rõ ràng. Cần ban hành quy định về việc đăng ký và kiểm soát chất lượng cho các sản phẩm đồ chơi nhằm đảm bảo sự an toàn cho trẻ em.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Thị Nhài, "Hoạt động kinh doanh đồ chơi trẻ em ở Hà Nội trong những năm gần đây," 2013.
- [2] N. Aurisano, L. Huang, L. Milà i Canals, O. Jolliet, and P. Fantke, "Chemicals of concern in plastic toys," 2021.
- [3] N. T. Hoàng and N. T. Lan Bình " Khảo sát thói quen sử dụng nhựa và đánh giá độ an toàn của các vật dụng nhựa sử dụng ở một số hộ gia đình tại quận Gò Vấp, Thành phố Hồ Chí Minh," 2021.
- [4] " Edx-7000/8000/8100," 2017.
- [5] A. O. Oyeyiola, M. I. Akinyemi, I. E. Chiedu, O. T. Fatunsin, and K. O. Olayinka "Statistical analyses and risk assessment of potentially toxic metals (PTMS) in children's toys," 2017.
- [6] Z. N. Igweze, O. C. Ekhaton, and O. E. Orisakwe, " A pediatric health risk assessment of children's toys imported from China into Nigeria," 2020.
- [7] X. Y. Cui, S. W. Li, S. J. Zhang, Y. Y. Fan, and L. Q. Ma, " Toxic metals in children's toys and jewelry: Coupling bioaccessibility with risk assessment," 2015.
- [8] Thiep V. Vo, Yen T. Tran and Anh V. Hoang, " Assessment of heavy metals content and consumer health risk to *Siganus fuscescens* (Houttuyn, 1782) from Quang Binh province," 2020.
- [9] "TCVN 4832: 2009 "Tiêu chuẩn chung đối với các chất nhiễm bẩn và các độc tố trong thực phẩm".
- [10] P.S. Nekhoroshkov, J. Bezuidenhout, M.V. Frontasyeva, I.I. Zinicovskaia, N.S. Yushin, K.N. Vergel and L. Petrik, " Trace elements risk assessment for consumption of wild mussels along South Africa coastline," 2021.
- [11] Donald G. Barnes, Michael Dourson, " Reference dose (RfD): Description and use in health risk assessments," 1988.
- [12] Keng-Wen Lien, Dennis P.H. Hsieh, Hui-Ying Huang, Chiu-Hua Wu, Shih-Pei Ni, Min-Pei Ling, " Food safety risk assessment for estimating dietary intake of sulfites in the Taiwanese population," 2016.

YSC5.F205

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG TUYỂN NỔI ĐỂ LOẠI BỎ VI NHỰA TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC

TRẦN THỊ KIM LOAN¹, TRẦN NGỌC VŨ¹, NGUYỄN THỊ THANH TRÚC^{1*}

¹*Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý môi trường, Trường Đại học Công nghiệp
Thành phố Hồ Chí Minh*

nguyenthithanhtruc_vmt@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Vi nhựa (microplastic) là những mảnh nhựa nhỏ với kích thước <5 mm. Nghiên cứu trình bày phương pháp tuyển nổi để loại bỏ một số loại vi nhựa sơ cấp như: PP, ABS, HDPE, PET và thứ cấp như: PVC, PET, PE từ nhiều nguồn khác nhau khỏi môi trường nước. Dung dịch Methyl Isobutyl Carbinol (MIBC) được sử dụng để hỗ trợ tạo bọt trong tuyển nổi. Kết quả ghi nhận khi áp dụng phương pháp tuyển nổi bọt khí đã loại bỏ các mẫu vi nhựa sơ cấp và thứ cấp đạt 90-100% các hạt nhựa có kích thước từ 0,3 – 5 mm. Các điều kiện tối ưu bao gồm: thể tích dung dịch MIBC là 0.2 ml (trên 1500 ml nước), thời gian sục là 15 phút, không khuấy, tốc độ sục khí là 3 l/phút và khối lượng vi nhựa là 5 gam và kích thước bọt khí trung bình dao động khoảng $0,5 \pm 0,353$ (mm) . Như vậy việc sử dụng dung dịch tạo bọt MIBC trong quá trình phân tách vi nhựa bằng phương pháp tuyển nổi rất khả thi, dễ thực hiện và đặc biệt cho hiệu quả cao.

Từ khóa. vi nhựa, tuyển nổi, dung dịch tạo bọt, phân tách, MIBC

APPLICATION OF FLOTATION FOR MICROPLASTIC REMOVAL IN WATER

Abstract. Microplastics are small plastic particles with a size of <5 mm. A study presents a froth flotation method to remove some primary microplastics such as PP, ABS, HDPE, PET, and secondary microplastics such as PVC, PET, and PE from various sources in water environments. Methyl Isobutyl Carbinol (MIBC) solution is used to assist in froth generation during flotation. The results showed that applying the froth flotation method effectively removed 90-100% of primary and secondary microplastic particles ranging in size from 0.3-5 mm. Optimal conditions include a MIBC solution volume of 0.2 ml (per 1500 ml of water), a froth generation time of 15 minutes, no agitation, a gas flow rate of 3 L/min, and a microplastic mass of 5 g and average bubble size ranges from 0.5 ± 0.353 (mm). Therefore, using the MIBC solution in the froth flotation method to separate microplastics is feasible, easy to implement, and particularly effective.

Keywords. microplastics, froth flotation, froth generating solution, separation, MIBC

1 TỔNG QUAN

Vi nhựa là dạng chất ô nhiễm mới được xác định trong môi trường. Nhưng loại chất ô nhiễm này đang nhận được rất nhiều sự quan tâm của các nhà nghiên cứu trên toàn thế giới. Trong vài thập kỷ vừa qua, vi nhựa đã trở thành một chất ô nhiễm phổ biến trong đất và nước kể cả không khí dẫn đến mối đe dọa tiềm tàng đối với hệ sinh thái và sức khỏe con người. Nhựa là do con người tạo ra và khi nó "vỡ ra" sẽ tạo thành các mảnh nhựa nhỏ hơn và chúng được gọi là vi nhựa.

Vi nhựa (microplastic) là những phân tử nhựa rất nhỏ mà mắt thường không nhìn thấy được với kích thước từ 0,3–5 mm[1]. Vi nhựa là chất gây ô nhiễm khá phổ biến và hầu hết có mặt trong nước, trong chuỗi thức ăn của con người. Các nghiên cứu trước đây đã báo cáo rằng vi nhựa đã được coi là một loại chất ô nhiễm mới, gây ra thiệt hại kinh tế nghiêm trọng (khoảng 13 tỷ đô la mỗi năm) trong hệ sinh thái biển. Trong các loại này, vi nhựa thường được tách thành bốn loại: hạt nhựa tròn/đẹp (microbead), sợi nhựa mảnh (microfibers), màng nhựa mỏng (microfilms) và mảnh vỡ nhỏ (microfragment) [2].

Phân loại theo nguồn gốc vi nhựa được chia thành 2 loại: Vi nhựa sơ cấp (nguyên phát) là các hạt nhỏ được thiết kế cho mục đích thương mại, chẳng hạn như các thành phần trong các sản phẩm phẩm độ trong thú

bông, đồ chơi trẻ em chăm sóc cá nhân (mỹ phẩm, kem đánh răng, các sản phẩm tẩy tế bào chết, ...)[2] Một dạng phổ biến khác của vi nhựa sơ cấp là “nurdle”, là những hạt nhựa nhỏ nguyên sinh dùng làm nguyên liệu thô để tạo ra các sản phẩm nhựa. Vi nhựa thứ cấp (thứ phát) là các mảnh nhựa sinh ra từ sự phân hủy của các vật dụng bằng nhựa lớn hơn, chẳng hạn như chai nước, các đồ dùng bằng nhựa, lưới đánh cá, vải sợi...[3]. Hiện nay, việc thu gom vi nhựa gặp nhiều vấn đề khó khăn do kích thước khá nhỏ và chúng trôi nổi khắp mọi nơi vi nhựa cũng nguy hiểm, nếu không muốn nói là hơn rác thải nhựa thông thường. Nó cũng là nguyên nhân dẫn đến sự tuyệt chủng của một số sinh vật biển.

Một số phương pháp đã được chứng minh và áp dụng vào quy trình loại bỏ vi nhựa cụ thể như: Phương pháp lắng sơ cấp được Yusheng Pan và cộng sự (2023) đã trong một công bố liên quan đến loại bỏ hạt vi nhựa khỏi môi trường nước, đã cho thấy được quy trình đông tụ - kết bông - lắng được nhiều nhà máy xử lý nước thải sử dụng để loại bỏ các hạt vi nhựa ra khỏi môi trường nước. Dưới tác dụng của chất keo tụ, các chất keo và chất lơ lửng mịn trong nước kết lại thành bông và kết tủa. Quá trình đông tụ và lắng đọng cũng có thể được kết hợp với các công nghệ khác để loại bỏ vi nhựa trong nước uống[4]; Phương pháp xử lý bằng bùn sinh học: Hệ thống phản ứng sinh học đã loại bỏ vi nhựa chủ yếu thông qua sự ăn vào của vi sinh vật và sự hình thành các kết tụ bùn. Đặc biệt, các loại bùn đất đã được kích hoạt đã được thuần hóa có khả năng thúc đẩy sự tích tụ của vi nhựa trong các nhà máy xử lý nước thải. Bùn chứa vi nhựa được loại bỏ trong quá trình lắng thứ cấp tiếp theo. Hiệu suất chưa đạt được mục tối đa [5]; Phương pháp oxy hóa năng cao: Quá trình oxy hóa bằng Chlor và tia cực tím là những quá trình oxy hóa tiên tiến phổ biến nhất trong các nhà máy xử lý nước thải. Chlor được sử dụng rộng rãi như một chất khử trùng trong các nhà máy xử lý nước thải. Quá trình khử trùng bằng Chlor làm tăng mảnh nhỏ của vi nhựa vì sự nứt vỡ của vi nhựa [6]. Trong nghiên cứu của Devita Amelia và cộng sự (2022) đã nhấn mạnh ô nhiễm vi nhựa trong các hệ thống thủy sinh đang cần sự quan tâm đặc biệt. Vi nhựa có thể cần thời gian phân hủy lâu do cấu trúc phức tạp và tính kỵ nước [7]; Phương pháp sử dụng màng lọc: Các màng lọc có sự phân bố lỗ rỗng đồng đều đã được phổ biến rộng rãi áp dụng trong quá trình xử lý nước thải. Công nghệ lọc màng đã ngăn chặn vi nhựa trong nguồn nước bằng cách sử dụng các hình thức lọc qua các màng lọc khác nhau. Kích thước hạt vi nhựa lớn hơn kích thước lỗ màng siêu mịn (quy mô nano). Do đó vi nhựa bìa màng lọc hoàn toàn từ chối vì kích thước[8]. Nghiên cứu của Marie Enfrin và cộng sự (2020) trong công bố liên quan đến các khía cạnh động học và cơ học của sự tắc nghẽn màng siêu lọc bằng nano và microplastic[9]; Áp dụng tuyển nổi trong việc phân tách vi nhựa: Trong nghiên cứu của HongruJiang và cộng sự (2022), đã có nhiều phương pháp được đề xuất để loại bỏ vi nhựa khỏi dung dịch nước, tuy nhiên, các kỹ thuật được phát triển để loại bỏ vi nhựa khỏi trầm tích hiếm đã áp dụng một cách sáng tạo phương pháp tuyển nổi bọt để loại bỏ các vi nhựa khỏi trầm tích bãi biển và hồ. Ảnh hưởng của độ pH, độ mặn, độ ẩm, đặc tính của vi nhựa, loại trầm tích và thời gian ủ đối với quá trình tuyển nổi vi nhựa đã được nghiên cứu một cách có hệ thống. Lấy cảm hứng từ tính kỵ nước bề mặt của MP, tuyển nổi bọt được đánh giá để loại bỏ MP khỏi trầm tích[10]. Áp dụng phương pháp tuyển nổi được áp dụng trong việc phân tách vi nhựa rất nhiều. Nhưng việc áp dụng tuyển nổi để loại bỏ vi nhựa khỏi môi trường nước thì còn ít và hầu như chưa.

Phương pháp tuyển nổi sẽ được áp dụng trong loại bỏ vi nhựa vì cấu tạo của tuyển nổi đơn giản, chi phí thấp và có thể áp dụng trong quá trình phân tách và xử lý nước thải.

Vì vậy, “nghiên cứu ứng dụng tuyển nổi để loại bỏ vi nhựa trong môi trường nước” được thực hiện với mục đích loại bỏ vi nhựa khỏi môi trường nước máy/nước mặt (nước sông) để phục vụ cho đời sống. Đồng thời loại bỏ các vi nhựa (sơ cấp và thứ cấp) hiệu quả sử dụng dung dịch tạo bọt bằng phương pháp tuyển nổi. Từ đó, đề tài đề xuất quy trình áp dụng trong xử lý sơ bộ nước mặt nhằm hạn chế vi nhựa ảnh hưởng đến môi trường.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp thu thập và tổng hợp dữ liệu: Sử dụng phương pháp thu thập và tổng hợp dữ liệu nhằm tổng hợp các tài liệu liên quan đến đề tài nghiên cứu bao gồm các dữ liệu về phương pháp nghiên cứu, để tìm hiểu các cơ sở lý thuyết liên quan đến đề tài, đánh giá và so sánh kết quả khảo sát và các nghiên cứu của đề tài.

Phương pháp thực nghiệm

Đánh giá hiệu quả loại bỏ đơn vi nhựa

Các mẫu vi nhựa được sử dụng gồm vi nhựa sơ cấp và thứ cấp PP, PE, PET, ABS, HDPE Hòa tan 1,5 lít nước và lần lượt 0,2, 0,4 và 0,6 (ml) dung dịch tạo bọt MIBC (Methyl Isobutyl Carbinol) hoặc PPG

(Polypropylene glycol ethers), vào cột tuyền nổi khuấy đều, cho 2g mẫu nhựa mỗi loại vào cột tuyền nổi thực hiện tuyền nổi bằng thiết bị tuyền nổi để ở nhiệt độ phòng, với pH 5 – 6 trong thời gian 2 phút, cố định tốc độ sục khí ở 3 L/min. Được áp dụng cho từng mẫu nhựa sơ cấp và thứ cấp và phân tích các mẫu nhựa trộn hỗn hợp giữa sơ cấp và thứ cấp với nhau.

- Loại chất tạo bọt: MIBC
- Thể tích dung dịch tạo bọt (0; 0.2; 0.4; 0.6 mL)
- Tốc độ sục khí: 0,5; 1; 2, 3, 4 L/phút
- Thời gian sục khí: 1, 2, 5, 10, 15 phút
- Khối lượng mẫu vi nhựa (2g, 5g, 10g, 20g)

Mỗi thí nghiệm được thực hiện 3 lần, kết quả là giá trị trung bình của 3 lần thực nghiệm tại mỗi điều kiện đánh giá.

Đánh giá hiệu quả loại bỏ hỗn hợp vi nhựa

Trộn hỗn hợp các mẫu vi nhựa sơ cấp và thứ cấp PP, PE, PET, ABS, HDPE với nhau. Hòa tan 1,5 lít nước lần lượt là 0,2, 0,4 và 0,6 (ml) dung dịch tạo bọt MIBC vào cột tuyền nổi và khuấy đều. Cho 10g hỗn hợp các mẫu vi nhữ (tương ứng với 2g/mẫu vi nhựa).

Đánh giá hiệu quả loại vi nhựa dựa trên độ thu hồi. Công thức được tính toán như sau:

$$TH_{Pi\ nổi} = \frac{Pi_{nổi}}{\sum Pi} \times 100\%$$

- TH_{nổi}: Độ thu hồi mẫu nhựa nổi trên bề mặt cột hệ thống tuyền nổi.
- Pi: là các thành phần nhựa thải PP, PET, PE (Sợi, sợi lưới, túi bóng), ABS, PVC và HDPE.

Bảng 1. Mô tả nghiệm thức thí nghiệm đánh giá các điều kiện tối ưu cho quá trình loại bỏ đơn vi nhựa bằng tuyền nổi

Điều kiện		Điều kiện thực hiện	Điều kiện tối ưu
Thể tích tuyền nổi	1.5 l nước máy/nước mặt (nước sông)	Tốc độ sục khí 3l/phút, thời gian tuyền nổi 2 phút và khối lượng mẫu vi nhựa 5 g V dung dịch tạo bọt: 0,2 ml	
Thể tích dung dịch tạo bọt (MIBC)	0; 0,2; 0,4; 0,6ml		
Tốc độ sục khí	0,5; 1; 2; 3; 4l/phút	V dung dịch 0.2 ml, thời gian tuyền nổi 2 phút, khối lượng mẫu vi nhựa 5	Tốc độ sục khí: 3l/phút
Thời gian tuyền nổi	1, 2, 5, 10, 15 phút	V dung dịch 0,2 ml, tốc độ sục khí 3l/phút, khối lượng mẫu vi nhựa 5 g	Thời gian tuyền nổi: 5 phút
Khối lượng vi nhựa	2, 5; 10; 20 g	V dung dịch 0.2 ml, tốc độ sục khí 3l/phút, thời gian sục khí 5 phút.	Khối lượng vi nhựa: 10 g

Từ các điều kiện tối ưu về V dung dịch, tốc độ, thời gian, khối lượng vi nhựa. Theo kết quả từ bảng nghiên cứu trên 0,2ml dung dịch tạo bọt, tốc độ sục khí 3l/phút, 5 phút tuyền nổi và khối lượng mẫu vi nhựa 10 g đạt điều kiện tối ưu nhất.

Phương pháp xử lý số liệu: Dữ liệu thí nghiệm đánh giá khả năng loại bỏ đơn vi nhựa và hỗn hợp vi nhựa bằng phương pháp tuyền nổi dựa trên các điều kiện tối ưu nhất trong môi trường nước máy và môi trường nước sông.

Phương pháp đo kích thước bọt khí: Thí nghiệm được thực hiện như trong quá trình đề xuất phân tách vi nhựa. Trong quá trình phân tách thời gian sục khí 2 phút lấy ngẫu nhiên 5 bong bóng với kích thước khác nhau thực hiện đo kích thước tính trung bình kích thước 5 bong bóng này để xác định được đường kính trung bình của bọt khí. Để xác định chính xác đường kính mỗi thí nghiệm cần được lặp lại 3 lần

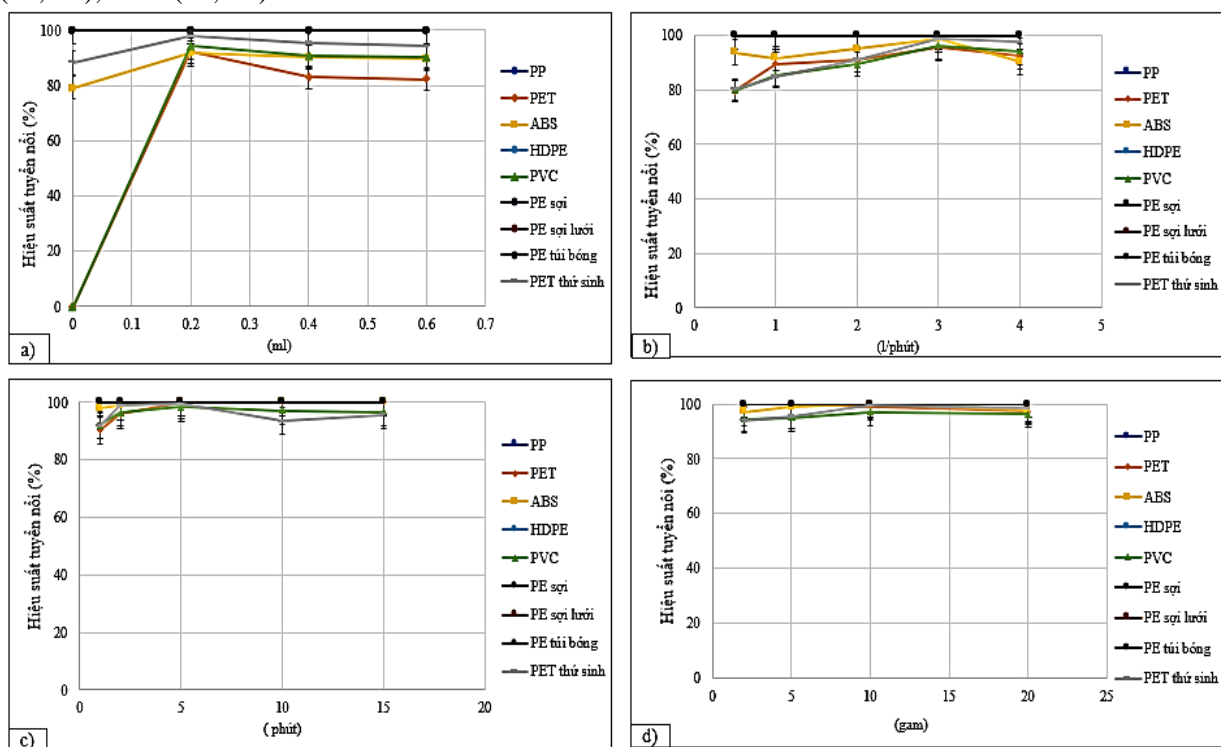
Phương pháp đo góc tiếp xúc: Góc tiếp xúc là một trong những cách phổ biến để đo độ thấm ướt của bề mặt vật liệu. Độ thấm ướt càng lớn thì góc tiếp xúc càng nhỏ. Chất lỏng thấm ướt là chất lỏng tạo thành góc tiếp xúc với chất rắn nhỏ hơn 90°, trong khi đó, chất lỏng không thấm ướt tạo góc tiếp xúc từ 90 đến 180° với chất rắn[11]. Góc tiếp xúc đo bằng cách nhỏ 2 μm dung dịch nước cất lên bề mặt vi nhựa bằng micropipet và chụp lại bằng điện thoại và camera. Đo độ tiếp xúc bằng ứng dụng ImageJ [12].

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hiệu quả loại đơn vi nhựa khỏi môi trường nước máy

Theo Hình 1a cho thấy khi thay đổi thể tích dung dịch tạo bọt mẫu vi nhựa PE (Sợi, lưới, túi bóng) luôn luôn nổi vì tỉ trọng nhỏ hơn nước có tỉ trọng là 0,935 - 0,930 g/cm³. Không chỉ mẫu vi nhựa PE mà vi nhựa PP, HDPE cũng có tỉ trọng nhỏ hơn nước. Bên cạnh đó với các mẫu vi nhựa khác có tỉ trọng nhỏ hơn nước như PET, ABS, PVC, HDPE có tỉ trọng lớn hơn nước thì khi cho vào nước sẽ chìm nhưng khi tăng thể tích tạo bọt thì chúng có khả năng hấp thụ bọt khí và đẩy mẫu vi nhựa lên khỏi mặt nước thì đạt hiệu suất cao nhất suất 0,2 ml thể tích tạo bọt sau khi càng tăng thể tích tạo bọt thì hiệu suất tuyển nổi bị giảm xuống do lượng thể tích tăng và dẫn đến bọt khí quá khí, trong quá trình tuyển nổi bọt khí dễ tiếp xúc và va chạm vào nhau dẫn đến tình trạng dễ vỡ bọt khí sẽ không nâng và đưa được các mẫu vi nhựa lên khỏi mặt nước. Như vậy 0,2 ml thể tích MIBC là điều kiện tối ưu nhất.

Bên cạnh đó tốc độ sục khí cũng ảnh hưởng đến quá trình tuyển nổi và hiệu suất tuyển nổi Hình 1b Tốc độ sục khí càng tăng thì hỗ trợ cho quá trình loại bỏ vi nhựa cụ thể như đối với mẫu vi nhựa nguyên sinh như PP, HDPE và PE (Sợi, sợi lưới, túi bóng) đạt hiệu suất tuyển nổi 100%. Các vi nhựa còn lại ở tốc độ sục khí 0.5l/phút vi nhựa PET đạt (79,6%), ABS (93,8%), PET thứ sinh (80,2%), PVC (79,8%). Khi tăng tốc độ sục khí lên 1l/phút thì hiệu suất tuyển nổi tăng cụ thể như PET đạt (89,6%), đạt hiệu suất tối ưu nhất ABS (91,6%), PET thứ sinh (85%), PVC (85,6%). Trong quá trình tuyển nổi khi tăng tốc độ sục khí đến mức tối đa nhất 3l/phút thì hiệu suất tuyển nổi tăng đáng kể PET (95,8%), PET thứ sinh (98,8%) và PVC (96,4%), ABS (98,8%).



Hình 1: Ảnh hưởng của các điều kiện (a)_ Thể tích dung dịch tạo bọt MIBC, (b)_ Tốc độ sục khí, (c)_ Thời gian tuyển nổi, (d)_ Khối lượng đơn vi nhựa lên hiệu quả loại bỏ đơn vi nhựa trong môi trường nước máy.

Đánh giá ảnh hưởng bởi thời gian sục khí tuyển nổi thí nghiệm được tiến hành với các mẫu nhựa như trên Hình 1c. Là một trong những điều kiện quan trọng để đạt được hiệu suất tuyển nổi tối ưu nhất thì ở thời gian tuyển nổi 1 phút thì kết quả của các mẫu vi nhựa như PET (90,2%), ABS (97,8%), PET thứ sinh (94%), PVC (92%). Nhưng khi kéo dài thời gian sục khí từ 1 phút đến 5 phút thì kết quả đã thay đổi cụ thể như PET (100%), ABS (100%), PET thứ sinh (99,4%) và PVC (96,6%). Vậy ở điều kiện thời gian sục khí 5 phút là điều kiện tối ưu nhất cho quá trình tuyển nổi phân tách vi nhựa bằng dung dịch MIBC.

Kết quả từ Hình 1d cho thấy khối lượng là điều kiện cuối cùng trong quá trình tuyển nổi. Khi khối lượng vi 2g thì hiệu suất tuyển nổi của PP, HDPE, PE (Sợi, sợi lưới, túi bóng) đạt 100%, PET thứ sinh (94%) và cuối cùng là PVC (94,5%). Khi tăng khối lượng vi nhựa lên 10g thì hầu hết các mẫu vi nhựa đạt kết quả tối

ưu nhất đạt 100% cụ thể như PP, HDPE, PET, ABS, PE (Sợi, sợi lưới, túi bóng) PVC (97%), PET thứ sinh (99,4%) ở khối lượng 10g. Như vậy nhìn chung hiệu suất tuyển nổi đạt kết quả tối ưu nhất ở khối lượng 10g.

Như vậy để phân tách vi nhựa khi sử dụng tuyển nổi bằng dung dịch tạo bọt MIBC thì các điều kiện tối ưu được thực hiện khi thể tích dung dịch tạo bọt 0,2ml, tốc độ sục khí 3l/phút, thời gian sục khí 5 phút, khối lượng vi nhựa 5g và trong điều kiện không khuấy.

Hiệu quả loại đơn vi khối môi trường nước mặt (nước sông)

Cũng như môi trường nước mặt, nước sông cũng sử dụng dung dịch MIBC để loại bỏ đơn vi nhựa bằng tuyển nổi. Hình a cho thấy được thể tích dung dịch tạo bọt cũng ảnh hưởng đến quá trình tuyển nổi và hiệu suất tuyển. Ở điều kiện thường khi chưa thêm dung dịch tạo bọt MIBC vào tuyển nổi thì hiệu suất tuyển nổi thấp và có vi nhựa hoàn toàn không nổi trên bề mặt nước như PVC và PET (0%), PET thứ sinh (87,7%), ABC (11,2%).

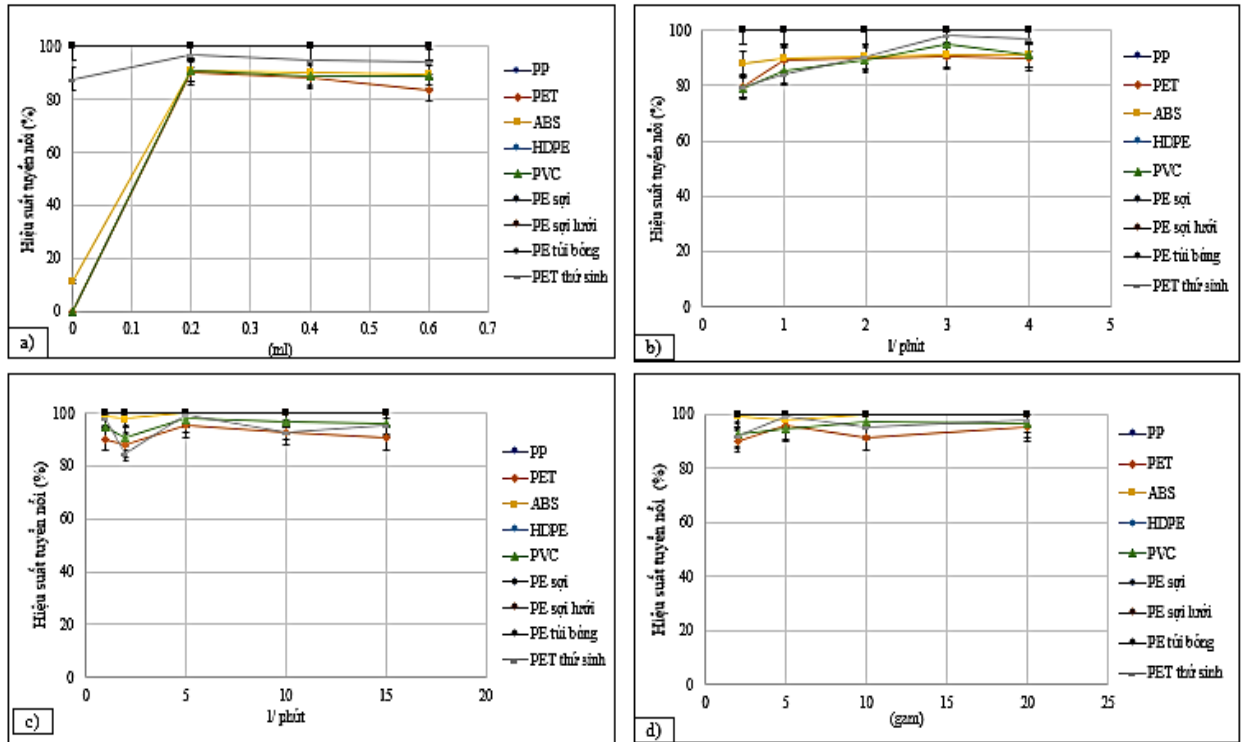
Các mẫu nhựa còn lại như PP, HDPE, PE sợi, PE sợi lưới, PE túi bóng thì luôn luôn có hiệu suất 100% nổi trên bề mặt tuyển nổi trong mọi điều kiện. Nhưng khi tăng thể tích tuyển nổi 0,2ml quá trình tách vi nhựa và hiệu suất tuyển nổi thay đổi rõ rệt cụ thể ở vi nhựa PE đạt 90% so với lúc ban đầu, ABS và PVC đều đạt (91,2%), PE thứ sinh (97,2%). Thử thay đổi điều kiện thể tích và tăng thêm dung dịch tạo bọt đến 0.4ml kết quả cho thấy hiệu suất tuyển nổi giảm cụ thể ở mẫu vi nhựa PVC giảm chỉ còn 89%, PET (88,4%). Vì trong quá trình tuyển nổi quá nhiều thể tích dung dịch dẫn đến nhiều bọt khí và trong điều kiện tuyển nổi chúng có thể bị va chạm và chen chúc gây tình trạng vỡ bọt khí và giảm hiệu suất tuyển nổi. Như vậy, để có hiệu suất tuyển nổi tối ưu nhất thì thể tích dung dịch tạo bọt là 0,2ml.

Hình 2b là tốc độ sục khí thay đổi trong quá trình tuyển nổi để đạt hiệu suất tuyển nổi tối ưu nhất. Nhìn biểu đồ ta có thể thấy được ở tốc độ sục khí 0,5l/phút hiệu suất tuyển nổi nhìn chung khá thấp so với mặt bằng chung cụ thể như PET (79,9%), ABS (88,2%), PV (79%), PET thứ sinh (79,6%). Nhưng khi tăng tốc độ sục khí lên 3l/phút hiệu suất tuyển nổi tăng rõ rệt như mẫu PET thứ sinh và PVC đều đạt được (98,4%), PET (90,4%), ABS (91,4%). Nhưng khi tăng tốc độ sục khí lên 4l/phút thì hiệu suất tuyển nổi giảm ABS và PVC giảm xuống còn (91,2%). Từ đó ta có thể kết luận được rằng ở tốc độ sục khí 3l/phút là điều kiện để phân tách vi nhựa đạt hiệu quả tối ưu nhất.

Thời gian sục khí là điều kiện thứ 3 trong quá trình phân tách vi nhựa bằng phương pháp tuyển nổi Hình 2c. Ở thời gian sục khí ban đầu là 1 phút thì hiệu suất tuyển nổi của các mẫu vi nhựa như PE (90, 2%), ABS (98,8%), PVC (94,8%), PET thứ sinh (98,4%).

Nhưng khi thay đổi thời gian sục khí tuyển nổi lên 5 phút thì hiệu suất tuyển nổi cũng tăng theo cụ thể như PET tăng 5,4% so với thời gian ban đầu và đạt (95,6%), ABS (100%) hiệu suất tối ưu nhất, PVC (97,8%), PET thứ sinh (99,2%). Chưa dừng lại tiếp tục thay đổi thời gian sục khí và kéo dài thời gian sục khí lên 15 phút thì hiệu suất tuyển nổi vi nhựa giảm do quá trình tuyển nổi kéo dài và do tác động của không khí bên ngoài dẫn đến mức độ duy trì của bọt bóng trên vi nhựa giảm và gây vỡ, sau khi vỡ vi nhựa sẽ chìm xuống bề mặt tuyển nổi và hiệu suất giảm dần, vi nhựa PET giảm xuống chỉ còn 90,6%, PVC (96,2%) và PET thứ sinh (95,2%). Do đó, ở thời gian 5 phút cho kết quả tối ưu nhất trong quá trình tuyển nổi.

Nhìn Hình 2d như trên đã cho thấy được khi khối lượng thay đổi sẽ kéo theo hiệu suất tuyển nổi thay đổi. Khối lượng vi nhựa ban đầu ở mức 2 gam thì hiệu suất tuyển nổi của PET (90,2%), ABS (94,5%), PVC (92,5%), PET thứ sinh (92%). Nhưng khi tăng khối lượng vi nhựa lên 5 gam hiệu suất đạt kết quả cao hơn ban đầu như PET (95,6%), ABS (98,8%), PET thứ sinh (99,2%) riêng đối với mẫu vi nhựa PVC (96,9%) ở điều kiện 10g khối lượng vi nhựa. Với các mẫu vi nhựa như PP, HDPE nguyên sinh và PE (Sợi, sợi lưới, túi bóng) đều có hiệu suất tối đa 100% trong mọi điều kiện. Vậy điều kiện cuối cùng là khối lượng vi nhựa ở 5g là điều kiện tối ưu nhất.



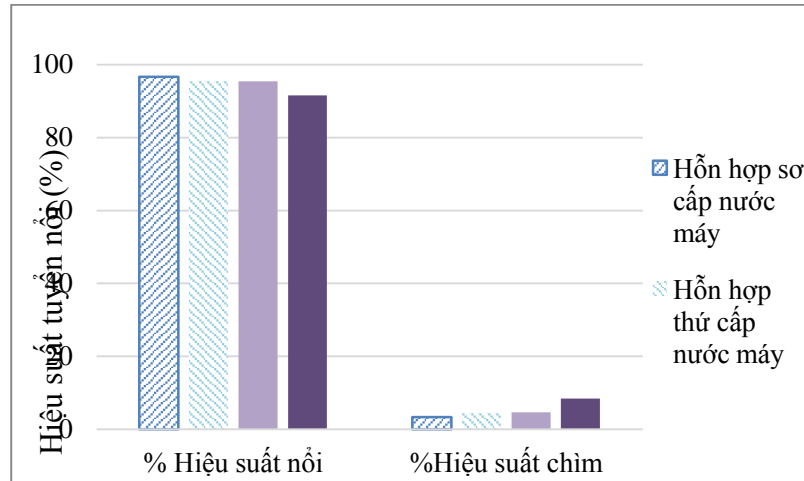
Hình 2. Ảnh hưởng của các điều kiện (a)_Thể tích dung dịch tạo bọt MIBC, (b)_Tốc độ sục khí, (c)_Thời gian tuyển nổi, (d)_Khối lượng đơn vị nhựa lên hiệu quả loại bỏ đơn vị nhựa trong môi trường nước mặt (nước sông)



Hình 3: Vi nhựa trong môi trường nước máy/nước mặt (nước sông) tuyển nổi bằng dung dịch MIBC

Hiệu quả loại hỗn hợp vi nhựa bằng tuyển nổi trong môi trường nước máy/nước mặt (nước sông)

Hình 3 là kết quả của việc loại bỏ hỗn hợp vi nhựa bằng dung dịch tạo bọt MIBC trong môi trường nước máy/nước mặt (nước sông). Hiệu suất tuyển nổi ở điều kiện thể tích dung dịch tạo bọt MIBC 0,2ml, tốc độ sục khí 3l/phút, thời gian sục khí 5 phút, khối lượng vi nhựa 5g, không khuấy. Hiệu suất tuyển nổi của hỗn hợp vi nhựa sơ cấp và thứ cấp được tuyển nổi trong môi trường nước máy đạt kết quả cao hơn so với hỗn hợp vi nhựa được tuyển nổi trong môi trường nước máy/nước mặt (nước sông).



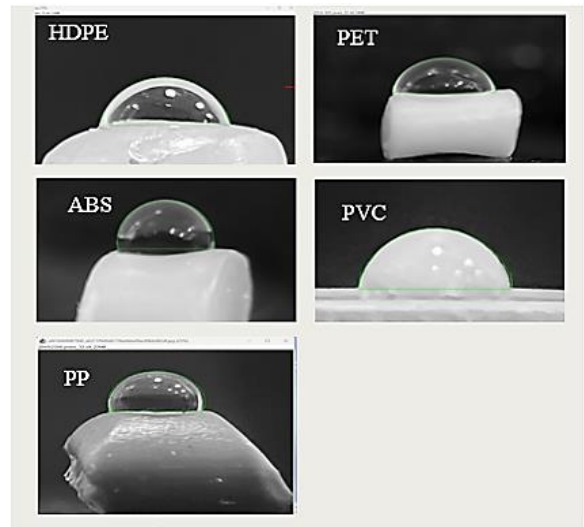
Hình 4. Hiệu quả loại hỗn hợp vi nhựa bằng tuyển nổi sử dụng dung dịch tạo MIBC trong môi trường nước máy/nước mặt (nước sông)

Cụ thể trong Hình 3 môi trường nước máy hỗn hợp sơ cấp (PP, HDPE, PET, ABS) đạt 96,7% hiệu suất nổi và 3,3% hiệu suất chìm, hỗn hợp thứ cấp (PVC, PET thứ sinh, PE sợi, PE sợi lưới, PE túi bóng) đạt 95,5%. Tuyển nổi trong môi trường nước sông thì hiệu suất có dấu hiệu giảm vì trong môi trường nước sông chứa một số kim loại và vi khuẩn mắt nhìn không thể thấy được nên dẫn đến hiệu suất tuyển nổi sẽ giảm cụ thể trong hỗn hợp vi nhựa sơ cấp đạt 95,4% hiệu suất nổi và 4,6% hiệu suất chìm, hỗn hợp vi nhựa thứ cấp 91% hiệu suất nổi và còn lại là 8,4% hiệu suất chìm trên điều kiện chuẩn đạt tối đa 100% hiệu suất tối đa.

Góc tiếp xúc

Bảng 2. Kết quả đo góc tiếp xúc của vi nhựa

Mẫu nhựa	Góc tiếp xúc (°)
HDPE	87,6 ± 3,6
ABS	105,8 ± 0,5
PP	102,47 ± 1,3
PET	85,6 ± 1,1
PVC	81,11 ± 0,73



Hình 5: Góc tiếp xúc của vi nhựa

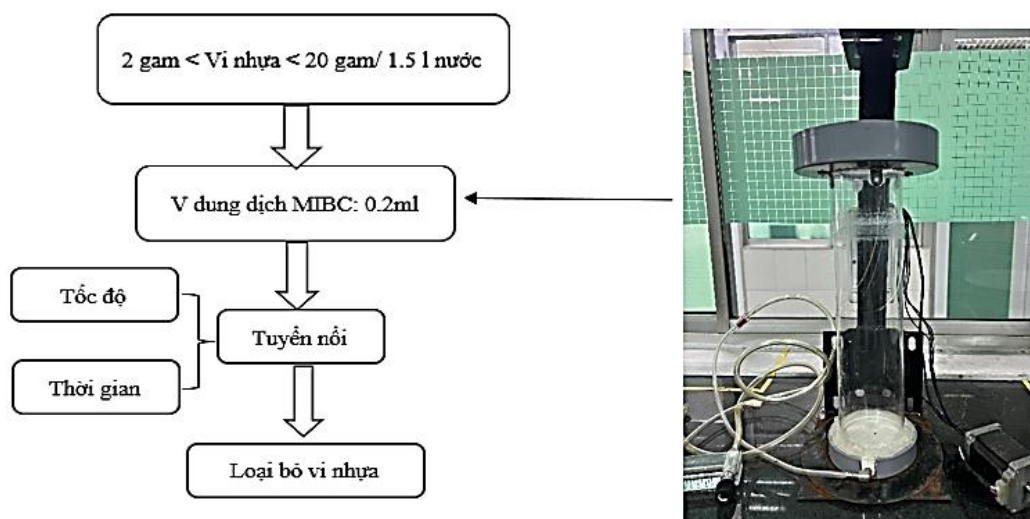
Hình ảnh và bảng kết quả đo góc tiếp xúc của vi nhựa và môi trường nước. Trong môi trường nước khi bề mặt vi nhựa có khả năng thấm nước cao sẽ gây ra ảnh hưởng trong quá trình tuyển nổi tách vi nhựa ra khỏi môi trường nước. Nhưng nhìn chung các mẫu vi nhựa trong quá trình làm thí nghiệm có khả năng thấm nước hầu như không và có tính kỵ nước cao. Điều này tương ứng với đặc tính kỵ nước tự nhiên của nhựa theo kết luận của các nghiên cứu khác [13], các bọt khí dễ dàng bám vào bề mặt vi nhựa giúp đẩy nhựa lên khỏi cột tuyển nổi và vào máng hứng. Từ đó có thể cho ta thấy quá trình phân tách vi nhựa ra khỏi môi trường nước có thể đạt kết quả tối ưu nhất trong điều kiện tối ưu.

Kích thước bọt khí: Kích thước bọt khí dao động $0,5 \pm 0,353$ (mm). Thể tích dung dịch MIBC ở điều kiện chuẩn cũng ảnh hưởng đến khả năng tạo kích thước bọt khí. Khả năng tiếp xúc của vi nhựa và bề mặt tuyển nổi trong môi trường nước ổn định và bền.

Bảng 3. Bảng kết quả đo kích thước bọt khí

Lần đo	MIBC
	(mm)
1	0,5
2	1,0
3	1,5
4	0,5
5	1,0
6	0,5
7	1,0
8	1,0
9	1,0
10	1,2
Trung bình	0,5 ± 0,353

Đề xuất quy trình phân tách vi nhựa bằng phương pháp tuyển nổi



Hình 6. Đề xuất quy trình loại bỏ vi nhựa trong môi trường nước bằng dung dịch tạo bọt MIBC

Cho khối lượng mẫu vi nhựa nằm trong khoảng 2 g < Vi nhựa < 20 g cho vào tuyển nổi với 1,5 l nước máy/nước mặt (nước sông) cố định với điều kiện tối ưu là 0,2 ml thể tích dung dịch tạo bọt MIBC. Trong quá trình tiến hành tuyển nổi với tốc độ sục khí 3l/phút trong thời gian 5 phút cho được hiệu suất tuyển tối ưu nhất như Hình 6.

4 KẾT LUẬN

Kết quả loại bỏ vi nhựa sử dụng dung dịch MIBC có điều kiện tối ưu thể tích dung dịch tạo bọt 0,2ml, tốc độ sục khí 3l/phút, thời gian sục khí 5 phút, khối lượng vi nhựa 10g loại được PET có tỷ lệ càng tăng, vi nhựa PE, HDPE, PP luôn luôn nổi trên mặt nước và các mẫu vi nhựa khi ở điều kiện tối ưu nhất thì hiệu suất tuyển nổi cũng sẽ đạt ở vị trí tối ưu nhất và các mẫu vi nhựa còn lại như PVC, PET thứ sinh, ABS đều đạt hiệu suất loại bỏ vi nhựa tối ưu khi điều kiện tuyển nổi tối ưu nhất. Bên cạnh đó trong môi trường nước máy và nước sông có sự khác nhau giữa hiệu suất tuyển nổi trong quá trình tuyển nổi. Nhìn chung môi trường nước máy sẽ có hiệu suất tuyển nổi cao hơn so với môi trường nước sông.

LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành đề tài này em xin chân thành gửi lời cảm ơn sâu sắc đến cô Nguyễn Thị Thanh Trúc thuộc Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Môi trường. Cô đã trực tiếp hướng dẫn tận tình em trong suốt quá

trình nghiên cứu. Ngoài ra em xin cảm ơn đến quý thầy cô phản biện đã góp những ý kiến quý báu để em hoàn thành đề tài này một cách hoàn thiện và tốt nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Phú, H. T. N. Hân, N. L. N. Thảo, Đ. V. Đông, and T. G. Hân, “Nghiên cứu mức độ ô nhiễm vi nhựa trong nước và trầm tích sông Sài Gòn–Đồng Nai,” *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, vol. 731, pp. 69–81, 2021, doi: 10.36335/VNJHM.2021(731).69-81.
- [2] Mandy Sartain, “MICROPLASTICS Guidebook, Sampling and Processing,” in *section*, 2021, p. 35.
- [3] National Geographic Society, “Microplastics,” *National Geographic*, 2022. <https://education.nationalgeographic.org/resource/microplastics> (accessed Dec. 29, 2022).
- [4] Y. Pan *et al.*, “Removing microplastics from aquatic environments: A critical review,” *Environ. Sci. Ecotechnology*, vol. 13, p. 100222, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.ese.2022.100222.
- [5] C.-B. Jeong *et al.*, “Microplastic Size-Dependent Toxicity, Oxidative Stress Induction, and p-JNK and p-p38 Activation in the Monogonont Rotifer (*Brachionus koreanus*),” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 50, no. 16, pp. 8849–8857, Aug. 2016, doi: 10.1021/acs.est.6b01441.
- [6] Y. Ruan, K. Zhang, C. Wu, R. Wu, and P. K. S. Lam, “A preliminary screening of HBCD enantiomers transported by microplastics in wastewater treatment plants,” *Sci. Total Environ.*, vol. 674, pp. 171–178, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.007.
- [7] D. Amelia *et al.*, “Effect of advanced oxidation process for chemical structure changes of polyethylene microplastics,” *Mater. Today Proc.*, vol. 52, pp. 2501–2504, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.10.438.
- [8] W. Liu *et al.*, “A review of the removal of microplastics in global wastewater treatment plants: Characteristics and mechanisms,” *Environ. Int.*, vol. 146, p. 106277, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.envint.2020.106277.
- [9] M. Enfrin, J. Lee, P. Le-Clech, and L. F. Dumée, “Kinetic and mechanistic aspects of ultrafiltration membrane fouling by nano- and microplastics,” *J. Memb. Sci.*, vol. 601, p. 117890, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.memsci.2020.117890.
- [10] H. Jiang *et al.*, “Is it possible to efficiently and sustainably remove microplastics from sediments using froth flotation?,” *Chem. Eng. J.*, vol. 448, p. 137692, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.cej.2022.137692.
- [11] D. Y. Kwok and A. W. Neumann, “Contact angle measurement and contact angle interpretation,” *Adv. Colloid Interface Sci.*, vol. 81, no. 3, pp. 167–249, Sep. 1999, doi: 10.1016/S0001-8686(98)00087-6.
- [12] P. Beth Cimini, “CellProfiler Workshop,” 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=eriZdORpFxs>.
- [13] A. Al Harraq and B. Bharti, “Microplastics through the Lens of Colloid Science,” *ACS Environ. Au*, vol. 2, no. 1, pp. 3–10, Jan. 2022, doi: 10.1021/acsenvironau.1c00016.

YSC5.F206

ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ POLYSACCHARIDES ĐẾN CẤU TRÚC PHÔ MAI TAN CHẤY THUẦN THỰC VẬT

LÊ THỊ DIỄM QUỲNH, PHẠM LAN ANH, NGUYỄN THỊ HOÀI THANH, NGUYỄN THỊ MINH NGUYỆT*

*Bộ môn Dinh dưỡng và Khoa học Thực phẩm, Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm,
Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

**Tác giả liên hệ: nguyenthiminhnguyet@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Polysaccharides là một loại polymer sinh học có nguồn gốc từ vi khuẩn, nấm, thực vật và động vật. Nghiên cứu này nhằm khảo sát ảnh hưởng của các polysaccharides như tinh bột sắn, xanthan gum và agar đến khả năng tan chảy của phô mai thực vật được chế biến từ sữa hạt điều giàu protein và chất béo. Đã xác định được 6 công thức (CT) khác nhau, có thành phần bao gồm sữa hạt điều, dầu dừa, sữa dừa, acid lactic, muối, đường và bột tẻ. Polysaccharides đã được bổ sung ở các hàm lượng khác nhau để theo dõi sự khác biệt về cấu trúc và tính chất. Các tính chất được đánh giá bao gồm cấu trúc TPA (bao gồm độ cứng, độ đàn hồi, độ cố kết, độ dẻo, lực nhai, lực kết dính), màu sắc và độ tan chảy. Thành phần công thức phối trộn, quy trình chế biến, hạn sử dụng, tổng số vi sinh vật hiếu khí và tổng năng lượng của phô mai cũng được xác định. Kết quả cho thấy tinh bột sắn có khả năng tạo độ cứng và độ nhớt cao nhất, trong khi agar có khả năng tạo độ tan chảy tốt nhất cho phô mai thực vật. Nghiên cứu này có thể cung cấp thông tin hữu ích cho việc phát triển sản phẩm phô mai thực vật phục vụ cho người ăn chay, người không dung nạp lactose hoặc những người tuân thủ chế độ ăn đặc biệt.

Từ khóa. Khả năng tan chảy, phô mai tan chảy, phô mai thuần thực vật, agar, xanthan gum, tinh bột sắn.

THE EFFECT OF SOME POLYSACCHARIDES ON THE STRUCTURE OF PLANT-BASED MELTING CHEESE

Abstract. Polysaccharides are biopolymers derived from bacteria, fungi, plants, and animals. This study investigates the influence of polysaccharides such as tapioca starch, xanthan gum, and agar on the meltability of plant-based cheese processed from protein and fat-rich cashew milk. Six different formulations (F) were identified: cashew milk, coconut oil, coconut milk, lactic acid, salt, sugar, and garlic powder. The samples were supplemented with various polysaccharides to monitor structural and property differences. The evaluated properties included texture profile analysis (hardness, elasticity, cohesiveness, chewiness, gumminess, and adhesiveness), color, and melt-ability. The composition of the blended formulas, processing procedures, shelf life, total gas-producing microorganisms, and total energy content of the cheese were also determined. The results showed that tapioca starch exhibited the highest hardness and viscosity, while agar demonstrated the best melt-ability for the plant-based cheese. This study provides valuable insights for developing plant-based cheese products catering to vegetarians, lactose-intolerant individuals, and those adhering to special dietary regimes.

Keywords. Melt-ability, melting cheese, plant-based cheese, agar, xanthan gum, tapioca starch.

1 GIỚI THIỆU

Phô mai truyền thống, một nhóm sản phẩm được sản xuất từ sữa lên men, đã thu hút sự quan tâm trên toàn cầu do sự đa dạng về hương vị và hình thức [1]. Phô mai có thành phần phức tạp bao gồm protein sữa, chất béo, lactose, nước và khoáng chất [2]. Quá trình sản xuất phô mai bắt nguồn từ việc đông tụ casein trong sữa động vật thông qua sử dụng acid hoặc enzyme [3]. Suốt một thời gian dài, phô mai đã được sử dụng như một phương tiện bảo quản sữa [4]. Tuy nhiên, các nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng sự hiện diện của

nhiều chất béo bão hòa, cùng với năng lượng giàu có trong sữa, có thể góp phần vào các bệnh lý tim mạch và đóng góp vào đại dịch béo phì toàn cầu [5]. Hướng nghiên cứu mới đang tập trung vào việc lựa chọn phô mai thực vật như một phương án thay thế cho các loại phô mai sữa động vật, nhằm đáp ứng yêu cầu sản phẩm thân thiện với môi trường [6]. Phô mai thực vật có nhiều ưu điểm, bao gồm hàm lượng protein cao, không chứa gluten, ít chất béo và giàu protein và canxi hơn phô mai từ sữa [7].

Polysaccharides là các phân tử sinh học được hình thành thông qua quá trình kết hợp của một số lượng lớn các monosaccharide. Chúng thuộc loại carbohydrate và có vai trò quan trọng trong việc thực hiện nhiều chức năng đa dạng, đặc biệt là cung cấp phong phú các chất và là nguồn năng lượng. Đặc điểm về cấu trúc và chức năng của polysaccharides thường có hiệu suất vượt trội so với các vật liệu tổng hợp. Polysaccharides có nguồn gốc từ nhiều nguồn khác nhau như vi khuẩn, nấm, tảo và thực vật và động vật [8]. Trong số này, polysaccharides từ tảo và thực vật bậc cao được sử dụng nhiều nhất. Công nghiệp sử dụng polysaccharides như là chất nhũ hóa, chất làm đặc, chất ổn định và chất tạo gel trong các sản phẩm thực phẩm. Hiện nay, chức năng sinh học của polysaccharides như khả năng chống ung thư, chống oxy hóa và tiềm năng sinh học ngày càng được quan tâm nhiều hơn [9].

Đáp ứng nhu cầu sử dụng thực phẩm có nguồn gốc thực vật ngày càng cao của người tiêu dùng, trên thế giới đã có một số nghiên cứu về sản phẩm phô mai thực vật. Diên hình là Kamath và cộng sự (2022) đã tiến hành khảo sát các xu hướng phát triển phô mai tốt cho sức khỏe và nhận xét rằng phô mai thuần chay với hàm lượng chất chống oxy hóa, chất xơ và thành phần từ thực vật cao có khả năng giảm nguy cơ mắc bệnh tiểu đường, bệnh tim mạch và cải thiện sức khỏe cho người tiêu dùng [10]. Hay Oyeyinka và cộng sự (2019) cũng đã thừa nhận về thành phần dinh dưỡng và mức độ chấp nhận của người tiêu dùng đối với phô mai thực vật từ sữa đậu nành và hạt điều [11]. Tuy nhiên, việc đa dạng hóa và đưa ra thị trường số lượng sản phẩm này vẫn còn hạn chế, chủ yếu là các loại phô mai dạng tảng và khối, chưa có nghiên cứu về phô mai thực vật có khả năng tan chảy ăn kèm với một số món ăn dùng nóng như các món nướng như bánh mì, mì sợi, bánh pizza hoặc để làm nguyên liệu chế biến cho bánh sandwich, hamburger thực vật, hay ăn kèm các loại salad rau củ quả. Nghiên cứu này được đặt ra nhằm xác định vai trò của các polysaccharides như tinh bột sắn, xanthan gum, agar trong chế biến phô mai thuần thực vật có khả năng tan chảy với thành phần chất nền là sữa hạt điều với các nội dung nghiên cứu sau: 1) Khảo sát thành phần dinh dưỡng của nguyên liệu; 2) Khảo sát tác động của một số polysaccharides đến cấu trúc của phô mai; 3) Khảo sát các chỉ tiêu của phô mai thuần thực vật tan chảy; 4) Đánh giá hạn sử dụng và giá trị năng lượng tổng của sản phẩm phô mai thành phẩm.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Nguyên vật liệu

Hạt điều tươi loại nhân trắng WB vỡ ngang được đóng gói hút chân không, quy cách 500 gr/bao là sản phẩm của Công ty Kimmy, Địa chỉ số 244/20A Lê Văn Khương, P. Thới An, Q.12, TPHCM. Xanthan gum (Food Grade) sản phẩm của công ty Fungfeng, Trung Quốc. Tinh bột khoai mì (Cassava Starch) có hàm lượng tinh bột tính theo khối lượng: $\geq 85,0\%$, độ ẩm 13% là sản phẩm của Công ty Starch In Food Việt Nam. Bột rau câu dẻo nhãn hiệu Con Cá Vàng do cơ sở Hiệp Long đóng gói và chịu trách nhiệm sản phẩm. Địa chỉ: 146 Đường 8, Phường Phước Bình, Quận 9, Tp.HCM.

Bột sữa dừa được sấy phun từ nước cốt dừa cô đặc, không tạp chất, không vón cục, dễ dàng hòa tan là sản phẩm của Công ty Asia Saigon Food Ingredients Jsc. Địa chỉ: Lô C-9E-CN, Khu Công Nghiệp Mỹ Phước 3, Phường Thới Hòa, Tx. Bến Cát, Tỉnh Bình Dương, Việt Nam. Dầu dừa nguyên chất Organic VIETCOCO là sản phẩm của Công Ty TNHH chế biến Dừa Lương Qưới. Bột acid lactic 99% do công ty cổ phần FADO GLOBAL. Địa chỉ 60 Nguyễn Đình Chiểu, Phường Đa Kao, Quận 1, Tp. Hồ Chí Minh cung cấp. Bột màu beta 1% CWS/M là sản phẩm của công ty DSM Nutritional Products Ltd., USA. Các gia vị như muối, đường, bột tỏi là các nguyên liệu đạt tiêu chuẩn dùng trong thực phẩm và do Việt Nam sản xuất. Phô mai thực vật dùng làm mẫu đối chứng là sản phẩm của công ty TNHH Imex Global Enterprises.

2.2 Phương pháp chuẩn bị mẫu và chế biến

Chuẩn bị sữa hạt điều: Hạt điều sau khi qua xử lý loại bỏ những hạt lép và hư hỏng có chất lượng kém được xay mịn bằng máy xay bột khô mini (SEKA SK200). Định lượng 12,5 g bột hạt điều và 70 ml nước, khuấy đều và lọc qua rây mắt lưới 80 mesh. Hỗn hợp này được đưa vào máy nấu sữa hạt (Philips HD2027-1,3L

với công suất nấu 900W) và chọn chế độ nấu sữa hạt với thời gian nấu là 30 phút. Sau khi nấu, sữa được lọc qua rây với kích thước mắt lưới 80 mesh.

Chế biến phô mai: theo thứ tự gồm năm bước sau:

Bước 1. Định lượng các mẫu phô mai khảo sát theo công thức được thiết kế như Bảng 1, trong đó tất cả các nguyên liệu được bổ sung vào theo thành phần theo tỷ lệ % theo khối lượng sữa hạt điều. Cụ thể như sau 100 g sữa hạt điều bổ sung lần lượt 6,1 g dầu dừa; 1,2 g acid lactic; 106,1 g sữa dừa; 0,7 g muối; 2,4 g đường; 0,6 g bột tẻ. Các loại polysaccharides khảo sát bao gồm tinh bột sắn, agar và xanthan gum sử dụng thay đổi tương ứng thành phần ở Bảng 1. Hàm lượng polysaccharides được đề xuất ở Bảng 1 là kết quả của nhiều thí nghiệm sàng lọc ban đầu. Mẫu công thức đối chứng không sử dụng polysaccharides để so sánh và đánh giá ảnh hưởng của polysaccharides đến cấu trúc của phô mai.

Bảng 1: Công thức phối trộn vào sữa hạt điều các mẫu phô mai khảo sát.

Thành phần	ĐC	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5
Dầu dừa				6,1%		
Acid lactic				1,2%		
Sữa dừa				106,1%		
Muối				0,7%		
Đường				2,4%		
Bột tẻ				0,6%		
Tinh bột sắn	-	22,7%	-	-	11,4%	-
Agar	-	-	0,4%	-	0,2%	0,2%
Xanthangum	-	-	-	1,2%	-	1,2%

Lưu ý: % theo khối lượng của sữa hạt điều, (-): không sử dụng

Bước 2. Phối trộn. Sữa hạt điều và các thành phần phối trộn được đưa vào máy xay sinh tố đa năng (AVA NK-B14, 700W) và xay trong thời gian 2 phút để thu hỗn hợp đồng nhất. Riêng nghiệm thức khảo sát Agar chỉ bổ sung vào giai đoạn đun như mô tả ở bước 4.

Bước 3. Ủ phô mai. Rót hỗn hợp đồng nhất được ở bước 2 cho vào bình thủy tinh Miso 500 ml, đậy nắp kín và ủ ở nhiệt độ phòng trong vòng 24 giờ, đặt bình nơi thoáng mát tránh tiếp xúc trực tiếp với ánh nắng mặt trời.

Bước 4. Tách nước whey và gia nhiệt. Sau 24 giờ ủ, nước whey sinh ra sẽ được tách bỏ và xử lý gia nhiệt tùy theo loại polysaccharides khảo sát, cụ thể như sau:

Công thức sử dụng tinh bột sắn và xanthan gum: hỗn hợp được rót qua rây để loại bỏ nước whey thoát ra sau khi ủ, phần rắn thu được cho vào nồi tráng men (Fujihoro FRV-18W) và đun trên bếp điện từ (Sanaky SNK - 2018HG) ở chế độ 2000W trong thời gian 10-15 phút (thời gian gia nhiệt có thể thay đổi tùy theo khối lượng hỗn hợp) cho đến khi hỗn hợp đạt được độ sệt, có kết cấu dẻo và kết dính.

Công thức sử dụng agar: agar hòa với 2 ml nước và đun nhẹ 2-3 phút, khuấy đều cho đến khi agar hoàn toàn tan. Rót nhanh hỗn hợp đã qua ủ 24 giờ vào và gia nhiệt tương tự với công thức sử dụng tinh bột sắn và xanthan gum.

Bước 5. Rót và nén tạo hình phô mai

Rót nhanh hỗn hợp sau khi gia nhiệt vào khuôn hình nón cụt có kích thước (r1 x r2 x h) = (1,5 x 3,0 x 3) cm. Sau đó dùng vật hình trụ có đường kính đáy 3 cm, khối lượng 241,63 g tương ứng áp suất nén 1077,27 PA lên bề mặt khối phô mai. Toàn bộ mẫu được đưa vào tủ lạnh (Toshiba GR=M35VDV, 305 Lit) với nhiệt độ 5-7°C, độ ẩm từ 18-27 % trong 24 giờ để ổn định mẫu trước khi thực hiện các khảo sát tiếp theo.

2.3 Phương pháp phân tích

2.3.1 Xác định hàm lượng protein

Áp dụng phương pháp Kjeldahl theo tiêu chuẩn TCVN 8125:2015; ISO 20483:2013, hàm lượng protein thô được xác định bằng máy phân tích protein (Flash EA 1112 Series, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA). Hệ số chuyển đổi 6,25 được sử dụng để tính toán hàm lượng protein.

Vô cơ hoá mẫu: Một lượng 1 g mẫu hạt điều đã được xay và rây mịn được cân và đặt vào bình vô cơ hoá mẫu. Sau đó, thêm 1 viên chất xúc tác $K_2 SO_4$ (2 g) và 20 ml $H_2 SO_4$ đậm đặc vào bình vô cơ hoá mẫu,

quá trình này được thực hiện trong tủ hút. Sau đó cho vào máy vô cơ hóa mẫu trong khoảng thời gian 4-5 giờ cho đến khi dung dịch chuyển từ màu vàng sang màu trắng. Sau đó, dung dịch được để nguội.

Chưng cất đậm: Sau khi hoàn toàn vô cơ hoá mẫu, nước cất được thêm vào bình Kejdahl để điều chỉnh dung tích mẫu thành 100 ml.

Chuẩn bị bình cất: 10 ml mẫu, 5 giọt PP, nước cất, và sau cùng là NaOH 33% được cho vào bình cất để đảm bảo môi trường kiềm. Trong bình hứng Erlen, 25 ml H₂ SO₄ 0,1N và 3 giọt chỉ thị MR được thêm vào. Quá trình chưng cất mẫu được tiến hành trong vòng 30 phút tính từ lúc nước sôi. Mẫu được chuẩn độ bằng dung dịch NaOH 0,1N. Thao tác này cũng được thực hiện với mẫu trắng. Quá trình chưng cất được lặp lại 3 lần và lấy giá trị trung bình để đưa ra kết quả.

2.3.2 Xác định hàm lượng lipid

Hàm lượng lipid được xác định theo tiêu chuẩn AOAC 945.38F, hàm lượng chất béo thô được xác định bằng phương pháp chiết bằng ete.

Mẫu được sấy chung với giấy lọc gấp thành túi vừa, cho đến khi khối lượng không thay đổi. Một lượng 1 g mẫu được cân và đặt vào túi, sau đó buộc chặt. Túi mẫu được đặt vào bình Soxhlet và hexan được đổ vào bình chứa mẫu để chảy xuống bình cầu. Sau đó, 100 ml hexan được thêm vào bình cầu. Quá trình chiết bắt đầu và kéo dài trong vòng 4-5 giờ. Mẫu được kiểm tra bằng cách thấm nó qua giấy lọc cho đến khi giấy lọc không còn vết màu vàng. Mẫu được lấy ra và sấy ở nhiệt độ 130°C trong 1 giờ, sau đó được cân. Quy trình này được lặp lại 2 đến 3 lần cho đến khi khối lượng mẫu không thay đổi.

2.3.3 Xác định hàm lượng tro

Xác định theo tiêu chuẩn TCVN 8124:2009; ISO 2171:2007, hàm lượng tro được xác định bằng phương pháp nung (có hiệu chỉnh). Để xác định hàm lượng tro, mẫu được đặt trong chén sứ và đốt ở nhiệt độ lò 550°C trong 7 giờ.

Than hóa sơ bộ: Một lượng chính xác 2 g mẫu hạt điều đã được xay mịn thành bột khô được đặt trong cốc nung. Sau đó, chén chứa mẫu được đun trên bếp điện từ cho đến khi không còn khói, khi đó mẫu bị than hóa sơ bộ và trở thành tro.

Than hóa hoàn toàn: Sau khi mẫu đã trải qua quá trình than hóa sơ bộ, chén nung được đặt trong lò nung và tiếp tục nung ở nhiệt độ 550°C trong khoảng thời gian 4-5 giờ, cho đến khi mẫu hoàn toàn chuyển thành tro. Sau đó, chén nung được lấy ra và để nguội trong bình hút ẩm trong 15 phút, sau đó mẫu được cân. Quá trình nung được lặp lại lần 2 (2 giờ ở 550°C) và lần 3 (1 giờ ở 550°C), Cho đến khi khối lượng mẫu không thay đổi.

Hàm lượng tro theo % khối lượng mẫu được xác định bằng CT (1) bên dưới:

$$\text{Tro (\%)} = (m_2 - m_1) \times \frac{100}{m_0} \quad (1)$$

2.3.4 Xác định hàm lượng ẩm

Độ ẩm được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 9306; ISO 712:2009, độ ẩm của ngũ cốc và sản phẩm ngũ cốc được xác định bằng phương pháp nung (có hiệu chỉnh).

Quy trình xác định độ ẩm như sau: Cân chính xác 1g mẫu bột hạt điều đã được xay mịn. Mẫu được đem đi sấy khô lần 1 ở nhiệt độ 130°C trong 90 phút. Sau đó, để mẫu nguội trong bình hút ẩm trong 30 phút trước khi cân. Tiếp theo, thực hiện sấy lần 2 ở nhiệt độ 130°C trong 60 phút và sấy lần 3 ở nhiệt độ 130°C trong 30 phút. Tất cả các bước phân tích được thực hiện ba lần, cho đến khi khối lượng mẫu không thay đổi.

2.3.5 Xác định hàm lượng xơ

Xác định hàm lượng xơ thô: Xác định hàm lượng xơ thô bằng phương pháp Scharrer dựa theo tiêu chuẩn TCVN 4998:1989. Cân chính xác 5 g mẫu bột hạt điều vào erlen. Thêm 20 ml acid acetic vào mẫu và khuấy đều cho đến khi mẫu hoàn toàn hòa tan. Tiếp tục thêm 40 ml acid acetic để tráng xung quanh miệng erlen cho đến khi không còn mẫu dính. Lắc đều để mẫu và hóa chất hòa tan vào nhau.

Hỗn hợp mẫu được đun trên bếp điện (KAFF KF-NK379IH) ở nhiệt độ 70-80°C cho đến khi sôi lăn tăn, sau đó giảm nhiệt độ xuống khoảng 20-30°C và tiếp tục đun trong vòng 30 phút. Sau khi đun, hỗn hợp mẫu được lọc trên giấy lọc và tráng 2-3 lần bằng nước cất đã đun sôi (thường dùng 200-300 ml nước cất để rửa sạch). Tiếp theo, mẫu được tráng bằng acetone (3 lần) và dietyl (2 lần).

Hỗn hợp mẫu sau khi tráng xong được đựng vào chén nung và sấy lần 1 ở nhiệt độ 130°C trong 60 phút. Sau khi sấy, mẫu được mang đi hút ẩm trong 30 phút trước khi cân. Thực hiện lại quá trình sấy lần 2 ở nhiệt độ 130°C trong 30 phút. Sau khi cân lần 2, mẫu được đem đi nung lần 1 ở nhiệt độ 550°C trong 120 phút. Sau khi nung xong, mẫu được hút ẩm trong 30 phút và đem đi cân. Quá trình này được lặp lại 2-3 lần cho đến khi khối lượng mẫu không thay đổi (sai số $\pm 0,01$ g).

Tổng hàm lượng chất xơ (TDF) được tính bằng CT (2) bên dưới:

$$\text{Xơ(\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100 \quad (2)$$

Trong đó:

m_0 là khối lượng mẫu ban đầu (g).

m_1 là khối lượng mẫu và cốc sau khi sấy (g).

m_2 là khối lượng mẫu và cốc sau khi nung (g).

2.3.6 Xác định hàm lượng glucid

Hàm lượng glucid được xác định theo phương pháp chênh lệch của Allai và cộng sự (2022), theo công thức (3) như sau [12].

$$\text{Glucid (\%)} = 100\% - (\% \text{ độ ẩm} + \% \text{ Lipid} + \% \text{ Protein} + \% \text{ Tro} + \% \text{ Xơ thô}) \quad (3)$$

2.4 Phương pháp xác định cấu trúc phô mai

Quy trình xác định cấu trúc TPA đã được tiến hành dựa trên phương pháp của Moynihan và cộng sự (2014) với sự điều chỉnh nhỏ như sau: Mẫu phô mai đã được cắt thành các hình trụ có đường kính 20mm và chiều cao 20mm. Để tiến hành nén mẫu, ta sử dụng đầu dò hình trụ TA11/1000 có đường kính 25.4mm và chiều dài 35mm. Quá trình nén được thực hiện bằng cách áp dụng lực lên mẫu, nén xuống chiều cao 12mm, với tốc độ nén là 1mm/s. Quá trình nén được thực hiện hai lần, và kết quả thu được ghi nhận các thông số độ cứng (hardness), độ đàn hồi (springiness), độ cố kết (cohesiveness), độ dẻo (gumminess), lực nhai (chewiness), và lực kết dính (adhesiveness).

2.5 Phương pháp xác định các thông số màu sắc của phô mai

Đo màu: Các thông số màu sắc được xác định theo phương pháp của Ferawati và cộng sự (2021), được hiệu chỉnh như sau: Các mẫu phô mai sau khi được làm lạnh và định hình trong vòng 1 giờ sẽ được đo trực tiếp bằng thiết bị đo màu CR-400 Konica Minolta. Đo được thực hiện ở nhiều vị trí khác nhau trên bề mặt và thân mẫu phô mai (khoảng cách giữa các vị trí là 0,5cm). Các thông số màu được ghi nhận bao gồm giá trị L^* , a^* và b^* .

Trong đó:

L^* đại diện cho độ đậm nhạt với các giá trị thay đổi từ 0 (đen) đến 100 (trắng).

a^* đại diện cho màu đỏ (+a) hoặc xanh lá cây (-a).

b^* đại diện cho màu vàng (+b) hoặc xanh lam (-b).

Phép đo màu được thực hiện 5 lần và kết quả được biểu diễn dưới dạng trung bình \pm độ lệch chuẩn.

Theo Barath và cộng sự (2003), ΔE^* dùng để so sánh màu sắc giữa ĐC0 và các mẫu phô mai thí nghiệm, được tính bằng công thức (4) [13] như sau:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (4)$$

2.6 Phương pháp xác định độ tan chảy của phô mai

Phương pháp đo độ tan chảy của phô mai được mô tả bởi Ongdeesoontorn và cộng sự (2012), được hiệu chỉnh như sau: Đặt một lớp giấy nền lên trên đĩa petri, sau đó các mẫu phô mai được cắt thành hình trụ có kích thước (D×h: 20×10 mm) và đặt lên các đĩa. Trên bề mặt các mẫu phô mai, được thêm một lớp dầu thực vật, sau đó đặt vào lò nướng (Sunhouse SHD4206, dung tích 10 lít) thiết lập nhiệt độ 150°C, thời gian 30 phút. Quy trình này được thực hiện ba lần cho mỗi công thức mẫu.

2.7 Phương pháp xác định độ nhớt của phô mai

Quy trình xác định độ nhớt của phô mai được thực hiện theo mô tả của Kindstedt và cộng sự (1989) và được sửa đổi theo phương pháp của Fife và cộng sự (1996). Khi tiến hành đo độ nhớt, phô mai phải ở trạng thái nóng chảy. Độ nhớt của các mẫu phô mai được ghi lại bằng máy đo độ nhớt Brookfield Sincro-Lectric Model RVT với trục quay T-F và đầu đo hình chữ T. Máy đo độ nhớt được đặt ở tốc độ quay 10 vòng/phút. Các mẫu phô mai sau khi được gia nhiệt được đặt trong các cốc becher có dung tích 500 ml, và lượng phô

mai được đổ vào cốc becher đến mức 400 ml. Trục quay chính T của máy đo độ nhớt được đặt trong cốc becher, sau đó các thông số độ nhớt được hiển thị trên màn hình của máy đo độ nhớt. Tất cả các thử nghiệm được tiến hành ba lần và ghi nhận giá trị trung bình.

2.8 Phương pháp khảo sát hạn sử dụng của phô mai

Đánh giá hạn sử dụng theo phương pháp trực tiếp. Các mẫu phô mai được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 5-7°C, theo thời gian lấy mẫu xác định vi sinh vật theo TCVN 4884-1:2015; ISO 4833-1:2013: Vi sinh vật trong chuỗi thực phẩm - Phương pháp định lượng vi sinh vật.

2.9 Phương pháp xác định năng lượng tổng của phô mai thành phẩm

Năng lượng được tính toán bằng phần mềm Eiyokun và các dữ liệu về thành phần dinh dưỡng được lấy từ “USDA National Nutrient Database for Standard Reference” của Haytowitz và cộng sự (2018) [14].

Phần năng lượng hao hụt do loại bỏ nước whey thực vật ra khỏi công thức được xác định theo các chỉ tiêu sau: Năng lượng: TCVN 7088: 2015; Carbonhydrate: SOP.01-445: 2022 (Ref. AOAC 986.25); Lipid tổng: SOP.01-194: 2021 (Ref. FAO FOOD 14/7, page 214); Protein: TCVN 10034: 2013 (ISO 1871: 2009). Phần phân tích nước whey do Công ty TNHH phân tích kiểm nghiệm Việt Tín, địa chỉ: 39A-Đường số 4- Phường Bình Trị Đông B, Quận Bình Tân thực hiện.

2.10 Phương pháp thu thập và xử lý số liệu

Các thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên lặp lại 3 lần. Phương pháp phân tích phương sai (ANOVA), sự khác biệt giữa các nghiệm thức LSD bằng phần mềm xử lý số liệu.

Statgraphics, khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha = 0,05$.

3 KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1 Thành phần dinh dưỡng của hạt điều trong nghiên cứu

Hạt điều có giá trị dinh dưỡng cao và là nguồn cung cấp protein dồi dào, với hàm lượng protein chiếm 9,27% theo khối lượng được trình bày trong Bảng 2, thấp hơn so với 18,4 % được trình bày trong Bảng thành phần dinh dưỡng Việt Nam [15]. Nghiên cứu của Craig và cộng sự (2022) cũng chỉ ra rằng phô mai làm từ hạt điều chứa protein trong khoảng từ 3-5 %/30 g [16]. Thành phần dinh dưỡng của hạt điều có thể khác nhau tùy thuộc vào khu vực trồng trọt, khí hậu, đất đai, loại hạt điều và tác động của môi trường xung quanh, như đã đề cập bởi các nghiên cứu khác [17].

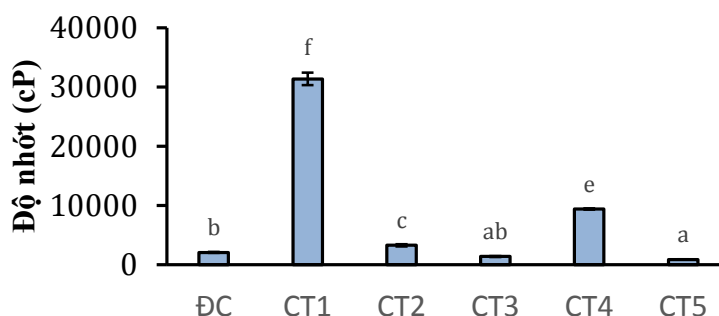
Độ ẩm trong hạt điều chiếm 4,54 %, kết quả này tương tự với nghiên cứu của Griffin và Dean (2017), trong đó độ ẩm trong hạt điều dao động từ 2,5-4,57 % [18]. Phân tích cũng cho thấy hàm lượng lipid trong hạt điều lên tới 40,61 %, tương thích với nghiên cứu của Oliveira (2020), trong đó lipid trong hạt điều có giá trị trong khoảng 40-47 % [19]. Hàm lượng xơ thô của hạt điều là 2,09 %, thấp hơn so với cơ sở dữ liệu dinh dưỡng của USDA về hàm lượng xơ trong hạt điều (3,0-3,8 %) [20]. Hàm lượng tro trong hạt điều chiếm 6,38 %, cao hơn so với hàm lượng tro trong thí nghiệm của Aremu và Akinwumi (2014), trong đó hàm lượng tro dao động từ 3,03-3,18 % [21].

Bảng 2. Thành phần dinh dưỡng của hạt điều.

STT	Thành phần dinh dưỡng	% Theo khối lượng	% Theo chất khô
1	Độ ẩm	4,54±0,91	—
2	Protein tổng	9,27±2,6	9,71±2,78
3	Lipid tổng	40,61±1,73	42,55±1,82
4	Glucid tổng	37,11±1,27	38,87±1,31
5	Xơ tổng	2,09±0,37	2,19±0,39
6	Tro tổng	6,38±1,19	6,67±1,24

3.2 Xác định độ nhớt của các mẫu phô mai tạo thành

Độ nhớt biểu kiến của các mẫu phô mai tạo thành xác định được như trình bày ở biểu đồ hình 1.



Hình 1. Biểu đồ thể hiện kết quả đo độ nhớt của phô mai

ĐC₀: Mẫu phô mai thực vật của công ty TNHH Thương mại-Dịch vụ Lam Tân; ĐC: CT không bổ sung polysaccharides; CT1: bổ sung 22,7 % tinh bột sắn; CT2: bổ sung 0,4 % agar; CT3: bổ sung 1,2 % xanthangum; CT4: bổ sung 11,4 % tinh bột sắn và 0,2 % agar; CT5: bổ sung 0,2 % agar và 1,2 % xanthangum.

Sự chênh lệch về thành phần và hàm lượng polysaccharides bổ sung trong từng công thức khác nhau dẫn đến sự khác biệt về độ nhớt. Các công thức CT1, CT2 và CT4 đều có sự gia tăng đáng kể về độ nhớt so với mẫu đối chứng (ĐC). Trong đó, CT1 có độ nhớt (31375,00±1063,19) cao hơn so với mẫu ĐC (2060,33±81,32). Kết quả này tương thích với nghiên cứu của Rodriguez và cộng sự (2015), cho thấy tinh bột sắn có khả năng dự trữ năng lượng và hấp thụ nước tốt, làm tăng độ nhớt [22]. Ngoài ra, việc gia nhiệt tinh bột sắn trên 40°C gây ra hiện tượng hồ hoá [23], và khi hồ hoá, hạt tinh bột sẽ phồng lên gấp nhiều lần kích thước ban đầu, làm tăng độ nhớt của tinh bột [24]. Theo Kamath và cộng sự (2022), sự sử dụng tinh bột sắn ở mức độ khác nhau có thể cải thiện độ nhớt và độ bền cấu trúc của phô mai [10]. Tuy nhiên, ở CT4 (9398,00±105,51) khi kết hợp tinh bột sắn và agar, độ nhớt thấp hơn CT1 (31375,00±1063,19), nhưng vẫn có sự tăng độ nhớt so với mẫu ĐC. Hiện tượng này là do tính chất của agar khi kết hợp với tinh bột sắn, gây phân huỷ các liên kết sinh học giữa hai polysaccharides và có khả năng tạo gel kém, dẫn đến sự cải thiện nhưng không đáng kể về độ nhớt [24].

Kết quả ở CT3 (1390,00ab±89,00) và CT5 (894,23a±17,65) cho thấy độ nhớt thấp hơn mẫu đối chứng. Trong đó, CT5 có độ nhớt thấp nhất, điều này là do độ nhớt của xanthan gum dễ bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như nhiệt độ, nồng độ polysaccharides, pH và nồng độ muối [25]. Bên cạnh đó, xanthan gum có hàm lượng acetyl hoá cao sẽ dẫn đến độ nhớt thấp và cấu trúc trở nên thiếu linh hoạt do liên kết giữa các phân tử nước yếu hơn [26].

3.3 Khảo sát màu sắc khi bổ sung beta-carotene

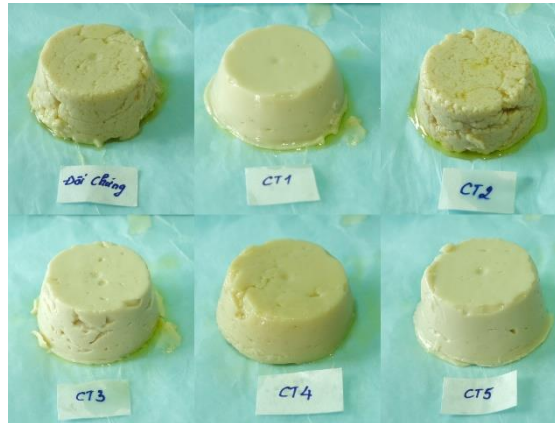
Màu sắc là một chỉ tiêu quan trọng đối với các sản phẩm thực phẩm có thể mang lại giá trị cảm quan tốt và thu hút sự quan tâm từ người tiêu dùng. Mục tiêu của khảo sát này là bổ sung bột màu β-carotene vào thành phần của phô mai nhằm đối sánh màu sắc với mẫu không bổ sung β-carotene và mẫu đối chứng ĐC₀. Kết quả khảo sát như trình bày ở bảng 3.

Bảng 3: Chỉ số delta E* của phô mai so với mẫu ĐC₀.

	ĐC	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5	ĐC ₀
Không bổ sung β-carotene	25,72 ^b ±0,27	26,60 ^d ±0,24	24,78 ^a ±0,16	26,07 ^c ±0,16	26,59 ^d ±0,28	26,17 ^c ±0,22	L= 81,54± 2.38
0,12 % β-carotene	18,05 ^{c1} ±0,40	16,40 ^{b1} ±0,41	8,90 ^{a1} ±0,96	17,87 ^{c1} ±0,27	20,15 ^{d1} ±0,15	21,99 ^{e1} ±0,28	a* = 3,95± 0.50 b* = 30,34± 1.97

ĐC₀: Mẫu phô mai thực vật của công ty TNHH Thương mại-Dịch vụ Lam Tân; ĐC: CT không bổ sung polysaccharides; CT1: bổ sung 22,7 % tinh bột sắn; CT2: bổ sung 0,4 % agar; CT3: bổ sung 1,2 % xanthangum; CT4: bổ sung 11,4 % tinh bột sắn và 0,2 % agar; CT5: bổ sung 0,2 % agar và 1,2 % xanthangum.

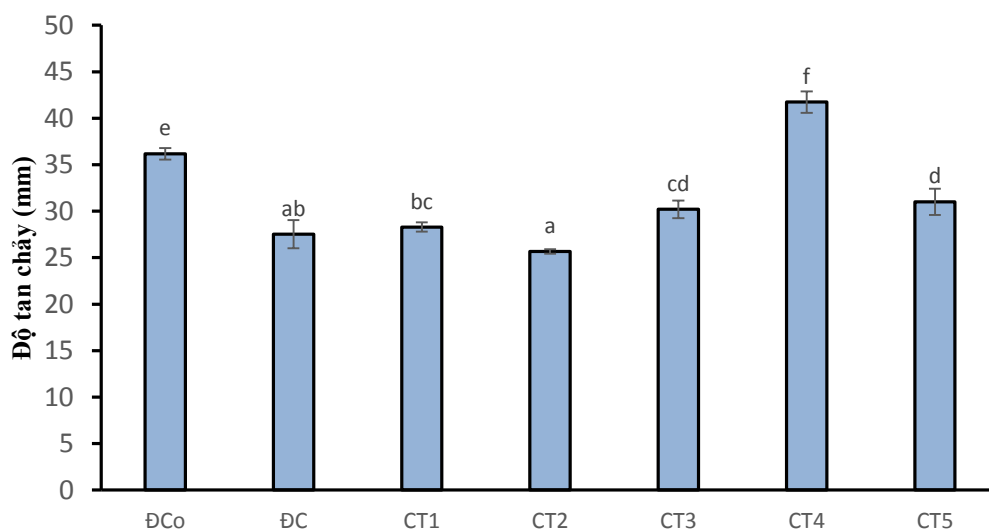
Thực tế trong quá trình gia nhiệt để đưa ra sản phẩm cuối cùng, các mẫu thực nghiệm đã gặp phải hiện tượng tách dầu khỏi cấu trúc (Hình 2). Ngoài ra, nếu không sử dụng màu β -carotene, giá thành của sản phẩm cũng giảm, giúp sản phẩm tiếp cận được đến nhiều người tiêu dùng hơn. Mẫu phô mai thực nghiệm không bổ sung β -carotene có màu sắc tự nhiên, tương tự như thí nghiệm được thực hiện bởi Oyeyinka, Odukoya, & Adebayo (2019), trong đó phô mai có màu trắng kem đã nhận được đánh giá tốt về mức độ chấp nhận của người tiêu dùng [11]. Vì vậy, việc sử dụng màu β -carotene để thay đổi và tạo màu sắc của phô mai là không cần thiết.



Hình 2: Hình ảnh minh họa hiện tượng tách dầu của các mẫu phô mai được bổ sung màu β -carotene.

3.4 Độ tan chảy của phô mai

Độ tan chảy của phô mai có sự thay đổi khác nhau khi bổ sung các polysaccharides khác nhau (xem biểu đồ hình 3). Trong quá trình chế biến phô mai thực vật, việc bổ sung các polysaccharides là cần thiết vì chúng có khả năng làm tăng khả năng tan chảy [27]. Ở CT1 ($28,3^{bc} \pm 0,49$), CT3 ($30,2^{cd} \pm 0,94$), CT4 ($41,7^f \pm 1,15$) và CT5 ($31^d \pm 1,41$), độ tan chảy cao hơn so với mẫu Đối chứng (ĐC) ($27,53^{ab} \pm 1,51$). Trong số đó, CT4 ($41,73^f \pm 1,15$) đạt kết quả cao nhất. Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Abbas và cộng sự (2010), trong đó các tác giả cho rằng việc sử dụng tinh bột sản thay thế chất béo gốc carbohydrate đã làm tăng độ tan chảy của phô mai [28]. Đối với CT3 ($30,2^{cd} \pm 0,94$) và CT5 ($31^d \pm 1,41$), có sử dụng xanthan gum, điều này có thể giải thích bởi xanthan gum giúp cải thiện đặc tính tan chảy và tăng khả năng giữ ẩm cho phô mai [29].



Hình 3: Biểu đồ biểu diễn độ tan chảy của các mẫu phô mai khảo sát.

ĐC₀: Mẫu phô mai thực vật của công ty TNHH Thương mại-Dịch vụ Lam Tân; ĐC: CT không bổ sung polysaccharides; CT1: bổ sung 22,7 % tinh bột sắn; CT2: bổ sung 0,4 % agar; CT3: bổ sung 1,2 % xanthangum; CT4: bổ sung 11,4 % tinh bột sắn và 0,2 % agar; CT5: bổ sung 0,2 % agar và 1,2 % xanthangum.

CT2 có độ tan chảy ($25,66^a \pm 0,23$) thấp hơn so với mẫu ĐC ($27,53^{ab} \pm 1,51$) do CT2 sử dụng agar. Kết quả này tương ứng với nghiên cứu của Brennan và cộng sự (2002), trong đó agar có khả năng làm giảm khả năng tan chảy [30]. Mẫu Đối chứng 0 (ĐC₀) ($36,16^e \pm 0,62$) có độ tan chảy cao hơn so với CT2 và thấp hơn so với CT4, tuy nhiên, kết quả này không có sự nổi bật trong nghiên cứu.

Trong thực tế thực nghiệm, khi bổ sung dầu thực vật lên bề mặt của phô mai và gia nhiệt ở lò vi sóng, với nhiệt độ 150°C trong vòng 30 phút, đã làm tăng độ tan chảy của phô mai. Hiện tượng này có thể được lý giải theo Rudan và cộng sự (1998) như sau: việc bổ sung chất béo lên bề mặt phô mai giúp giảm thiểu sự mất nước, bên cạnh đó, thiếu chất béo trên bề mặt phô mai dẫn đến hiện tượng mất nước nhanh chóng, và sau đó hình thành một lớp vỏ làm hạn chế quá trình tan chảy [31]. Ngoài ra, chất béo còn đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện độ mềm và độ tan chảy của phô mai [32].

3.5 Cấu trúc phô mai

Độ cứng (hardness), độ đàn hồi (springiness), độ cố kết (cohesiveness), độ dẻo (gumminess), lực nhai (chewiness), lực kết dính (adhesiveness) có sự thay đổi rõ rệt trong các mẫu phô mai bổ sung các loại polysaccharides khác nhau (xem Bảng 4). Tổng quan kết quả cho thấy các polysaccharides được sử dụng trong nghiên cứu này có tác dụng tăng cường các tính chất của phô mai so với mẫu không bổ sung polysaccharides. CT5 có độ cứng cao nhất (1,54 N), điều này có thể được giải thích bởi sự tương tác giữa agar, xanthan gum và sữa hạt điều đã tạo ra sự cải thiện đáng kể về độ cứng của phô mai. Trong khi đó, CT3 có độ cứng thấp nhất (0,66 N), có thể do việc bổ sung xanthan gum làm cho cấu trúc của phô mai mềm hơn thông qua khả năng tương tác tốt với nước không gelatin hóa protein. Độ cứng của phô mai trong các CT chế biến trong nghiên cứu này có mối quan hệ nghịch với độ ẩm và theo Nateghi và cộng sự (2012), độ ẩm cao dẫn đến cấu trúc mềm hơn [29]. CT1 sử dụng tinh bột sắn, do đó tạo ra độ cứng cao hơn so với CT4 sử dụng hỗn hợp tinh bột sắn và agar. Hiện tượng này có thể được giải thích bởi tính chất làm cứng của tinh bột sắn [28].

Xét về độ đàn hồi, độ cố kết, độ dẻo, lực nhai và độ cứng của phô mai CT1 tăng đáng kể so với mẫu đối chứng, đạt kết quả lần lượt là 2,92 mm, 0,77, 1,01 N, 2,95 mJ. Ngược lại, lực kết dính của CT1 (0,65 mJ) thấp hơn so với mẫu ĐC (1,32 mJ). Kết quả này có thể tương đồng với nghiên cứu của Shams El Din, A và cộng sự (2022) khi thực hiện đánh giá vai trò của tinh bột sắn trong cấu trúc của phô mai, cho thấy các thông số như độ đàn hồi, độ cố kết, độ dẻo, lực nhai, lực kết dính trong thí nghiệm có sự tăng trưởng nhưng độ cứng của phô mai lại giảm [33]. Một nghiên cứu khác của Hughes, E., Mullen, A. M., & Troy, D. J. (1998) cũng cho thấy khi bổ sung tinh bột sắn, độ cứng, độ kết dính, độ dẻo và lực nhai của phô mai tăng lên nhưng không ảnh hưởng đến lực kết dính của phô mai [34]. Các luận cứ này cho thấy tinh bột sắn giúp cải thiện cấu trúc của phô mai so với các polysaccharides khác.

Bảng 4: Kết quả đo cấu trúc phô mai.

Mẫu	Độ cứng (N)	Độ đàn hồi (mm)	Độ cố kết	Độ dẻo (N)	Lực nhai (mJ)	Lực kết dính (mJ)
ĐC ₀	6,67 ^c ±0,22	3,70 ^d ±0,06	0,64 ^b ±0,01	4,15 ^c ±0,33	15,85 ^c ±0,54	0,29 ^a ±0,10
ĐC	0,74 ^a ±0,09	1,26 ^b ±0,40	0,61 ^{ab} ±0,09	0,45 ^a ±0,03	0,58 ^a ±0,23	1,32 ^c ±0,04
CT1	1,31^b±0,05	2,92^c±0,18	0,77^c±0,02	1,01^b±0,01	2,95^b±0,21	0,65^{ab}±0,09
CT2	0,70 ^a ±0,02	1,06 ^{ab} ±0,41	0,57 ^{ab} ±0,01	0,4 ^a ±0,01	0,42 ^a ±0,17	1,04 ^{bc} ±0,25
CT3	0,66 ^a ±0,05	0,64 ^{ab} ±0,05	0,62 ^b ±0,04	0,43 ^a ±0,01	0,26 ^a ±0,03	1,04 ^{bc} ±0,21
CT4	0,79 ^a ±0,01	0,42 ^a ±0,03	0,51 ^a ±0,05	0,4 ^a ±0,03	0,17 ^a ±0,01	0,71 ^{ab} ±0,05
CT5	1,54 ^b ±0,28	2,45 ^c ±0,64	0,53 ^{ab} ±0,05	0,83 ^b ±0,22	2,17 ^b ±1,15	0,61 ^a ±0,36

ĐC₀: Mẫu phô mai thực vật của công ty TNHH Thương mại-Dịch vụ Lam Tân; ĐC: CT không bổ sung polysaccharides; CT1: bổ sung 22,7 % tinh bột sắn; CT2: bổ sung 0,4 % agar; CT3: bổ sung 1,2 % xanthangum; CT4: bổ sung 11,4 % tinh bột sắn và 0,2 % agar; CT5: bổ sung 0,2 % agar và 1,2 % xanthangum.

Xét các thông số TPA khảo sát của CT4 cho thấy độ đàn hồi, gắn kết, độ dẻo, lực nhai hoàn toàn trái ngược với CT1, đạt kết quả thấp nhất (0,42 mm, 0,51, 0,4 N, 0,17 mJ), chứng tỏ khi kết hợp cả hai loại polysaccharides này không mang lại hiệu quả trong việc cải thiện cấu trúc của phô mai. Tóm lại, tinh bột sắn cải thiện được nhiều tính chất cho phô mai thực vật nên CT1 được chọn để tiến hành nghiên cứu tiếp theo.

3.6 Xác định hạn sử dụng của phô mai thành phẩm

CT1 là công thức được sử dụng để chế biến sản phẩm cuối cùng và xác định hạn sử dụng thông qua đánh giá chỉ tiêu vi sinh vật.

Bảng 5: Kết quả đánh giá các chỉ tiêu vi sinh vật.

	Ngày 1 Bảo quản 24 giờ	Ngày 2 Bảo quản 48 giờ	Ngày 3 Bảo quản 72 giờ	Ngày 4 Bảo quản 96 giờ
<i>E.coli</i> (CFU/g)	Không phát hiện (LOD=10)	Không phát hiện (LOD=10)	Không phát hiện (LOD=10)	Không phát hiện (LOD=10)
Tổng số vi sinh vật hiếu khí (CFU/g)	3,0x10 ¹	3,0x10 ¹	1,2x10 ²	Không phát hiện (LOD=10)

Sau khi bảo quản trong môi trường kín với nhiệt độ 5-7°C trong 4 ngày, mẫu phô mai CT1 không có dấu hiệu của vi khuẩn *E.coli* (xem Bảng 5) cho thấy giá trị này phù hợp với Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 5-3:2010/BYT. Tổng số vi sinh vật hiếu khí trong mẫu phô mai ở ngày 1 và ngày 2 không có sự khác biệt (3,0x10¹ CFU/g), sau đó tăng lên và đạt đỉnh là 1,2x10² CFU/g ở ngày 3. Tới ngày thứ 4, không còn phát hiện vi sinh vật hiếu khí trong mẫu phô mai CT1. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Onken và Liefke (2005), oxy có thể là yếu tố hạn chế sự phát triển của vi sinh vật hiếu khí, khi nồng độ của nó trong môi trường giảm xuống một giá trị tới hạn [35]. Theo quy định của Tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia TCVN 7401-2004, giới hạn cho phép của tổng số vi sinh vật hiếu khí trong mẫu phô mai là 1x10⁴ CFU/g. Trong kết quả nghiên cứu, tổng số vi sinh vật hiếu khí cao nhất đạt được là 1,2x10² CFU/g. Điều này cho thấy mẫu phô mai CT1 đáp ứng được yêu cầu về vi sinh vật hiếu khí trong phô mai theo tiêu chuẩn TCVN 7401-2004. Kết quả về *E.coli* và tổng số vi sinh vật hiếu khí thu được sau 4 ngày bảo quản mẫu CT1 đáp ứng giới hạn ô nhiễm vi sinh vật trong phô mai, khoảng thời gian sử dụng sản phẩm thích hợp nhất là trước 4 ngày.

3.7 Xác định năng lượng tổng của phô mai thành phẩm

Áp dụng các công cụ tính toán của phần mềm Eiyokun. Dữ liệu để tính toán dựa trên các thành phần dinh dưỡng của một số nguyên liệu phụ được dựa vào số liệu của Haytowitz và cộng sự (2018), kết hợp với kết quả tính toán các thành phần sinh năng lượng có trong hạt điều, và nước whey thải bỏ. Kết quả thành phần năng lượng tổng của phô mai tạo thành từ công thức 1 như trình bày ở Bảng 6.

Bảng 6: Năng lượng tổng của phô mai trên 100g (CT1).

Bảng thành phần dinh dưỡng	Khối lượng (gram)	Năng lượng (kcal)
Protein/Chất đạm	2,84 ± 0,65	11,38 ± 2,63
Fat total/Chất béo	33,89 ± 0,43	305,07 ± 3,83
Carbohydrates	34,24 ± 0,49	136,97 ± 1,94
Sodium/Natri	1,33 ± 0,01	0
Tổng		453,411 ± 3,05

Chất béo (33,89±0,43 g) trong phô mai được xem là nguồn năng lượng chính, đồng thời chất béo trong phô mai thuần chay là chất béo không bão hòa, có nhiều lợi ích cho sức khỏe như giảm nguy cơ mắc các bệnh tim mạch, giảm nguy cơ tiểu đường, và tăng mức cholesterol có lợi [36]. Carbohydrates (34,24±0,49 g) chiếm vị trí thứ hai trong nguồn năng lượng. Các carbohydrates trong hạt điều có khả năng làm tăng đường huyết chậm và giảm tình trạng chuyển hóa thành chất béo [37]. Protein (2,84±0,65 g) chiếm tỉ lệ thấp nhất

trong phô mai. Ngoài ra, phô mai còn chứa Natri ($1,33\pm 0,01$ g), Natri là một nguyên tố vi lượng cần thiết cho sức khỏe, tham gia trong dịch ngoại bào, điều chỉnh thể tích huyết tương và vận chuyển chất trong tế bào. Natri phục vụ nhiều chức năng sinh lý, bao gồm hấp thụ chất dinh dưỡng và duy trì cân bằng chất lỏng [38]. Muối cũng tăng áp suất thẩm thấu trong pha nước của thực phẩm, gây mất nước cho vi khuẩn, gây chết hoặc ngăn chặn sự phát triển và sinh sôi nảy nở của chúng [39]. Tóm lại, kết quả tính tổng năng lượng của sản phẩm phô mai tạo thành theo công thức 1 đạt ($453,411\pm 3,05$) kcal/100 g phô mai. Giá trị năng lượng này cao hơn so với các sản phẩm phô mai thông thường.

4 KẾT LUẬN

Hạt điều có thành phần dinh dưỡng cao, đặc biệt là chất béo và chất đạm. Sữa hạt điều có khả năng sử dụng để chế biến phô mai thực vật. Trong 3 loại polysaccharides khảo sát, tinh bột sắn được xem là loại có khả năng tạo độ nhớt cao nhất. Khi kết hợp tinh bột sắn với agar, sản phẩm phô mai thực vật có độ tan chảy tốt. Tuy nhiên, agar làm giảm độ tan chảy của phô mai. Tinh bột sắn được coi là loại polysaccharides hiệu quả nhất trong việc tạo ra các tính chất mong muốn cho phô mai thực vật. Bằng phương pháp ủ lên men tự nhiên, phô mai thành phẩm từ nghiên cứu này có hạn sử dụng là 4 ngày nếu được bảo quản kín ở nhiệt độ $5-7^{\circ}\text{C}$. Giá trị năng lượng tổng của phô mai tạo thành xác định được là ($453,411\pm 3,05$) kcal/100 g. Các nghiên cứu tiếp theo có thể tập trung vào đánh giá cảm quan và khảo sát mức độ chấp nhận của người tiêu dùng, cũng như khảo sát hệ vi sinh vật trong quá trình ủ lên men tự nhiên trong phô mai trong vòng 24 giờ.

LỜI CẢM ƠN

Cảm ơn Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ kinh phí cho đề tài nghiên cứu khoa học sinh viên mã số 22/2SHTPSV08, đồng cảm ơn Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm đã tạo mọi điều kiện thuận lợi về trang thiết bị để chúng tôi hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] P.F. Fox, and P.L.H. McSweeney, Chapter 1 - Cheese: An Overview, in *Cheese (Fourth Edition)*, 2017, pp. 5-21.
- [2] B.K.S. Khanal, B. Bhandari, et.al., Modifying textural and microstructural properties of low fat Cheddar cheese using sodium alginate. *Food Hydrocolloids*, vol. 83, pp. 97-108, 2018.
- [3] D. Yunita, D. Mariska, et.al., Effect of grated coconut and water ratio and commercial cheese starter percentage on characteristics of soft cheese made from coconut milk, in *Earth and Environmental Science*, vol. 951, pp. 012104, 2022.
- [4] N. Kampf, and A. Nussinovitch, Hydrocolloid coating of cheeses. *Food Hydrocolloids*, vol. 14, no. 6, pp. 531-537, 2000.
- [5] W.C. Willett, Milk and health. *New England Journal of Medicine*, vol. 382, no. 7, pp. 644-654, 2020.
- [6] V. Domínguez-Narváez, M. Radice, Vegan cheese from *Lupinus mutabilis*. *A preliminary study*, 2020.
- [7] N. Noronha, E. Duggan, et.al., Inclusion of starch in imitation cheese: Its influence on water mobility and cheese functionality. *Food Hydrocolloids*, vol. 22, no. 8, pp. 1612-1621, 2008.
- [8] D.J. McClements, Biopolymers in food emulsions, in *Modern biopolymer science*, 2009, pp. 129-166.
- [9] L.L. Delgado, and M. Masuelli, Polysaccharides: concepts and classification. Evolution in *Polymer Technology Journal*, vol. 2, no. 2, 2019.
- [10] R. Kamath, S. Basak, et.al., *Recent trends in the development of healthy and functional cheese analogues-a review*, vol. 155, pp. 112991, 2022.
- [11] A.T. Oyeyinka, J.O. Odukoya, and Y.S. Adebayo, Nutritional composition and consumer acceptability of cheese analog from soy and cashew nut milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 43, no. 12, pp. e14285, 2019.

- [12] F.M. Allai, B. Dar, K. Gul, et.al., Development of Protein Rich Pregelatinized Whole Grain Cereal Bar Enriched With Nontraditional Ingredient: Nutritional, Phytochemical, Textural, and Sensory Characterization, *Frontiers in Nutrition*, vol. 9, pp. 870819, 2022.
- [13] V.S. Barath, F.J. Faber, S. Westland, Spectrophotometric analysis of all-ceramic materials and their interaction with luting agents and different backgrounds. *Adv Dent Res*, vol. 17, pp. 55-60, 2003.
- [14] D. Haytowitz, J. Ahuja, X. Wu, et.al., USDA National Nutrient Database for standard reference, legacy. *USDA National Nutrient Database for Standard Reference*, 2018.
- [15] Bộ Y Tế Viện Dinh Dưỡng Thực Phẩm Việt Nam, Bảng Thành Phần Thực Phẩm Việt Nam, 2007.
- [16] W.J. Craig, A.R. Mangels, and C.J. Brothers, Nutritional profiles of non-dairy plant-based cheese alternatives. *Nutrients*, vol. 14, no. 6, pp. 1247, 2022.
- [17] R. Rico, M. Bulló, and J. Salas- Salvadó, Nutritional composition of raw fresh cashew (*Anacardium occidentale* L.) kernels from different origin. *Food science & nutrition*, vol. 4, no. 2, pp. 329-338, 2016.
- [18] L. Griffin, and L. Dean, Nutrient composition of raw, dry-roasted, and skin-on cashew Nuts. *Journal of Food Research*, vol. 6, no. 6, pp. 13-28, 2017.
- [19] N.N. Oliveira, Cashew nut and cashew apple: a scientific and technological monitoring worldwide review. *Journal of Food Science and Technology*, vol. 57, pp. 12-21, 2020.
- [20] T. Akinhanmi, V. Atasié, and P. Akintokun, Chemical composition and physicochemical properties of cashew nut (*Anacardium occidentale*) oil and cashew nut shell liquid. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*, vol. 2, no. 1, pp. 1-10, 2008.
- [21] M. Aremu, and O. Akinwumi, Extraction, compositional and physicochemical characteristics of cashew *Anacardium occidentale*. nuts reject oil. *Asian journal of applied science and engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 33-40, 2014.
- [22] E. Rodriguez- Sandoval, M. Cortes- Rodriguez, and K. Manjarres- Pinzon, Effect of hydrocolloids on the pasting profiles of tapioca starch mixtures and the baking properties of gluten- free cheese bread. *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 39, no. 6, pp. 1672-1681, 2015.
- [23] T.N. Bửu, Khảo sát nhiệt độ hồ hoá và cấu trúc tinh bột từ củ của hai loài thuộc chi nưa (*amorphophallus*): a study on the structure and gelatinization temperature of starch granules from tubers of two species of genus *Amorphophallus*. *Tạp chí Khoa học và công nghệ nông nghiệp Trường Đại học Nông Lâm Huế*, vol. 4, no. 2, pp. 1842-1850, 2020.
- [24] M.Z.I. Sarker, M.A. Elgadir, S. Ferdosh, et.al., Rheological behavior of starch- based biopolymer mixtures in selected processed foods. *Starch- Stärke*, vol. 65, no. 1- 2, pp. 73-81, 2013.
- [25] H.A. Murad, A.G. Abo-Elkhair, and H.H. Azzaz, Production of xanthan gum from nontraditional substrates with perspective of the unique properties and wide industrial applications. *JSMC Microbiol*, vol. 1, no. 6, 2019.
- [26] T. Riaz, M.W. Iqbal, B. Jiang, et.al., A review of the enzymatic, physical, and chemical modification techniques of xanthan gum. *Int J Biol Macromol*, vol. 186, pp. 472-489, 2021.
- [27] W. Gustaw, and S. Mleko-Milchwissenschaft, The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft*, vol. 62, no. 1, pp. 59, 2007.
- [28] K.A. Abbas, S.K. Khalil, and A.S.M. Hussin, Modified starches and their usages in selected food products: A review study. *Journal of Agricultural Science*, vol. 2, no. 2, pp. 90, 2010.

- [29] L. Nateghi, S. Roohinejad, A. Totosa, et.al., Physicochemical and textural properties of reduced fat Cheddar cheese formulated with xanthan gum and/or sodium caseinate as fat replacers. *J. Food Agr. Environ*, vol. 10, pp. 59-63, 2012.
- [30] N.M. Brennan, A.C. Ward, T.P. Beresford, et.al., Biodiversity of the bacterial flora on the surface of a smear cheese. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 68, no. 2, pp. 820-830, 2002.
- [31] M.A. Rudan, and D.M. Barbano, A model of Mozzarella cheese melting and browning during pizza baking. *Journal of Dairy Science*, vol. 81, no. 8, pp. 2312-2319, 1998.
- [32] J. Ah, and G.P. Tagalpallewar, Functional properties of Mozzarella cheese for its end use application. *Journal of food science and technology*, vol. 54, pp. 3766-3778, 2017.
- [33] A. Shams El Din, A. El-Dardiry, et.al., Influence of Added Cassava Flour (*Manihot esculenta*) on the Properties of kareish cheese. *Journal of Food and Dairy Sciences*, vol. 13, no. 1, pp. 25-31, 2022.
- [34] E. Hughes, A.M. Mullen, and D.J. Troy, Effects of fat level, tapioca starch and whey protein on frankfurters formulated with 5% and 12% fat. *Meat Science*, vol.48, no. 1-2, pp. 169-180, 1998.
- [35] U. Onken, and E. Liefke, Effect of total and partial pressure (oxygen and carbon dioxide) on aerobic microbial processes. *Bioprocesses and engineering*, 2005, pp. 137-169.
- [36] W.C. Willett, Dietary fats and coronary heart disease. *Journal of internal medicine*, vol. 272, no. 1, pp. 13-24, 2012.
- [37] D. Topping, Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health. *Journal of Cereal Science*, vol. 46, no.3, pp. 220-229, 2007.
- [38] N.R. Cook, F.J. He, et.al., Sodium and health—concordance and controversy. *bmj*, vol. 369, 2020.
- [39] A.G. Cruz, J.A.F. Faria, et.al., Cheeses with reduced sodium content: Effects on functionality, public health benefits and sensory properties. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 22, no. 6, pp. 276-291, 2011.

YSC5.F207

CHẾ TẠO MÀNG FILM DẪN NHIỆT GRAPHENE FLUORIDE/ARAMID NANOFIBER ỨNG DỤNG TẢN NHIỆT TRONG THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ

PHẠM TRUNG NHÂN, PHẠM VĨ NGUYỄN, NGUYỄN CHÍ THIÊN, TRƯƠNG HOÀI NAM, CHÂU TẤN LỘC, PHẠM HOÀNG ÁI LÊ*, NGUYỄN VĂN CUỒNG*

*Khoa Công nghệ Hoá học, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh
phamhoangaile@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Sự phát triển nhanh chóng của khoa học công nghệ dẫn đến sự phát triển của rất nhiều thiết bị điện tử tiên tiến như điện thoại thông minh, máy tính, laptop. Vì thế, nhu cầu về vật liệu dẫn nhiệt ứng dụng tản nhiệt trong các thiết bị điện tử ngày càng lớn. Tuy nhiên, đa phần các vật liệu dẫn nhiệt hiện tại có tính chất cơ học và khả năng bền nhiệt kém. Trong nghiên cứu này, màng film dẫn nhiệt được tổng hợp bằng cách phối trộn sợi nano aramid (ANF) làm khung gia cố cơ học với chất dẫn nhiệt graphene flouride (GF), sau đó tạo thành film bằng phương pháp lọc chân không. Độ dẫn nhiệt của màng film với GF nồng độ khác nhau được đo bằng phương pháp khuếch tán nhiệt. Kết quả cho thấy, độ dẫn nhiệt song song của màng GF40/ANF có hàm lượng GF 40 wt% đạt được 9 W/mK và hầu như không thay đổi theo nhiệt độ môi trường, cho thấy độ ổn định nhiệt rất tốt. Hơn thế nữa, màng film GF40/ANF có tính chất cơ học ưu việt: độ bền kéo (120 MPa) và độ dẻo dai (7,55 MJ/m³). Với những đặc tính như đã nêu, màng GF/ANF là một vật liệu rất hứa hẹn ứng dụng cho tản nhiệt trong các thiết bị điện tử, đặc biệt trong các lĩnh vực yêu cầu khắt khe về tính chất cơ học và độ ổn định nhiệt.

Từ khoá. Graphene flouride, sợi nano aramid, độ dẫn nhiệt, tính chất cơ học, lọc chân không

SYNTHESIS THERMOCONDUCTIVE GRAPHENE FLUORIDE BASED ARAMID NANOFIBER FILMS FOR HEAT DISSIPATION IN ELECTRONIC DEVICES

Abstracts. The rapid development of science and technology has led to the development of various advanced electronic devices, such as smartphones, computers, and laptops. Therefore, the application of thermally conductive materials in electronic devices is more and more demanding. However, most thermally conductive materials have poor mechanical properties and low resistance (<200 °C). In this study, thermally conductive films which combined aramid nanofibers (ANF) as reinforced blocks and graphene fluoride (GF) as a thermally conductive filler were fabricated using the vacuum filtration method. The thermal conductivity of films with different concentrations of GF is measured by the thermal diffusion method. The results indicate that the in-plane thermal conductivity of the GF40/ANF reached 9 W/mK. In addition, GF40/ANF film also has excellent mechanical properties: tensile strength (>120 MPa) and toughness (7.55 MJ/m³). With the mentioned properties, GF/ANF film is a very promising material for heat dissipation in electronic devices, especially where high mechanical performance and temperature stability are strictly required.

Keywords. Graphene fluoride, Aramid nanofiber, Thermal conductivity, Mechanical properties.

1 GIỚI THIỆU

Những thiết bị điện tử thế hệ mới hiện nay được phát triển với mục tiêu hướng tới là có công suất cao, tích hợp được nhiều công nghệ, vận hành nhiều chức năng cùng lúc và giảm thiểu kích thước như mỏng hơn, nhẹ hơn, nhỏ hơn [1]. Tuy nhiên, khi các thiết bị điện tử như vậy hoạt động, chúng sẽ sinh ra một lượng nhiệt cao. Vì thế, sự tích tụ nhiệt lượng quá lớn bên trong gây ảnh hưởng lớn đến độ ổn định, tuổi thọ của thiết bị, hay nguy hiểm hơn nữa là có thể gây cháy nổ, và gây ảnh hưởng đến sức khỏe của người sử dụng [2][3]. Trước những nhu cầu cấp thiết như vậy, những vật liệu tản nhiệt tiên tiến với độ dẫn nhiệt cao đã

trở thành giải pháp chính để giải quyết vấn đề này. Điển hình, các vật liệu polyme compozit dẫn nhiệt được trộn với một số chất độn có dẫn nhiệt cao như graphene, ống nano cacbon (carbon nanotubes) [4], nhôm nitride (AlN)[5], tấm nano boron nitride (BN) [6] đã được chú ý trong những năm trở lại đây. Trong những chất độn dẫn nhiệt này, graphene được coi là một chất độn dẫn điện tiềm năng để chế tạo polyme compozit dẫn nhiệt với hiệu năng tản nhiệt cao do graphene có độ dẫn nhiệt cực cao (5300 W/mK) và tính chất cơ học ưu việt [7][8]. Mặc dù có khả năng tản nhiệt nhanh, vật liệu polyme compozit dựa trên graphene thông thường đi kèm với độ dẫn điện cao vì graphene có độ dẫn điện cực cao. Điều này hạn chế việc ứng dụng thực tế của nó trong thiết bị điện tử - nơi mà độ cách điện cao là yêu cầu bắt buộc.

Graphene flouride (GF), là một vật liệu nhận được sự chú ý trong các dẫn xuất của graphene, vì chúng có điện trở suất cao do sự biến đổi cấu trúc của liên kết C-C từ sp^2 sang sp^3 do quá trình flo hoá. GF được chứng minh là chất cách điện tốt với điện trở suất $>10^{12} \Omega\text{cm}$ [9]. Hơn nữa, độ dẫn nhiệt lý thuyết của GF đã được chứng minh là cao tới 1800 W/mK ở mức độ flo hóa 100% [10]. Với những đặc điểm ưu việt này, GF vừa giải quyết được vấn đề độ dẫn điện của graphene vừa giữ được tính dẫn nhiệt cao của nó, vì vậy vật liệu này hứa hẹn sẽ là nền tảng rất tốt cho việc chế tạo polyme compozit dẫn nhiệt hiệu suất cao.

Polyme compozit được sử dụng để làm vật liệu dẫn nhiệt còn có những vấn đề khác, đó là đặc tính cơ học cùng với khả năng chịu nhiệt còn khá kém, khiến cho việc ứng dụng chúng vào trong thực tế còn bị hạn chế rất nhiều, nhất là trong ngành hàng không vũ trụ và quân sự. Do đó, việc tổng hợp được vật liệu dẫn nhiệt vượt trội, có tính chất cơ học tuyệt vời và khả năng chịu nhiệt cao dựa trên GF là rất đáng mong chờ, nhưng vẫn là một thách thức rất lớn.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã nghiên cứu chế tạo các màng film tổng hợp gồm sợi nano aramid (ANF) và GF bằng phương pháp lọc chân không. Các màng GF/ANF thu được cho thấy cấu trúc lớp được sắp xếp hoàn chỉnh, GF phân tán đều không bị kết tụ. Kết quả thu được, màng GF/ANF với hàm lượng của GF là 40 wt% có độ dẫn nhiệt song song mặt phẳng vượt trội đến 9 W/mK. Ngoài ra, màng GF/ANF còn thể hiện khả năng chịu nhiệt tuyệt vời, độ dẫn nhiệt không thay đổi đáng kể ngay cả khi nhiệt độ lên tới 200 °C. Quan trọng hơn, màng GF/ANF còn sở hữu độ bền kéo cao 120 MPa và độ dẻo dai lên đến 7,55 MJ/m³. Với những tính chất ưu việt này, màng GF/ANF hứa hẹn sẽ trở thành vật liệu quản lý nhiệt hiệu quả vượt trội cho các hệ thống và thiết bị điện tử có công suất cao, tạo nền tảng cho sự phát triển về khoa học công nghệ trong hiện tại và tương lai.

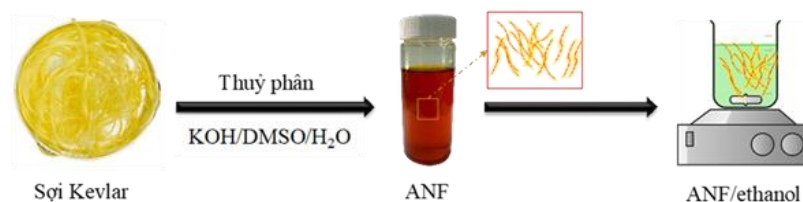
2 THÍ NGHIỆM

2.1 Nguyên liệu

Graphite fluoride được cung cấp bởi công ty ACS Materials (Hoa kỳ). Ethanol, dimethylsulfoxide (DMSO), kali hydroxit (KOH) được mua từ công ty Thermo Fisher (Hoa kỳ). Sợi Kevlar được mua từ công ty Dupont (Hoa kỳ).

2.2 Tổng hợp sợi nano aramid (ANF)

Sợi nano aramid được chuẩn bị bằng cách thủy phân sợi Kevlar [11] theo sơ đồ trong Hình 1. Hoà tan 0,9 g KOH trong hỗn hợp dung dịch của 192 mL DMSO và 8 mL H₂O, sau đó cho từ 0,6 g sợi Kevlar (đã được cắt nhỏ thành các đoạn dài từ 5-10 cm) vào dung dịch. Hỗn hợp sau đó được khuấy từ gia nhiệt (500 vòng/phút) trong bể dầu tại nhiệt độ 70 °C trong 4 h để thu được dung dịch sợi nano aramid màu đỏ đậm có nồng độ 3 mg/mL.

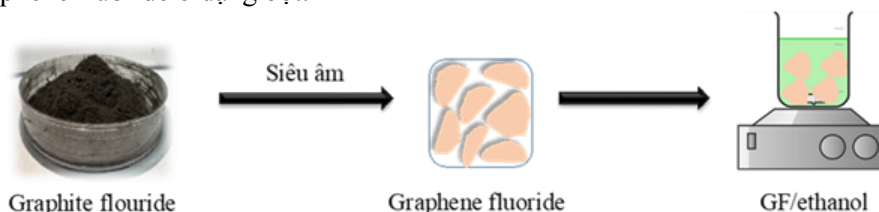


Hình 1. Tổng hợp sợi nano aramid

2.3 Tổng hợp graphene fluoride (GF)

Graphene fluoride được tổng hợp bằng phương pháp đánh siêu âm theo sơ đồ trong Hình 2. Graphite fluoride được phân tán trong ethanol với nồng độ là 2 mg/mL và dung dịch được đánh siêu âm trong vòng

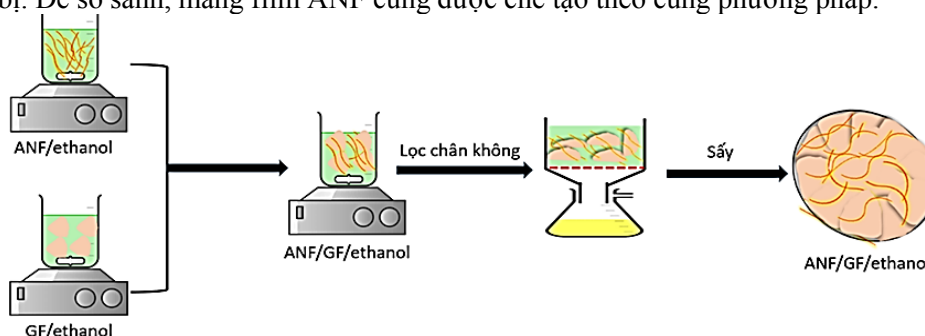
4 h. Sau đó, dung dịch được đem đi ly tâm với tốc độ 3000 rpm. Phần cặn chứa graphite fluoride chưa phân tách, phần lỏng có chứa graphene fluoride được thu lại và trải qua quá trình lọc chân không và sấy tại 90°C để thu được graphene fluoride ở dạng bột.



Hình 2. Tổng hợp Graphene fluoride

2.4 Tổng hợp màng film GF/ANF

Màng film GF/ANF được tổng hợp bằng phương pháp đánh siêu âm theo sơ đồ trong Hình 3. Cân một lượng GF và cho vào 10 mL dung môi ethanol sau đó khuấy từ với tốc độ 500 vòng/phút trong 15 phút để GF phân tán tốt trong dung môi ethanol. Trong khi đó, một lượng dung dịch nano aramid được cho vào becker có chứa 10 mL nước cất, hỗn hợp được khuấy từ (500 vòng/phút) trong 5 phút để rửa sợi nano aramid, sau đó hỗn hợp này được lọc chân không để loại bỏ dung dịch rửa sao cho phần lọc còn tương đối ẩm. Lấy phần rắn lọc được cho vào 10 mL dung dịch ethanol rồi khuấy từ trong 15 phút với tốc độ 500 vòng/phút. Cho dung dịch ANF vào becker chứa GF/ethanol ban đầu rồi tiếp tục khuấy ở tốc độ 1000 vòng/phút trong 15 phút cho GF phân tán đều trong dung dịch ANF. Cuối cùng, hỗn hợp GF/ANF được lọc qua màng Polytetrafluoroethylene (PTFE) để tạo thành màng GF/ANF. Màng sau khi lọc đem đi sấy ở nhiệt độ 90°C trong 2 ngày. Một loạt các màng GF/ANF với hàm lượng khối lượng GF khác nhau (20-60%) được chuẩn bị. Để so sánh, màng film ANF cũng được chế tạo theo cùng phương pháp.



Hình 3. Quy trình chế tạo màng film GF/ANF

2.5 Phương pháp phân tích

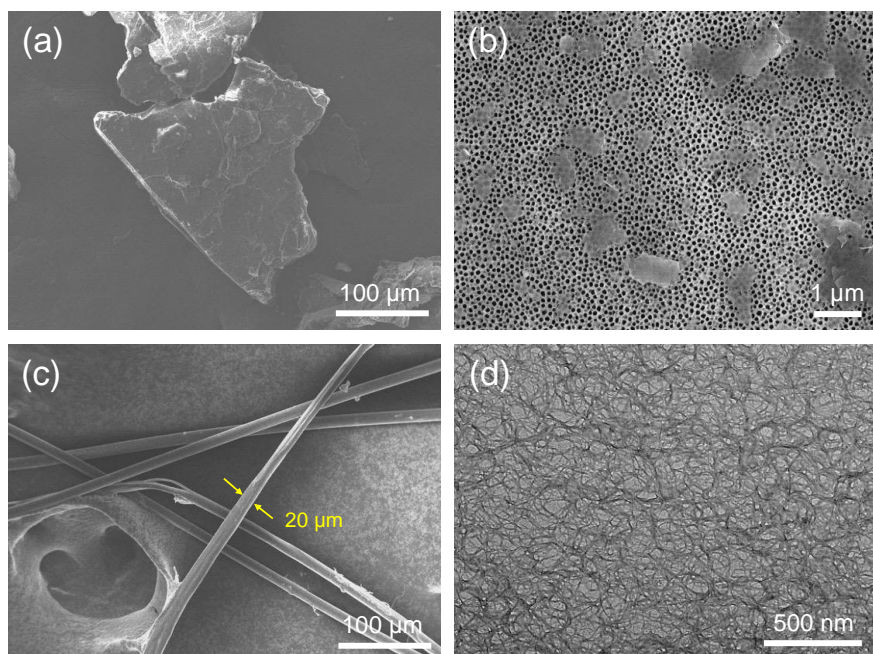
Hình thái học của vật liệu được đo sử dụng kính hiển vi điện tử quét (Scanning Electron Microscopy, GeminiSEM 360, ZEISS) và kính hiển vi điện tử truyền qua (Transmission Electron Microscopy, JEM-1400Flash, JEOL) [12]. Độ bền cơ học của màng film GF/ANF được đo sử dụng máy đo vạn năng ZwickiLine Z0.5 (Zwick-Roell) [13]. Mẫu được cắt với kích thước (rộng 0,5 cm, dài 5 cm). Tốc độ kéo 1 mm/s. Độ dẫn nhiệt của màng GF/ANF được đo bằng phương pháp laser flash sử dụng máy LFA 476 (Netzsch) [14,15] với kích thước mẫu (rộng 1,5 cm, dài 2,2 cm). Độ cách điện của màng GF/ANF được đo bằng phương pháp 4 đầu dò [16][17], sử dụng máy Cascade CPS-06 kết hợp với máy Keithley 2400 Source-Meter.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Hình thái học

Hình 4 trình bày hình thái học của chất độn và chất nền cấu tạo của màng film GF/ANF. Hình 4a cho thấy graphite fluoride có cấu trúc hai chiều (2D), dạng miếng có bản rộng với kích thước lớn hơn 200 μm và độ dày nhỏ. Sau quá trình đánh ly tâm, graphite fluoride bị phân tách thành các miếng nano graphene fluoride

có kích thước 1-2 μm và độ dày ở kích thước nm (Hình 4b). Hình 4c cho thấy sợi kevlar có đường kính khoảng 20 μm . Sau quá trình thủy phân trong dung dịch KOH/DMSO thu được sợi nano aramid. Hình 4d cho thấy, sợi nano aramid có đường kính với kích thước vài nm, độ dài vài μm . Các sợi nano aramid có xu hướng kết dính lại với nhau do chúng có tương tác liên kết hydro mạnh.



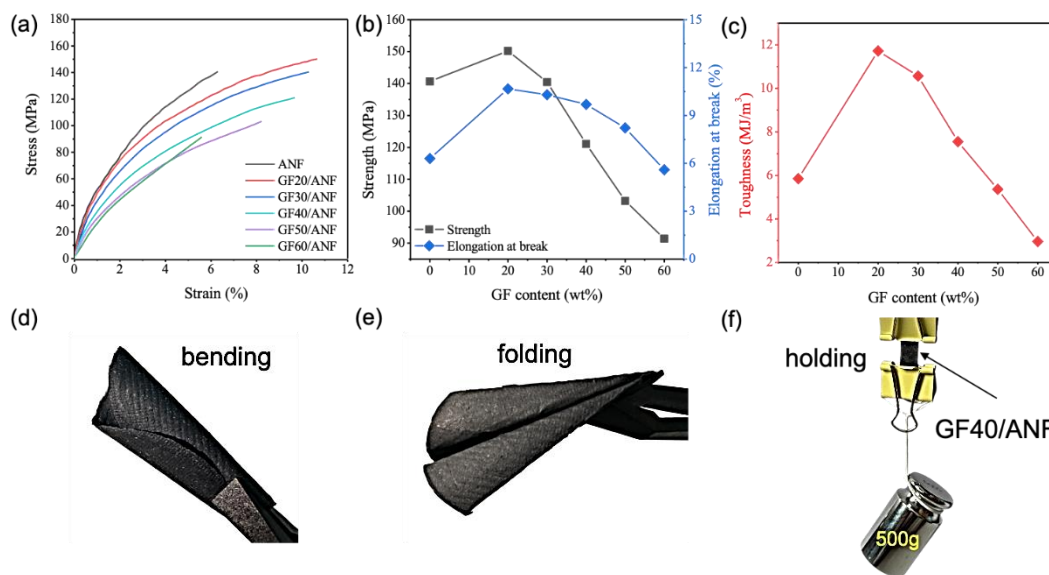
Hình 4. Hình SEM của (a) graphite fluoride, (b) GF, (c) sợi Kevlar, (d) Hình TEM của ANF.

3.2 Độ bền cơ học của màng film GF/ANF

Vật liệu dẫn nhiệt có độ bền cơ học tốt là yêu cầu cần thiết để nó có thể được ứng dụng tản nhiệt trong các thiết bị điện tử thông minh. Kết quả độ bền cơ học của màng film GF/ANF với hàm lượng chất độn GF khác nhau được trình bày ở Hình 5. Hình 5a và 5b cho thấy độ bền kéo của màng film ANF đạt được là 140,68 MPa và độ giãn dài khoảng 6,3%. Điều đó cho thấy màng film ANF có độ cơ học ưu việt hơn cả màng film sợi nano cellulose có độ bền kéo khoảng 110 MPa [18]. Tuy nhiên, khi cho chất độn GF có hàm lượng 20% vào màng film ANF thì màng GF20/ANF thu được có độ bền kéo tăng lên 150 MPa. Khi hàm lượng chất độn GF lớn hơn 30% thì độ bền kéo của màng film GF/ANF thu được bị giảm. Ví dụ như với hàm lượng khối lượng của GF là 60% thì độ bền kéo giảm còn khoảng 91 MPa cùng với độ giãn dài là 5,6%. Việc thêm chất độn GF vào khiến cho độ bền của màng film giảm xuống là do chất độn GF làm xáo trộn và ngăn cản liên kết liên tục của sợi nano aramid trong màng film. Điều này đã được chứng minh trong rất nhiều nghiên cứu chế tạo màng film có trộn chất độn (ví dụ boron nitride, graphene, carbon nanotube) trước đây [19–21]. Nhưng đáng chú ý là màng film GF/ANF vẫn duy trì độ bền kéo lớn hơn 90 MPa ngay cả khi ở hàm lượng chất độn GF là 60%. Với độ bền kéo này, màng film GF60/ANF vẫn đáp ứng được yêu cầu về độ bền kéo cho các ứng dụng tản nhiệt trong thiết bị điện tử.

Hình 5c cho thấy độ dẻo dai của màng film ANF là cực cao khoảng 5,85 MJ/m³. Độ dẻo dai của màng GF/ANF cao hơn so với màng film ANF. Độ dẻo dai tăng lên khoảng 11,7 MJ/m³ khi màng film ANF chứa hàm lượng GF là 20 wt%. Tuy nhiên khi tăng hàm lượng GF trên 30 wt% thì độ dẻo dai của màng lại giảm xuống. Đặc biệt, khi hàm lượng chất độn GF tăng lên 40 wt%, 50 wt%, 60 wt%, độ dẻo dai của màng film lại giảm mạnh xuống lần lượt là 7,5 MJ/m³, 5,36 MJ/m³ và 2,96 MJ/m³.

Hình 5d-f cho thấy màng film GF40/ANF có độ bền cơ học ưu việt. Màng film GF40/ANF có thể bị bẻ cong (Hình 5d), hay gấp nhiều lần (Hình 5e) mà vẫn không bị rách. Trong khi đó, Hình 5f cho thấy màng GF40/ANF có khả năng giữ quả cân có khối lượng 500 g mà không bị đứt gãy.



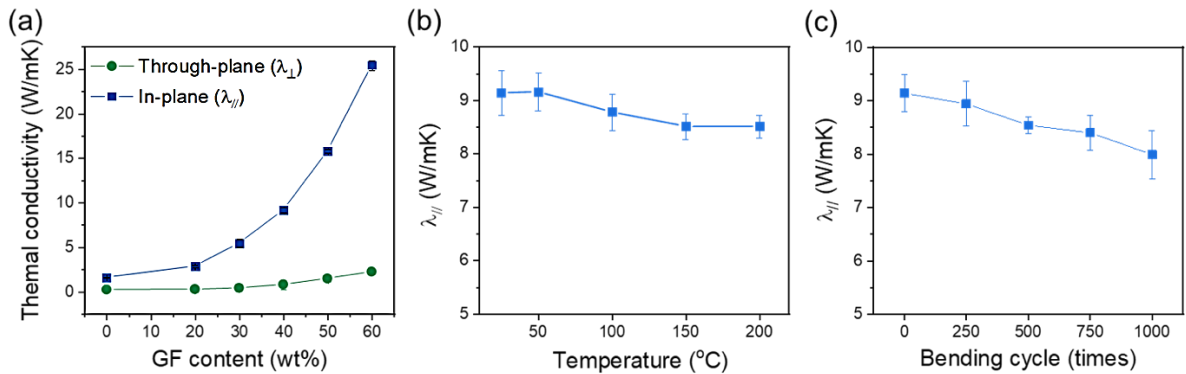
Hình 5. (a) Đường cong độ bền kéo – độ giãn dài của màng film GF/ANF với các hàm lượng chất độn GF khác nhau, (b) tổng hợp độ bền kéo và độ giãn dài của màng film GF/ANF với các hàm lượng chất độn GF khác nhau, (c) độ dẻo dai của màng film GF/ANF với các hàm lượng chất độn GF khác nhau, (d) thí nghiệm bẻ cong màng film GF40/ANF, (e) thí nghiệm gấp nhiều lần màng film GF40/ANF, (f) thí nghiệm giữ quả cân khối lượng 500g của màng GF40/ANF.

3.3 Độ dẫn nhiệt của màng GF/ANF

Độ dẫn nhiệt của màng film GF/ANF được đo bằng phương pháp laser flash. Kết quả đo độ dẫn nhiệt của màng film GF/ANF được trình bày ở Hình 6. Kết quả cho thấy, độ dẫn nhiệt $\lambda_{//}$ của màng ANF là tương đối cao (1,5 W/mK) bởi vì chúng có độ kết tinh cao và khả năng định hướng cao của sợi ANF dọc theo hướng trong mặt phẳng. Khi cho chất độn GF vào màng ANF làm cho độ dẫn nhiệt $\lambda_{//}$ của màng film GF/ANF tăng cao đáng kể. Với hàm lượng chất độn GF tăng lên 30 wt% thì độ dẫn nhiệt $\lambda_{//}$ của màng film GF/ANF tăng tuyến tính lên đến 5,63 W/mK. Nhưng khi hàm lượng chất độn GF tăng lên hơn 30 wt%, thì độ dẫn nhiệt $\lambda_{//}$ của màng GF/ANF tăng lên một cách nhanh chóng. Ví dụ, khi khối lượng của chất độn GF 50 wt%, thì độ dẫn nhiệt $\lambda_{//}$ của màng GF50/ANF đạt được 16 W/mK, cao gấp gần 3 lần so với độ dẫn nhiệt của màng film GF30/ANF, và cao gấp hơn 10 lần so với độ dẫn nhiệt của màng film ANF. Sự kết hợp của chất độn GF vào màng film ANF làm cho độ dẫn nhiệt $\lambda_{//}$ của màng film GF/ANF tăng cao là do chất độn GF có độ dẫn nhiệt $\lambda_{//}$ cao (1800 W/mK), và do sự sắp xếp có định hướng theo phương song song với mặt phẳng tạo ra nhiều mạng dẫn nhiệt. Điều đó làm giảm đáng kể sự tán xạ phonon (phonon scattering) theo hướng song song với mặt phẳng và do đó nâng cao đáng kể khả năng truyền dẫn của phonon, kết quả là làm tăng đáng kể độ dẫn nhiệt của màng GF/ANF.

Trong khi đó, độ dẫn nhiệt theo phương vuông góc λ_{\perp} của màng GF/ANF cũng tăng tỷ lệ thuận theo hàm lượng chất độn GF, nhưng rõ ràng là thấp hơn so với độ dẫn nhiệt theo phương song song. Điều đó cho thấy màng GF/ANF có tính chất dẫn nhiệt bất đẳng hướng cao. Ví dụ, tại hàm lượng chất độn GF 60 wt%, màng GF60/ANF có độ dẫn nhiệt $\lambda_{//}$ là 25 W/mK, trong khi đó độ dẫn nhiệt λ_{\perp} chỉ đạt được 2,5 W/mK. Độ ổn định ở nhiệt độ cao là yêu cầu quan trọng đối với các vật liệu dẫn nhiệt trong các thiết bị điện tử hiện đại. Hình 6b cho thấy độ dẫn nhiệt $\lambda_{//}$ của màng GF40/ANF được đo tại các nhiệt độ khác nhau. Kết quả cho thấy, màng GF40/ANF có độ ổn định nhiệt tốt ngay cả ở nhiệt độ cao. Ví dụ, khi nhiệt độ tăng lên đến 200°C, độ dẫn nhiệt $\lambda_{//}$ của màng GF40/ANF giảm tương đối thấp (<10%) so với khi đo tại 25 °C. Điều đó cho thấy rằng màng film vẫn duy trì các đặc tính dẫn nhiệt tốt của mình ngay cả ở nhiệt độ cao. Bên cạnh đó, Hình 6c trình bày mối quan hệ giữa độ dẫn nhiệt $\lambda_{//}$ của màng film GF40/ANF với số chu kỳ uốn khác nhau. Kết quả cho thấy rằng độ dẫn nhiệt $\lambda_{//}$ của màng film GF40/ANF hầu như không bị ảnh hưởng ngay cả sau khi chịu tới 1000 chu kỳ uốn với bán kính uốn cong là 4 mm. Ví dụ, sau khi bị uốn cong 1000 lần, độ dẫn nhiệt $\lambda_{//}$ của màng film GF40/ANF là 8,2 W/mK, chỉ giảm dưới 10% so với ban đầu. Điều đó cho thấy rằng màng film GF40/ANF này có thể chịu được tác động cơ học lặp đi lặp lại nhiều lần mà

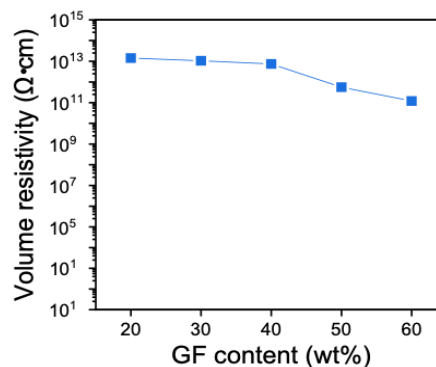
không bị suy giảm đáng kể về hiệu suất dẫn nhiệt. Đặc điểm này rất quan trọng trong các ứng dụng yêu cầu tính linh hoạt và độ bền cao, chẳng hạn như trong các thiết bị điện tử linh hoạt hoặc thiết bị đeo được. Những kết quả này chứng tỏ rằng màng film GF40/ANF có khả năng chịu đựng và có độ tin cậy cao ngay ở khi ở nhiệt độ cao và chịu tác động cơ học lớn.



9 (a) Độ dẫn nhiệt theo hướng song song (in-plane, λ_{\parallel}) và vuông góc (through-plane, λ_{\perp}) với mặt phẳng của màng film GF/ANF với các hàm lượng chất độn GF khác nhau. (b) λ_{\parallel} của màng film GF40/ANF đo tại các nhiệt độ khác nhau. (c) λ_{\parallel} của màng film GF40/ANF sau khi bị gấp.

3.4 Độ cách điện của màng film GF/ANF

Ngoài những tính chất cơ học ưu việt, độ dẫn nhiệt cao thì tính chất cách điện cũng là một yếu tố thiết yếu cho ứng dụng tản nhiệt của màng film GF/ANF trong các thiết bị điện tử công nghệ cao. Hình 7 trình bày sự thay đổi của điện trở suất của màng film GF/ANF với các hàm lượng chất độn GF khác nhau. Kết quả cho thấy, điện trở suất giảm khi hàm lượng GF tăng lên. Ví dụ, màng film GF20/ANF với hàm lượng chất độn GF 20 wt% có điện trở suất là $10^{13,3} \Omega\text{cm}$, trong khi đó màng GF40/ANF với hàm lượng GF là 40 wt% thì có điện trở suất là $10^{13} \Omega\text{cm}$. Dù vậy màng film GF/ANF vẫn có được điện trở suất cao, ngay cả màng film GF/ANF có hàm lượng GF 60 wt% thì điện trở suất của nó ($10^{11} \Omega\text{cm}$) vẫn cao hơn điện trở suất tối thiểu của vật liệu cách điện là $10^9 \Omega\text{cm}$. Các ưu điểm kết hợp như độ dẫn nhiệt vượt trội, độ bền cơ học ưu việt cùng với tính cách điện tuyệt vời của màng film GF/ANF khiến chúng có triển vọng cao trong ứng dụng quản lý tản nhiệt trong các thiết bị điện tử công suất cao. Bởi vì, màng film GF/ANF có khả năng dẫn nhiệt hiệu quả trong khi vẫn duy trì khả năng cách điện đầy đủ, do đó đáp ứng các yêu cầu thiết yếu để các linh kiện điện tử vận hành an toàn và đáng tin cậy.



Hình 7. Điện trở suất của màng film GF/ANF với các hàm lượng chất độn GF khác nhau.

4 KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã thành công trong việc tổng hợp màng film dẫn nhiệt với tính chất cơ học tốt bằng cách phối trộn sợi nano aramid (ANF) làm khung gia cố cơ học với chất độn dẫn nhiệt graphene flouride (GF). Thực nghiệm đo độ dẫn nhiệt đã cho thấy, độ dẫn nhiệt song song của màng film GF40/ANF có hàm lượng GF 40 wt% đạt 9 W/mK và hầu như không thay đổi theo nhiệt độ bên ngoài, cho thấy độ ổn định nhiệt rất tốt. Ngoài ra, màng film GF40/ANF có tính chất cơ học ưu việt: độ bền kéo (>120 MPa) và

độ dẻo dai ($>7,55 \text{ MJ/m}^3$) cùng với điện trở suất cao ($>10^{11} \Omega\text{cm}$). Với đặc tính ưu việt của mình, chúng tôi hi vọng rằng màng GF/ANF sẽ được ứng dụng nhiều với vai trò vật liệu tản nhiệt trong các thiết bị điện tử, đặc biệt trong các lĩnh vực yêu cầu rất khắc khe về tính chất cơ học và độ ổn định nhiệt.

5 LỜI CẢM ƠN

Cảm ơn Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ kinh phí thực hiện cho đề tài này, mã số 22/2HHSV04.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J.S. Kang, M. Li, H. Wu, H. Nguyen, Y. Hu, Experimental observation of high thermal conductivity in boron arsenide, *Science* (1979). 361 (2018) 575–578.
- [2] G. Yang, M. Wang, J. Dong, F. Su, Y. Ji, C. Liu, C. Shen, Fibers-induced segregated-like structure for polymer composites achieving excellent thermal conductivity and electromagnetic interference shielding efficiency, *Compos B Eng.* 246 (2022) 110253.
- [3] D. Suh, C.M. Moon, D. Kim, S. Baik, Ultrahigh Thermal Conductivity of Interface Materials by Silver-Functionalized Carbon Nanotube Phonon Conduits, *Advanced Materials*. 28 (2016) 7220–7227.
- [4] Y. Zhang, S. Xiao, Q. Wang, S. Liu, Z. Qiao, Z. Chi, J. Xu, J. Economy, Thermally conductive, insulated polyimide nanocomposites by AlO(OH)-coated MWCNTs, *J Mater Chem*. 21 (2011) 14563–14568.
- [5] Y. Nagai, Lai, Thermal Conductivity of Epoxy Resin Filled with Particulate Aluminum Nitride Powder, *Journal of the Ceramic Society of Japan*. 105 (1997) 197–200.
- [6] W. Yan, Y. Zhang, H. Sun, S. Liu, Z. Chi, X. Chen, J. Xu, Polyimide nanocomposites with boron nitride-coated multi-walled carbon nanotubes for enhanced thermal conductivity and electrical insulation, *J Mater Chem A Mater*. 2 (2014) 20958–20965.
- [7] K.M.F. Shahil, A.A. Balandin, Graphene-multilayer graphene nanocomposites as highly efficient thermal interface materials, *Nano Lett*. 12 (2012) 861–867.
- [8] H. Fang, X. Zhang, Y. Zhao, S.L. Bai, Dense graphene foam and hexagonal boron nitride filled PDMS composites with high thermal conductivity and breakdown strength, *Compos Sci Technol*. 152 (2017) 243–253.
- [9] D. Mani, M.C. Vu, T.H. Jeong, J.B. Kim, C.S. Lim, J.H. Lim, K.M. Kim, S.R. Kim, 3D structured graphene fluoride-based epoxy composites with high thermal conductivity and electrical insulation, *Compos Part A Appl Sci Manuf*. 149 (2021) 106585.
- [10] M.C. Vu, N.A. Thi Thieu, J.H. Lim, W.K. Choi, J. Chan Won, M.A. Islam, S.R. Kim, Ultrathin thermally conductive yet electrically insulating exfoliated graphene fluoride film for high performance heat dissipation, *Carbon N Y*. 157 (2020) 741–749.
- [11] M.C. Vu, P.J. Park, S.R. Bae, S.Y. Kim, Y.M. Kang, W.K. Choi, M.A. Islam, J.C. Won, M. Park, S.R. Kim, Scalable ultrarobust thermoconductive nonflammable bioinspired papers of graphene nanoplatelet crosslinked aramid nanofibers for thermal management and electromagnetic shielding, *J Mater Chem A Mater*. 9 (2021) 8527–8540.
- [12] S. Aryal, C.K. Kim, K.W. Kim, M.S. Khil, H.Y. Kim, Multi-walled carbon nanotubes/TiO₂ composite nanofiber by electrospinning, *Materials Science and Engineering: C*. 28 (2008) 75–79.
- [13] D. Zhang, W. Song, L. Lv, C. Gao, F. Gao, H. Guo, R. Diao, W. Dai, J. Niu, X. Chen, J. Wei, M. Terrones, Y. Wang, Mono-dispersion decorated ultra-long single-walled carbon nanotube/aramid nanofiber for high-strength electromagnetic interference shielding film with Joule heating properties, *Carbon N Y*. 214 (2023) 118315.

- [14] Y. Guo, H. Qiu, K. Ruan, Y. Zhang, J. Gu, Hierarchically Multifunctional Polyimide Composite Films with Strongly Enhanced Thermal Conductivity, *Nanomicro Lett.* 14 (2022) 1–13.
- [15] Y. Zhang, K. Ruan, K. Zhou, J. Gu, Controlled Distributed Ti₃C₂T_x Hollow Microspheres on Thermally Conductive Polyimide Composite Films for Excellent Electromagnetic Interference Shielding, *Advanced Materials.* 35 (2023) 2211642.
- [16] R.S. Waremra, P. Betaubun, Analysis of Electrical Properties Using the four point Probe Method, *E3S Web Conf.* 73, (2018) 12019
- [17] W. Zhou, Y. Tang, R. Song, L. Jiang, K.S. Hui, K.N. Hui, Characterization of electrical conductivity of porous metal fiber sintered sheet using four-point probe method, *Mater Des.* 37 (2012) 161–165.
- [18] N. Song, X. Hou, L. Chen, S. Cui, L. Shi, P. Ding, A Green Plastic Constructed from Cellulose and Functionalized Graphene with High Thermal Conductivity, *ACS Appl Mater Interfaces.* 9 (2017) 17914–17922.
- [19] Q. Chu, H. Lin, M. Ma, S. Chen, Y. Shi, H. He, X. Wang, Cellulose Nanofiber/Graphene Nanoplatelet/MXene Nanocomposites for Enhanced Electromagnetic Shielding and High In-Plane Thermal Conductivity, *ACS Appl Nano Mater.* 2022 (2022) 7217–7227.
- [20] N. Song, D. Jiao, P. Ding, S. Cui, S. Tang, L. Shi, Anisotropic thermally conductive flexible films based on nanofibrillated cellulose and aligned graphene nanosheets, *J Mater Chem C Mater.* 4 (2016) 305–314.
- [21] N. Song, D. Jiao, P. Ding, S. Cui, S. Tang, L. Shi, Anisotropic thermally conductive flexible films based on nanofibrillated cellulose and aligned graphene nanosheets, *J Mater Chem C Mater.* 4 (2016) 305–314.

YSC5.F208

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG LÀM LÀNH VẾT THƯƠNG Ở DA CỦA HỢP CHẤT DAIDZEIN TRÊN MÔ HÌNH CHUỘT SWISS

PHẠM HUỲNH LỘC^{1*}, ĐINH THỊ THÚY QUỲNH¹, NGUYỄN CHÍ TOÀN¹, NGUYỄN VĂN TÀI¹,
TRẦN HÀ NGÂN¹

¹Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

*Email: bs.huynhloc@gmail.com

Tóm tắt. Daidzein thuộc nhóm isoflavone được tìm thấy trong đậu nành, là một trong những chất chống oxy hóa và giúp làm lành các tổn thương ở da. Trong nghiên cứu này chúng tôi đã chứng minh khả năng chống oxy hóa, kháng các chủng vi sinh vật gây bệnh trên da và kích thích tăng sinh nguyên bào sợi, tế bào sừng của hợp chất daidzein từ hạt đậu nành. Nghiên cứu đánh giá khả năng làm lành vết thương của daidzein trên mô hình chuột *Swiss*. Kết quả thu được, hợp chất daidzein có khả năng chống oxy hóa tốt với giá trị $IC_{50} = 25,46 - 119,39 \mu\text{g/ml}$ và chúng kháng tốt các chủng *E. coli* (11,7 – 21,4 mm), *P. aeruginosa* (13,3 – 25,0 mm), *S. aureus* (10,1 – 25,1 mm) và *E. faecalis* (9,3 – 17,3 mm). Ở nồng độ 10 $\mu\text{g/ml}$ chúng kích thích tăng sinh nguyên bào sợi gấp 3,2 lần và tế bào sừng gấp 2,84 lần so với nhóm đối chứng. Trên mô hình *in vivo* cho thấy khả năng làm lành vết thương trên lưng chuột của hợp chất daidzein nhanh hơn (8 ngày) so với nhóm bôi betadine (11 ngày) và nhóm đối chứng (14 ngày). Từ đó cho thấy, daidzein là một hợp chất có tiềm năng ứng dụng trong ngành công nghiệp mỹ phẩm và điều trị làm lành vết thương hở.

Từ khóa. Đậu nành, daidzein, vết thương, kháng khuẩn, oxy hóa.

EVALUATION OF SKIN WOUND HEALING ABILITY OF DAIDZEIN COMPOUNDS IN SWISS MOUSE MODEL

Abstract. Daidzein belongs to a class of compounds known as isoflavone found in soybeans, which is one of the antioxidants and helps heal skin damage. In this study, we demonstrated the antioxidant capacity, and resistance to pathogenic strains of microorganisms on the skin, and stimulated the proliferation of fibroblasts and keratinocytes of daidzein compounds from soybeans. Evaluation of daidzein's wound healing ability on a *Swiss* mouse model. As a result, daidzein compounds have good antioxidant capacity with $IC_{50} = 25.46 - 119.39 \mu\text{g/ml}$ and are good against *E. coli* (11.7 – 21.4 mm), *P. aeruginosa* (13.3 – 25.0 mm), *S. aureus* (10.1 – 25.1 mm), and *E. faecalis* (9.3 – 17.3 mm). At the concentration of 10 $\mu\text{g/ml}$, they stimulated the proliferation of fibroblasts 3.2 times and keratinocytes 2.84 times higher than the control group. The *in vivo* model showed the daidzein compound's ability to heal wounds on mouse backs was faster (8 days) than the betadine application group (11 days) and the control group (14 days). This shows that daidzein is a potential compound applied in the cosmetic industry and healing treatment for open wounds.

Keywords. soybeans, daidzein, wounds, anti-bacterial, oxidation.

1 TỔNG QUAN

Các vết thương hở như rách, bỏng, loét da làm gián đoạn cấu trúc và chức năng sinh lý bình thường của da. Tùy mức độ tổn thương nặng/nhẹ và sâu/nông sẽ làm phá hủy hoàn toàn các lớp cấu trúc mô học của da, các tế bào tự thân định vị ở vết thương không đủ khả năng tự làm lành và hồi phục cấu trúc da như cũ [1]. Quá trình điều trị tổn thương da là một quá trình phức tạp đòi hỏi sự tham gia của nhiều yếu tố như các yếu tố tăng trưởng, các cytokine, chemokine cùng nhiều tế bào khác. Nếu không điều trị đúng cách sẽ kéo dài

thời gian điều trị, nhiễm trùng, có thể sẽ trở thành gánh nặng kinh tế xã hội, ảnh hưởng nặng nề đến tâm lý bệnh nhân [2].

Daidzein (4', 7-dihydroxyisoflavone) là hợp chất của isoflavonic có nhiều trong hạt đậu nành. Cấu trúc hóa học của daidzein tương tự như estrogen của động vật có vú, nó thực hiện chức năng thay thế/can thiệp vào estrogen và phức hợp thụ thể estrogen. Do đó, daidzein có tác dụng bảo vệ, chống lại một số bệnh có liên quan đến việc điều hòa estrogen như ung thư vú, loãng xương, đái tháo đường, bệnh tim mạch [3]. Nhiều nghiên cứu trước đây đã chứng minh hợp chất này chống viêm, chống ung thư, ức chế tổn thương oxy hóa, bảo vệ da và dây thần kinh thông qua quá trình điều hòa miễn dịch loại bỏ các gốc tự do, ức chế sự tăng sinh tế bào,... [4]. Y học cổ truyền Trung Quốc đã sử dụng hợp chất này trong điều trị thường quy ở một số bệnh như sốt, kiết lỵ cấp tính, rối loạn chức năng gan, [5]. Hầu hết các nghiên cứu đánh giá tác dụng của daidzein chủ yếu thông qua đường uống mặc dù nó cũng được công nhận về đặc tính chống oxy hóa, kháng khuẩn và điều trị tại chỗ. Một vài nghiên cứu đã chứng minh tác dụng tại chỗ của daidzein là kích thích tăng sinh tế bào biểu bì [6] và chống lại các bức xạ do tia cực tím [7, 8]. Trong nghiên cứu này chúng tôi tiến hành chứng minh khả năng kháng khuẩn, chống oxy hóa và điều trị vết thương hở trên chuột với mục đích cung cấp một cơ sở khoa học về một nguồn dược liệu tự nhiên từ hạt đậu nành trong điều trị các bệnh ngoài da.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu

Hợp chất daidzein: Được bào chế và cung cấp bởi Khoa Môi trường & Khoa học Tự nhiên, Đại học Duy Tân.

Động vật nghiên cứu: Chuột nhắt trắng (*Swiss*) đực từ 8-10 tuần tuổi có khối lượng trung bình 35 ± 7 g do Viện sốt rét và Ký sinh trùng TP Hồ Chí Minh cung cấp và thẩm định. Chuột được nuôi ở $24^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ và độ ẩm $55\% \pm 5\%$, với chu kỳ ánh sáng - tối 12 giờ (sáng lúc 8 giờ sáng và tối lúc 20:00).

Khảo sát khả năng kháng khuẩn

Hoạt tính kháng vi sinh vật kiểm định được tiến hành theo phương pháp khuếch tán đĩa thạch. Lấy các chủng vi sinh vật kiểm nghiệm (2 chủng gây viêm da là *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC27853), *Staphylococcus aureus* (ATCC25923) và 2 chủng gây bệnh cơ hội trên da là *Enterococcus faecalis* (ATCC29212), *Escherichia coli* (ATCC25922)) cho vào dung dịch NaCl 0,9% vortex đo độ đục đạt 0,55 và thu được dịch khuẩn. Hút 200 μl dịch khuẩn cho vào môi trường thạch MHA, dùng tăm bông vô trùng đánh dịch khuẩn đều trên đĩa thạch, sau đó đục lỗ với đường kính 4 mm, hút 50 μl dịch daidzein ở các nồng độ 100 mg/ml, 10 mg/ml, 1 mg/ml cho vào các lỗ đục. Đối chứng dương dùng dung dịch Betadine 10%. Đối chứng âm dùng NaCl 0,9%. Đĩa nuôi sau đó cho vào tủ lạnh ở 4°C trong 8 – 15 giờ, tiếp đến chuyển qua tủ ấm 37°C nuôi trong 24 giờ và tiến hành đo đường kính vòng vô khuẩn.

Đường kính vòng kháng khuẩn tính theo công thức:

$\text{ĐKVK} = \text{ĐKVK mẫu thử} - \text{ĐKVK chứng âm}$.

Phương pháp thử hoạt tính chống oxy hóa bằng DPPH

Pha loãng daidzein trong ethanol tuyệt đối thành dãy nồng độ 20, 60, 80 và 100 $\mu\text{g/ml}$. Vitamin C là chứng dương, ethanol tuyệt đối là chứng âm. Hút lần lượt 0,5 ml các dung dịch trên cho vào từng ống nghiệm, thêm 3 ml ethanol tuyệt đối, 0,5 ml dung dịch DPPH 0,6 mM được pha trong ethanol tuyệt đối. Lắc đều hỗn hợp, ủ tối 30 phút ở nhiệt độ phòng và đo độ hấp thụ ở bước sóng 517 nm. Khả năng khử gốc tự do DPPH được xác định theo công thức sau:

$\text{DPPH} (\%) = 100 \times (\text{ACT} - \text{ASP}) / \text{ACT}$

Trong đó, ACT: Độ hấp thụ quang học của mẫu trắng không chứa daidzein, ASP: Độ hấp thụ quang học của mẫu có chứa daidzein. Kết quả báo cáo bởi giá trị IC_{50} là nồng độ của cao chiết khử được 50% gốc tự do DPPH ở điều kiện xác định. Các cao chiết có hoạt tính chống oxy hóa mạnh ($\text{IC}_{50} < 100 \mu\text{g/ml}$) và giá trị IC_{50} càng thấp hoạt tính khử gốc tự do DPPH càng cao.

Khảo sát ảnh hưởng daidzein lên nguyên bào sợi (NIH3T3) và tế bào sừng (HaCaT)

Tế bào được NIH3T3 và HaCaT (Đại học quốc gia Seoul, Seoul, Hàn Quốc cung cấp) nuôi trong môi trường DMEM/F12 + 10% FBS + 1% penicillin ở 37°C , CO_2 5%, khi tế bào đạt mật độ nuôi cấy khoảng 70-80% diện tích chai nuôi tiến hành cấy chuyển qua đĩa 6 giếng với mật độ 1.000 tế bào/ cm^2 và nuôi trong môi trường DMEM/F12 + 10% FBS. Đồng thời bổ sung daidzein vào môi trường nuôi các nồng độ 5 $\mu\text{g/ml}$, 10

$\mu\text{g/ml}$, 15 $\mu\text{g/ml}$ và 20 $\mu\text{g/ml}$ nuôi ở 37 °C, CO₂ 5%, theo dõi quá trình nuôi liên tục mỗi 3 giờ trong 72 giờ đánh giá khả năng sống sót và tăng sinh của tế bào.

Tạo vết thương và đánh giá khả năng làm lành vết thương trên mô hình chuột

Chuột được gây mê bằng hỗn hợp Xylazil: Ketamil: NaCl = 2: 3: 3 tiêm vào màng bụng với liều tiêm 80 $\mu\text{l}/36\text{g}$. Dùng dao phẫu thuật cao sạch phần lông trên lưng, lấy ống sinh thiết, kéo và ben vô trùng để tạo vết thương ở lưng với đường kính 7 mm và chia ngẫu nhiên thành 3 nhóm gồm Nhóm 1: không điều trị, Nhóm 2: bôi betadin 10%, Nhóm 3: bôi daidzein 1%. Tất cả các nhóm đều được bôi nhỏ giọt 1 giọt/1 lần và 2 lần/ngày và được theo dõi liên tục trong 10 ngày.

Nhuộm Hematoxylin & Eosin

Mẫu mô ở mỗi chuột thí nghiệm được thu vào ngày thứ 10 sau khi gây loét. Mẫu mô bao gồm vết thương và 7 mm vùng da bình thường xung quanh, sâu tới lớp cơ. Mẫu mô được cố định trong formol 10% tiến hành được đúc khối parafin, cắt mẫu và nhuộm Hematoxylin & Eosin. Quan sát tiêu bản trên kính hiển vi Olympus (Nhật Bản) với độ phóng đại 10X.

Phân tích thống kê

Tất cả các thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Phân tích thống kê bằng phần mềm SPSS, mức ý nghĩa là $p < 0,05$. Kết quả được trình bày dưới dạng trung bình \pm sai số chuẩn của giá trị trung bình.

3 KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Khả năng kháng khuẩn của hợp chất daidzein

Kết quả ở **Bảng 1**, cho thấy hợp chất daidzein có khả năng kháng tốt 2 chủng vi sinh vật gây bệnh trên da và 2 vi sinh vật gây bệnh cơ hội trên da ở nồng độ $\geq 10 \mu\text{g/ml}$. Nồng độ 100 $\mu\text{g/ml}$, đường kính kháng của các vi khuẩn gây bệnh trên da *P. aeruginosa* ($25,0 \pm 0,2 \text{ mm}$) và *S. aureus* ($25,1 \pm 0,4 \text{ mm}$) và nhóm vi khuẩn gây bệnh cơ hội trên da *E. coli* ($21,4 \pm 0,4 \text{ mm}$) và *E. faecalis* ($17,3 \pm 0,2$). Daidzein ở nồng độ 10 $\mu\text{g/ml}$ kháng *P. aeruginosa*, *E. coli*, *S. aureus* và *E. faecalis* lần lượt là 13,3 mm; 11,7 mm; 10,1 mm và 9,3 mm. Ở nồng độ 1 $\mu\text{g/ml}$ hầu như không có khả năng kháng các vi sinh vật kiểm nghiệm. Năm 2019, Ireneusz Górnjak và cộng sự đã cho thấy với đường uống, daidzein có khả năng phá hủy màng tế bào của vi khuẩn *E. coli* và *P. aeruginosa* mạnh phối hợp với một số loại kháng sinh như carbenicillin, levofloxacin [9].

Bảng 1. Khả năng kháng khuẩn của daidzein

Nồng độ ($\mu\text{g/ml}$)	Đường kính vòng kháng khuẩn Gram (-) (mm)		Đường kính vòng kháng khuẩn Gram (+) (mm)	
	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. faecalis</i>
100	$21,4 \pm 0,4$	$25,0 \pm 0,2$	$25,1 \pm 0,4$	$17,3 \pm 0,2$
10	$11,7 \pm 0,1$	$13,3 \pm 0,5$	$10,1 \pm 0,1$	$9,3 \pm 0,2$
1	$2,4 \pm 0,2$	0	0	0

Hoạt tính chống oxy hóa của daidzein

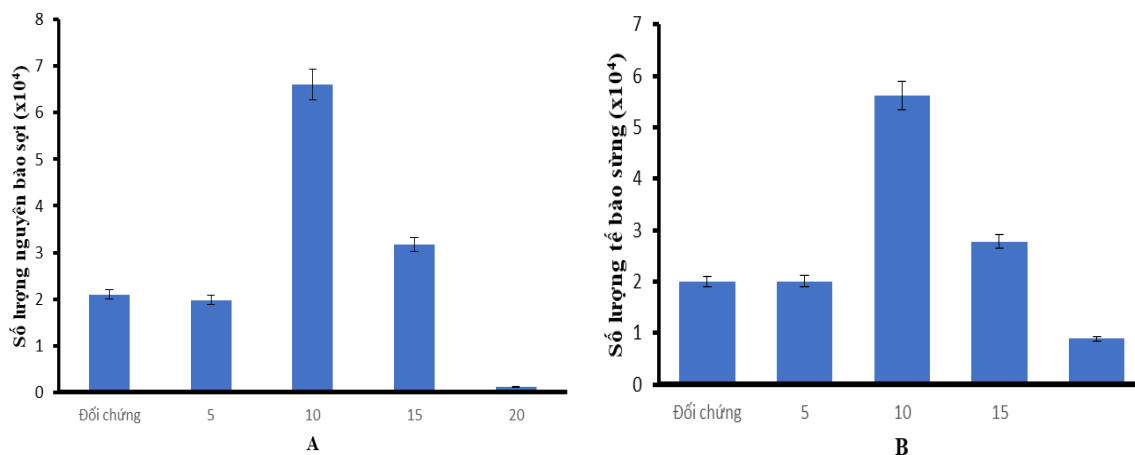
Daidzein được sử dụng như một chất chống oxy hóa mạnh với hai cơ chế. Đầu tiên, daidzein ức chế quá trình oxy hóa lipid bằng cách trực tiếp loại bỏ gốc tự do và cản trở sự di chuyển của các gốc tự do trong màng. Cách thứ hai được hoạt động gián tiếp thông qua việc cải thiện hoạt động của các enzyme chống oxy hóa bao gồm catalase, glutathione peroxidase và superoxide dismutase [10, 11]. Trong nghiên cứu này, việc đánh giá khả năng bắt gốc tự do bằng phương pháp DPPH và kết quả thu được ở **Bảng 2** cho thấy khi tăng nồng độ daidzein thì khả năng trung hòa gốc tự do DPPH càng mạnh, ở nồng độ 100 $\mu\text{g/ml}$ có IC là 82,12%. Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Yutaka Inoue et al. [10] và Kim et al. [11].

Ảnh hưởng của daidzein đến quá trình tăng sinh nguyên bào sợi và tế bào sừng

Daly et al. (2016) đã nghiên cứu hợp chất minocycline ảnh hưởng đến ức chế quá trình tăng sinh nguyên bào sợi và tế bào sừng, cho thấy ở nồng độ nhỏ hơn 10 $\mu\text{g/ml}$ kích thích quá trình tăng sinh của cả hai dòng tế bào, còn khi nồng độ lớn hơn 50 $\mu\text{g/ml}$ thì hợp chất đã ức chế sự tăng sinh của cả hai dòng tế bào [12]. Chính vì vậy, trong nghiên cứu này khảo sát ảnh hưởng của hợp chất daidzein lên quá trình tăng sinh của hai dòng tế bào này, kết quả thu được ở Hình 1.

Bảng 2. Khả năng chống oxy hóa

Nồng độ ($\mu\text{g/ml}$)	IC (%)	IC ₅₀ ($\mu\text{g/ml}$)
20	15,21	119,39
40	32,01	95,90
60	49,22	73,42
80	68,52	48,94
100	82,12	25,46



Hình 1. Ảnh hưởng của daidzein lên quá trình tăng sinh của tế bào (A. Nguyên bào sợi, B. Tế bào sừng)

Ở các nồng độ khác nhau của daidzein sẽ tác động khác nhau lên quá trình tăng sinh của tế bào. Nồng độ 20 $\mu\text{g/ml}$ của daidzein ức chế sự tăng sinh của cả hai tế bào. Khi bổ sung hợp chất daidzein ở nồng 5 $\mu\text{g/ml}$ các tế bào phát triển tương đương nhóm đối chứng. Trong khi đó, ở nồng độ 10 $\mu\text{g/ml}$ hợp chất này kích thích tăng sinh nguyên bào sợi gấp 3,2 lần và tế bào sừng gấp 2,84 lần so với nhóm đối chứng.

Ảnh hưởng của daidzein lên quá trình làm lành vết thương ở chuột

Chuột sau khi gây loét ở da chia thành 3 nhóm gồm nhóm đối chứng, nhóm bôi betadine và nhóm bôi daidzein nhằm đánh giá hiệu quả trong quá trình điều trị loét. Kết quả được đánh giá dựa trên hình thái, tốc độ làm liền vết thương và cấu trúc mô học của vết thương được thể hiện ở Hình 2 và Hình 3.

Nhóm chuột đối chứng và nhóm chuột được bôi betadin có thời gian làm lành vết thương chậm hơn nhóm chuột được bôi daidzein. Nhóm bôi daidzein có hình thái vết thương khô nhanh hơn ở những ngày đầu tiên nhưng không có sự khác biệt đáng kể về kích thước giữa các nhóm trong 4 ngày đầu tiên hành thí nghiệm. Từ ngày thứ 6, kích thước vết thương ở nhóm bôi daidzein có sự thay đổi đáng kể so với các nhóm còn lại và vết thương lành hoàn toàn từ ngày thứ 8. Trong khi đó, kích thước vết thương ở nhóm sử dụng betadine có khác biệt so với nhóm chứng ở ngày thứ 6. Ở ngày thứ 10 vết thương ở nhóm bôi betadine và nhóm đối chứng đều chưa lành hoàn toàn (bôi betadin: 2,7 mm, đối chứng: 3,5 mm).

Sau 10 ngày điều trị, tiến hành giải phẫu mô học và nhuộm H&E để đánh giá cấu trúc mô da của các nhóm chuột. Ở nhóm đối chứng lớp thượng bì teo, có nhiều tế bào viêm, có xung huyết và mô bì có hiện tượng phù nề. Mẫu da của nhóm chuột bôi betadine có thượng bì teo, mô nang lông phù nề, tăng sinh nhẹ các mạch máu, nguyên bào sợi, trung bì có sự tăng sinh tế bào gai, trong mô bì có sự thâm nhiễm các tế bào viêm. Ở nhóm chuột điều trị daidzein mẫu da điều có thượng bì đều, tăng sinh nhiều mạch máu, các cấu trúc mạch máu đều bình thường, nguyên bào sợi tăng, mô bì thâm nhiễm vừa phải và hệ thống nang lông nhiều.

	Ngày 0	Ngày 2	Ngày 4	Ngày 6	Ngày 8	Ngày 10
Daidzein						
Kích thước	7	6,7	6,3	4,6	3,2	0
Betadin						
Kích thước	7	6,9	6,5	5,8	4,6	2,7
Đối chứng						
Kích thước	7	7	6,6	6,1	5,4	3,5

Hình 2. Kích thước và hình thái vết thương ở chuột trong quá trình điều trị

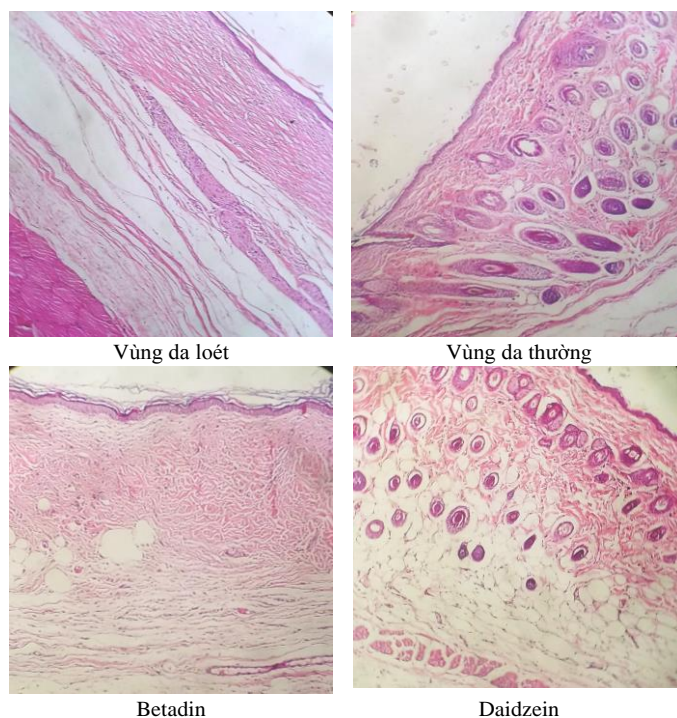
4 THẢO LUẬN

Cơ chế chữa lành vết thương của daidzein đã được nghiên cứu trong nhiều mô hình *in vitro* và *in vivo*. Daidzein là một isoflavone tự nhiên được tìm thấy trong đậu nành và các sản phẩm liên quan khác. Hợp chất này đã được chứng minh là có đặc tính chống viêm, chống oxy hóa và chống vi khuẩn góp phần vào khả năng chữa lành vết thương ở người. Trong nghiên cứu này cho thấy daidzein có khả năng kháng được các vi sinh vật gây bệnh trên da và các vi sinh vật gây bệnh cơ hội trên da với đường kính kháng 9,3 – 25 mm. Daidzein đã được chứng minh là có tác dụng ức chế sự phát triển của nhiều chủng vi khuẩn khác nhau, bao gồm *S. aureus* và *P.aeruginosa*, là những mầm bệnh phổ biến liên quan đến nhiễm trùng vết thương [13]. Ngoài ra, kết quả trong nghiên cứu của chúng tôi còn cho thấy hợp chất này có khả năng chống oxy hóa, kích thích tăng sinh hai dòng tế bào cơ bản của mô da. Đây là cơ sở giải thích cho quá trình thúc đẩy làm lành vết thương nhanh.

Một trong những cơ chế chính thúc đẩy quá trình lành vết thương là kích thích sự hình thành mạch. Sự hình thành mạch là quá trình hình thành mạch máu mới, cần thiết cho việc cung cấp chất dinh dưỡng và oxy đến vết thương, đồng thời loại bỏ các chất thải. Daidzein đã được chứng minh là thúc đẩy sự hình thành mạch bằng cách điều chỉnh tăng sự biểu hiện của yếu tố tăng trưởng nội mô mạch máu (VEGF) và yếu tố tăng trưởng nguyên bào sợi cơ bản (bFGF) đây là những yếu tố điều chỉnh chính của sự hình thành mạch [14]. Ngoài ra, daidzein đã được chứng minh có vai trò trong kích hoạt đường truyền tín hiệu Akt/eNOS, giúp tăng cường sản xuất oxit nitric (NO) giúp thúc đẩy sự hình thành mạch nhanh [15].

Viêm là một phản ứng tự nhiên đối với tổn thương mô, nhưng viêm kéo dài có thể dẫn đến chậm lành vết thương. Kim et al. (2016) đã chứng minh daidzein có khả năng điều chỉnh các phản ứng viêm thông qua ức chế sản xuất các cytokine tiền viêm như yếu tố hoại tử khối u-alpha (TNF- α) và interleukin-1 beta (IL-1 β) trong *in vitro* và *in vivo* [16]. Ngoài ra, daidzein còn có khả năng ức chế sự kích hoạt của yếu tố NF- κ B - một yếu tố phiên mã đóng vai trò chính trong phản ứng viêm [17]. Bên cạnh đó, sản xuất ROS là một phản ứng tự nhiên đối với tổn thương mô, nhưng sản xuất quá nhiều ROS có thể dẫn đến stress oxy hóa và làm chậm quá trình lành vết thương. Zhang et al. (2019) đã báo cáo daidzein có khả năng làm giảm sản xuất ROS, do đó giảm thiểu stress oxy hóa và thúc đẩy quá trình lành vết thương [15]. Nhóm nghiên cứu này cũng chứng minh daidzein kích hoạt đường truyền tín hiệu PI3K/Akt, có liên quan đến việc điều chỉnh sự phát triển và sống sót của tế bào, dẫn đến kích thích sự tăng sinh tế bào gốc nội tại và tái tạo mô [15]. Hơn nữa, daidzein còn kích hoạt đường truyền tín hiệu gamma (PPAR- γ) thông qua kích hoạt bởi chất tăng sinh peroxisome, có đặc tính chống viêm. PPAR- γ là một yếu tố phiên mã điều chỉnh sự biểu hiện của các gene liên quan đến quá trình viêm và chữa lành vết thương [18]. Ngoài ra, daidzein còn có khả năng kích hoạt

đường truyền tín hiệu ERK/MAPK và Wnt/ β -catenin có liên quan đến việc điều chỉnh sự tăng sinh và biệt hóa tế bào [19], từ đó cho thấy daidzein giúp thúc đẩy nhanh quá trình lành vết thương.



Hình 3. Cấu trúc mô học của các nhóm chuột sau 10 ngày điều trị

5. KẾT LUẬN

Daidzein là một hợp chất isoflavone tự nhiên được tìm thấy trong hạt đậu nành có tác dụng chữa lành vết thương thông qua ức chế các vi sinh vật gây bệnh trên da, khả năng chống oxy hóa, kích thích tăng nguyên bào sợi và tế bào sừng. Đây được xem là một chất có tiềm năng ứng dụng trong ngành da liễu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hùng Lâm Phạm Phước, Thu Ngô Thị Minh, Hiếu Nguyễn Ngọc,(2020), *So sánh hiệu quả khả năng làm lành vết thương ở chuột Swiss bằng tế bào gốc trung mô từ mỡ và tế bào gốc đơn nhân từ mỡ*. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ. 56(3):60-8.
2. Nunan R., Harding K. G., Martin P.,(2014), *Clinical challenges of chronic wounds: searching for an optimal animal model to recapitulate their complexity*. Dis Model Mech.7(11):1205-13.
3. Vitale DC., Piazza C., Melilli B., Drago F., Salomone S.,(2013), *Isoflavones: estrogenic activity, biological effect and bioavailability*. Eur J Drug Metab Pharmacokinet.38(1):15-25.
4. Masilamani M., Wei J., Sampson H. A.,(2012), *Regulation of the immune response by soybean isoflavones*. Immunol Res.54(1-3):95-110.
5. Wang X., Wu J., Chiba H., Umegaki K., Yamada K., Ishimi Y.,(2003), *Puerariae radix prevents bone loss in ovariectomized mice*. J Bone Miner Metab.21(5):268-75.
6. Wen K. C., Lin S. P., Yu C. P., Chiang H. M.,(2010), *Comparison of Puerariae Radix and its hydrolysate on stimulation of hyaluronic acid production in NHEK cells*. Am J Chin Med.38(1):143-55.

7. Widyarini S., Domanski D., Painter N., Reeve V. E.,(2012), *Photoimmune protective effect of the phytoestrogenic isoflavonoid equol is partially due to its antioxidant activities*. Photochem Photobiol Sci.11(7):1186-92.
8. Iovine B., Iannella M. L., Gasparri F., Giannini V., Monfrecola G., Bevilacqua M. A.,(2012), *A comparative analysis of the photo-protective effects of soy isoflavones in their aglycone and glucoside forms*. Int J Mol Sci.13(12):16444-56.
9. Górnjak Ireneusz, Bartoszewski Rafał, Króliczewski Jarosław,(2019), *Comprehensive review of antimicrobial activities of plant flavonoids*. Phytochemistry Reviews.18(1):241-72.
10. Inoue Yutaka, Yoshida Masaaki, Ezawa Toshinari, Tanikawa Takashi, Arce Florencio, See Gerard Lee, et al.,(2022), *Inclusion Complexes of Daidzein with Cyclodextrin-Based Metal–Organic Framework-1 Enhance Its Solubility and Antioxidant Capacity*. AAPS PharmSciTech.23:1-14.
11. Kim Eunji, Kang Young-Gyu, Kim Ji Hye, Kim Yong-Jin, Lee Tae Ryong, Lee Jongsung, et al.,(2018), *The Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of 8-Hydroxydaidzein (8-HD) in Activated Macrophage-Like RAW264.7 Cells*. International Journal of Molecular Sciences.19(7):1828.
12. Daly L. T., Tsai D. M., Singh M., Nuutila K., Minasian R. A., Lee C. C. Y., et al.,(2016), *Topical Minocycline Effectively Decontaminates and Reduces Inflammation in Infected Porcine Wounds*. Plast Reconstr Surg.138(5):856e-68e.
13. Lee S Kim Y, Kim H.,(2007), *Antibacterial and wound healing properties of methanolic extract of Sophora flavescens*. Journal of Ethnopharmacology.111(3):492-6.
14. Li Y Zhang J, Li Q, Chen X, Zhang Y.,(2020), *Daidzein accelerates wound healing by promoting angiogenesis and inhibiting inflammation in diabetic rats*. European Journal of Pharmacology.883:173334.
15. Zhang D Zhu X, Li J.,(2019), *Daidzein promotes angiogenesis via the Akt/eNOS signaling pathway to accelerate wound healing in diabetic rats*.226:164-72.
16. Kim K Moon E, Lee M, Kim H.,(2016), *Daidzein administration in vivo reduces myocardial injury in a rat ischemia/reperfusion model by inhibiting NF- κ B activation*. Life Sciences.153:7-14.
17. Hwang Y Lee E, Kim H.,(2017), *Daidzein suppresses HMGB1-mediated proinflammatory responses by inhibiting NF- κ B and MAPK activation in BV2 microglial cells*. Biomolecules and therapeutics (Seoul).25(2).
18. Lee S Lee S, Kim S.,(2018), *Daidzein regulates proinflammatory adipokines thereby improving insulin resistance in adipocyte-macrophage co-culture*. Journal of Medicinal Food.21(6):554-61.
19. Kim H Park S, Lee K.,(2008), *Daidzein promotes osteoblast differentiation and mineralization via regulation of Wnt signaling and BMP-2 expression.*, Life Sciences.83(7-8):238-45.

YSC5.F209

CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG LỰA CHỌN CƯ TRÚ CỦA SINH VIÊN: NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

CAO THỊ KIM DUYÊN, BÙI THỊ HẢI HẰNG, HOÀNG TRUNG KIÊN, NGUYỄN THỊ NGỌC*

Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Môi trường, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

**nguyenthingoc@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Lượng sinh viên lớn tập trung học tập tại một thành phố có mật độ dân cư cao đặt vấn đề về cung ứng dịch vụ cư trú cho lực lượng tri thức trẻ tại Thành phố Hồ Chí Minh. Nghiên cứu điều tra hiện trạng cư trú và các yếu tố ảnh hưởng đến lựa chọn của sinh viên, trường hợp tại Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh. Nhóm tác giả đã sử dụng phân tích nhân tố để xác định các yếu tố tiềm ẩn liên quan đến lựa chọn cư trú, và sử dụng mô hình hồi quy đa thức cùng thuyết hữu dụng ngẫu nhiên để phân tích các lựa chọn dựa trên mẫu khảo sát 304 sinh viên đang học tại trường. Kết quả cho thấy phần lớn sinh viên lựa chọn cư trú với loại hình phòng trọ riêng biệt, có bếp và nhà vệ sinh riêng, không cùng nhà với chủ nhà (39.80%); nhà ở gia đình (dạng nhà phố) (19.41%) và phòng trọ riêng biệt, sử dụng bếp và nhà vệ sinh chung (16.45%). Các yếu tố ảnh hưởng quan trọng đến lựa chọn loại hình cư trú gồm: thu nhập sinh viên, thu nhập của gia đình, số người sống cùng, đối tượng sống cùng, tình trạng đi làm thêm và giới tính. Các yếu tố ẩn có liên quan bao gồm yêu cầu chất lượng cuộc sống, hài lòng với nơi ở hiện tại và khuynh hướng chú trọng học tập. Các kết quả cung cấp thông tin về mẫu hình lựa chọn, các động lực cư trú và di chuyển của sinh viên, làm cơ sở cho chính sách quản lý cũng như góp phần thúc đẩy nỗ lực duy trì chất lượng và cải tiến dịch vụ, đáp ứng nhu cầu cư trú của đối tượng này.

Từ khóa. Cư trú, sinh viên, yếu tố ẩn, mô hình lựa chọn.

FACTORS INFLUENCING STUDENTS' RESIDENTIAL CHOICE: A CASE STUDY AT THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF HO CHI MINH CITY

Abstract. A vast number of students come to a high-density city like Ho Chi Minh City poses the problem of providing residential services for them. The study analyzes the students' current residence status and factors affecting the residential choice, the case at the Industrial University of Ho Chi Minh City. We apply a confirm factor analysis to specify latent variables relating to residential choices and the multinomial logit model, with the random utility theory to analyze the choice from survey data of 304 students studying at the university. The results show that most students choose to live in a separate room with a private kitchen and toilet, not in the same house as the host (39.80%); family houses (tube houses) (19.41%); and private rooms with shared kitchens and toilets (16.45%). Important factors affecting the choice of residence include student income, family income, number of household members, people to live with, part-time job, and gender. Significant latent variables include the pursuit of high life quality, satisfaction with current accommodation, and a tendency to focus on studying. The results provide information on students' choice patterns, and motivations for residence and transition, as a basis for management policy and contributing to efforts to maintain quality, improve services and meet the student's residential demand.

Keywords. Residence, student, latent variable, choice modeling.

1 GIỚI THIỆU

Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) là trung tâm giáo dục đào tạo hệ đại học của khu vực phía Nam với 53 trường đại học và 49 trường cao đẳng, chiếm tỉ trọng 22,17% cả nước. Các ngành đào tạo thuộc nhiều lĩnh

vực khác nhau với gần 1 triệu sinh viên [1]. 80% sinh viên tại TP.HCM đến từ các tỉnh thành khác, tạo ra nhu cầu rất lớn về chỗ ở, nhà trọ [2]. Việc giải quyết điều kiện ăn ở cho sinh viên vừa là một thách thức ở một thành phố có mật độ dân cư cao như TP.HCM (543,168 người/km² ở khu vực các quận nội thành) [3], vừa là một cơ hội cho các nhà đầu tư công lẫn tư nhân phát triển thị trường nhà ở cho đối tượng này.

Nhà ở hay nơi cư trú là điều kiện đầu tiên để phát triển nguồn lực con người. Với sinh viên, đó là nơi tự học tập, tự nghiên cứu sau giờ lên lớp, rèn luyện thể lực, sức khoẻ để đảm bảo cho việc học tập. Nhiều nghiên cứu chỉ ra nếu phải sinh sống trong điều kiện nơi ở kém, môi trường không tốt, sinh viên có thể bị ảnh hưởng đến hiệu quả học tập [4].

Thực vậy, vấn đề nhà ở cho sinh viên là vấn đề thiết yếu và cấp bách. Tuy nhiên, vấn đề này nhận được ít sự quan tâm từ nhiều phía. Nhà ở cho sinh viên hiện nay được đáp ứng một phần nhỏ từ quỹ ký túc xá của các trường, viện, còn lại chủ yếu từ hoạt động kinh doanh nhà trọ tự phát của các hộ tư nhân nhỏ lẻ. Nghiên cứu này điều tra đặc điểm cư trú hiện tại của sinh viên và phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn loại hình cư trú của sinh viên, trường hợp tại trường Đại học Công nghiệp TP.HCM (IUH) nhằm đưa ra những gợi ý về mặt chính sách và quản lý cho việc phát triển và đáp ứng thị trường nhà ở cho sinh viên.

2 TỔNG QUAN VỀ LỰA CHỌN CƯ TRÚ

Mô hình lựa chọn rời rạc về mặt lý thuyết hoặc mô hình thực nghiệm các lựa chọn do con người đưa ra trong một tập hợp hữu hạn các lựa chọn thay thế [5]. Ví dụ với các lựa chọn vị trí cư trú, chúng có thể bị ảnh hưởng bởi đặc tính của người ra quyết định, các thuộc tính vị trí (yếu tố vật lý, kinh tế xã hội, tiện ích công cộng, khả năng tiếp cận), giá cả và các yếu tố khác (bối cảnh, cảm xúc,...).

Ở TP.HCM, nghiên cứu của Phạm Ngọc Linh vào năm 2009 [2] đã phân tích các yếu tố ảnh hưởng cư trú của sinh viên trên 3 nhóm chính: Đặc điểm bản thân, gia đình; mức độ đáp ứng nhu cầu và điều kiện sinh hoạt; và quan hệ cộng đồng. Nghiên cứu này cho thấy trong nhóm đặc điểm bản thân và gia đình, giới tính là yếu tố ảnh hưởng lớn đến việc chọn nơi ở của sinh viên, giải thích gián tiếp qua sự khác biệt về tâm lý và suy nghĩ giữa các giới. Sinh viên nam không chú tâm hay quá khắt khe trong việc chọn nơi ở và chỉ cần một vài yếu tố như gần trường hay sống cùng bạn. Sinh viên nữ chú trọng hơn nhiều yếu tố hơn, bao gồm: an ninh, giá cả, sự sạch sẽ, chủ nhà,... Thêm vào đó, lựa chọn nơi ở cũng phụ thuộc vào năm học, kinh tế gia đình và mối quen biết. Một số nghiên cứu khác về các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định thuê nhà trọ của sinh viên tại TP.HCM cho thấy an ninh, cơ sở vật chất, giá cả, chất lượng dịch vụ, địa điểm/vị trí [6] ảnh hưởng quan trọng đến quyết định thuê nhà trọ của sinh viên. Yếu tố mối quan hệ xung quanh cũng được tìm thấy có ý nghĩa trong nghiên cứu của Trần Trung Hiếu [6]. Một số hàm ý quản trị đối với các chủ phòng trọ được đưa ra nhằm kịp thời sửa đổi, nâng cấp phòng trọ để cải thiện môi trường sống và học tập cho sinh viên, đồng thời giúp hộ kinh doanh phòng trọ thu hút sinh viên đến thuê trọ [7].

Mặc dù đã có một số nghiên cứu về các yếu tố tác động đến lựa chọn cư trú tại TP.HCM, các nghiên cứu trước đây chưa khái quát các loại hình cư trú hiện hữu và phân tích cụ thể đặc điểm tâm lý, phong cách sống của sinh viên đối với lựa chọn của họ. Mặt khác, hoạt động làm thêm của sinh viên cũng chưa được đưa vào đánh giá trong khi việc sinh viên đi làm thêm đang ngày càng phổ biến và điều này có thể liên quan đến lựa chọn một nơi cư trú đáp ứng cả nhu cầu học tập và làm thêm. Các yếu tố này sẽ được tập trung làm rõ trong nghiên cứu này.

3 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1 Thu thập dữ liệu

Chúng tôi thu thập thông tin từ những nghiên cứu trước, thực hiện khảo sát thực địa để có tính xác thực và làm cơ sở phân tích loại hình. Dựa trên cơ sở này, chúng tôi xây dựng bảng câu hỏi điều tra về hiện trạng cư trú và các yếu tố ảnh hưởng đến lựa chọn cư trú của sinh viên.

Bảng câu hỏi được xây dựng là loại câu trúc, gồm nhiều mục xếp theo một trình tự logic, bắt đầu là phần giới thiệu với người được phỏng vấn về mục đích của cuộc phỏng vấn, câu hỏi sàng lọc đối tượng và sau đó là các câu hỏi được xếp thành 4 phần. Phần một tập trung khảo sát quan điểm chủ quan của người được phỏng vấn các vấn đề đô thị và môi trường. Phần hai là nhóm câu hỏi về nơi ở hiện tại gồm các câu hỏi về loại hình, vị trí, môi trường, giao thông và mức độ hài lòng của sinh viên. Phần ba là nhóm các câu hỏi về nơi ở mong muốn trong tương lai với thiết kế câu hỏi tương tự phần hai. Phần cuối là nhóm câu hỏi về các

thông tin của người được phỏng vấn bao gồm giới tính, tuổi, năm học, thu nhập cá nhân, thu nhập gia đình và người sống cùng.

Khảo sát sử dụng bảng câu hỏi được thực hiện kết hợp hình thức trực tiếp và online sử dụng KoboToolbox. Thời gian khảo sát từ tháng 3 đến 5/2023 với cỡ mẫu mục tiêu là 300 sinh viên nhằm đảm bảo yêu cầu của các phân tích đa biến, theo Hair và cộng sự [8]. Trên thực tế, chúng tôi thu được dữ liệu từ 320 sinh viên. Tuy nhiên, số phiếu khảo sát hợp lệ và được đưa vào các phân tích là 304.

3.2 Phân tích dữ liệu

3.2.1 Phân tích các yếu tố ẩn

Chúng tôi thực hiện phân tích nhân tố (Confirmatory Factor Analysis: CFA) nhằm xác nhận các cấu trúc yếu tố ẩn (latent variable) hay không quan sát được [9]. Mô hình phân tích nhân tố mô tả mối quan hệ của yếu tố ẩn và các chỉ thị quan sát được có thể được mô tả như phương trình (1).

$$y = \tau + \lambda\eta + \epsilon \quad (1)$$

với y là chỉ thị quan sát được (indicator); τ là hằng số; λ là trọng số của nhân tố; η là yếu tố ẩn, không quan sát được và ϵ là phần dư.

Trong nghiên cứu này, các yếu tố ẩn được phân tích bao gồm: Sự hài lòng về các vấn đề đô thị ở TP.HCM; theo đuổi chất lượng cuộc sống cao; yêu cầu cao về an ninh nơi ở; khuynh hướng chú trọng học tập; khuynh hướng chú trọng việc làm thêm; khuynh hướng quan tâm hoạt động văn hóa, giải trí; khuynh hướng hoạt động nhiều tại nhà; khuynh hướng thích các hoạt động liên quan đến thể thao; đánh giá tốt về chất lượng môi trường xung quanh nơi ở; sự hài lòng về nơi ở hiện tại; và sự mong đợi về nơi ở mới tốt hơn. Các chỉ thị được quan sát qua bảng câu hỏi với thang đo Likert 5 mức độ. Trong đó, chúng tôi tham khảo các câu hỏi chỉ thị cho các khuynh hướng cá nhân trong nghiên cứu của Frenkel và cộng sự [10]. Các đường dẫn được kiểm tra và loại bỏ với các liên kết yếu. Mô hình cũng được kiểm tra tính phù hợp với các chỉ số bao gồm TLI (Tucker–Lewis index), CFI (Comparative Fit Index), và RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation).

3.2.2 Mô hình lựa chọn cư trú

Chúng tôi sử dụng mô hình hồi quy đa thức (Multinomial Logit) cho phân tích lựa chọn cư trú. Đây là mô hình định lượng, xác định mối liên hệ giữa một biến phụ thuộc định tính với hai hay nhiều biến độc lập, cũng như dự báo xác suất xảy ra biến phụ thuộc tương ứng với giá trị của biến độc lập.

Hàm hữu dụng của một sinh viên khi lựa chọn nơi cư trú từ một tập các lựa chọn T có thể bao gồm 3 thành phần. Thành phần thứ nhất phản ánh mức hữu dụng do các thuộc tính cụ thể của các lựa chọn nơi cư trú khác nhau như chất lượng dịch vụ, giá cả,... mang lại cho sinh viên. Thành phần thứ hai phản ánh mức hữu dụng ảnh hưởng bởi các đặc điểm riêng của sinh viên như thu nhập, giới tính,... Thành phần thứ ba phản ánh sự ảnh hưởng của các yếu tố khác chưa được quan sát. Giả sử rằng tập các lựa chọn có M lựa chọn. Mức hữu dụng mà sinh viên i ($i = 1, 2, 3, \dots, N$) chọn nơi cư trú t ($t = 1, 2, 3, \dots, M$) có thể được viết như phương trình (2).

$$U_{it} = \beta X_t + \theta_t Z_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

với U_{it} là mức hữu dụng của sinh viên i khi chọn nơi cư trú t , X_t là các thuộc tính liên quan đến lựa chọn cư trú t , Z_i là các đặc điểm của sinh viên i , các hệ số β và θ_t lần lượt là các tham số của các biến X_t và Z_i , cuối cùng ϵ_{it} là sai số ngẫu nhiên.

Dựa trên lý thuyết tối đa hóa tính hữu dụng ngẫu nhiên (Random Utility Maximization: RUM), xác suất mà sinh viên i chọn nơi cư trú t được tính theo Train [11], có thể trình bày như phương trình (3)

$$\Pr(T_i = t) = \frac{e^{\beta X_t + \theta_t Z_i}}{e^{\beta X_t + \theta_t Z_i} + \sum_{t_m \neq t} e^{\beta X_{t_m} + \theta_{t_m} Z_i}} \quad (3)$$

Trong nghiên cứu này, chúng tôi chỉ ghi nhận thuộc tính của loại hình cư trú được lựa chọn và không quan sát được các thuộc tính của các loại hình không được lựa chọn với mỗi sinh viên. Vì vậy, mô hình lựa chọn cư trú chỉ dựa trên các thuộc tính cá nhân, bao gồm các yếu tố ẩn.

Chúng tôi sử dụng R [12] cho các phân tích dữ liệu trong nghiên cứu này. Mức độ tương quan giữa các biến được khảo sát trong quá trình ước lượng các mô hình.

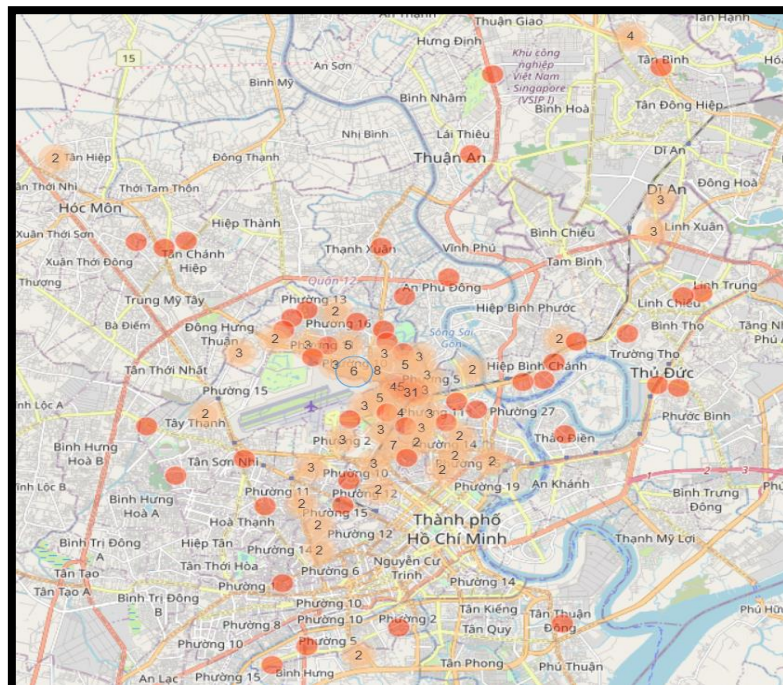
4 KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1 Đặc điểm sinh viên và loại hình cư trú

Mẫu nghiên cứu 304 sinh viên IUH cho thấy một tỉ lệ cân đối giữa nam, nữ, và các năm học. Phần lớn sinh viên tham gia phỏng vấn sống cùng bạn cùng lớp, cùng trường và không đổi vị trí nơi ở quá 2 lần (Bảng). Các sinh viên chủ yếu cư trú trong nội thành TP.HCM, tập trung ở các quận gần trường như Gò Vấp, Bình Thạnh và Phú Nhuận (Hình 1).

Bảng 1: Thống kê mô tả mẫu theo đặc điểm cá nhân (N=304)

Đặc điểm	Trường hợp	Tỷ lệ (%)
Giới tính	Nam	139
	Nữ	165
Năm học	Năm 1	95
	Năm 2	62
	Năm 3	83
	Năm 4 hoặc trên năm 4	64
Đặc điểm cư trú	Nơi ở đầu tiên	113
	Nơi ở thứ 2	154
	Nơi ở thứ 3 hoặc nhiều hơn	37
Đối tượng đang sinh sống cùng hiện nay	Người trong cùng gia đình	55
	Người trong hộ hàng	38
	Bạn cùng quê	65
	Bạn cùng lớp, cùng trường	134
	Ở một mình	9
	Khác	3



Hình 1: Bản đồ vị trí nơi ở hiện tại của các đối tượng khảo sát

Đối với các loại hình nơi ở hiện tại, kết quả cho thấy phần lớn sinh viên (39.8%) chọn ở phòng trọ riêng biệt, có bếp và nhà vệ sinh riêng, không cùng nhà với chủ nhà (TRKCN). Lựa chọn ký túc xá (KTX) chiếm

tỉ lệ thấp nhất (7.89%), tiếp theo là phòng trọ riêng biệt, có bếp và nhà vệ sinh riêng, cùng nhà với chủ nhà (TRCN) là 12.5%, phòng trọ riêng biệt, sử dụng bếp và nhà vệ sinh chung (NTVSC) là 16.45%. Nhà ở dạng nhà phố (NGDP) chiếm 19.41% và nhà ở gia đình ở chung cư (NGDCC) chiếm 3.95%. Bảng trình bày đặc điểm của các loại hình này.

So sánh đặc điểm của các loại hình nhà ở cho thấy diện tích loại hình NGDP và NGDCC có diện tích lớn hơn so với các loại hình khác. Tỉ lệ sở hữu đối với nhóm NGDP là 45/59 sinh viên chiếm 76.27% và NGDCC là 5/12 sinh viên chiếm 41.67%. Số sinh viên (57.14%) ở nhà 2 dạng này là ở cùng gia đình. Điều này cũng giải thích vì sao chi phí phải trả hàng tháng của sinh viên khi ở 2 loại hình này khá thấp so với các nhóm khác. Sinh viên ở loại hình NGDP và NGDCC cũng có thời gian cư trú đến hiện tại lâu hơn so với các loại hình khác bởi đó là nơi ở từ trước khi sinh viên học tại trường. Số người ở cùng phòng ở các loại hình không quá cao trừ loại hình KTX có số lượng người sống chung đồng (trung bình 9.8 người) với diện tích khá hẹp (trung bình 26.7 m²). Tuy nhiên chi phí của loại hình này là thấp nhất.

Về yếu tố khoảng cách, loại hình Nhà ở gia đình, dạng nhà phố có khoảng cách đi tới trường trung bình cao nhất là từ (10.3 km), thấp nhất là ký túc xá, còn lại khoảng cách từ các loại hình khác đều nằm trong khoảng trung bình từ 2-6 km. Loại hình nhà ở gia đình có khoảng cách đến trường thường khá xa do mang đặc tính sở hữu, các loại hình còn lại thường không thuộc sở hữu nên sinh viên sẽ có xu hướng chọn trong khoảng cách gần trường hơn để thuận tiện cho việc đi lại học tập nhất là loại hình ký túc xá. Đối với những sinh đi làm thêm, khoảng cách đến chỗ làm trong khoảng 1.9 đến 5.9 km, không quá xa so với nơi ở để vừa thuận tiện di chuyển đến trường vừa thuận tiện cho việc làm thêm của sinh viên.

Về đặc điểm môi trường xây dựng, hầu hết nơi sinh viên cư trú đều có mạng lưới xe buýt. Chỗ ở của sinh viên ở tất cả các loại hình có khoảng cách trung bình đến các trạm xe buýt từ 150 đến 320 mét. Đây là một khoảng cách thuận lợi để chọn di chuyển bằng loại hình này nếu muốn. Điều này một mặt cho thấy khả năng phủ của mạng lưới xe buýt, mặt khác cho thấy sinh viên có xu hướng chọn sống gần các trạm xe buýt để dễ sinh hoạt và đi lại. Sinh viên cũng chọn ở gần các điểm cung cấp nhu yếu phẩm, dịch vụ như chợ/điểm bán hàng hay siêu thị. Các nhóm loại hình phòng trọ riêng biệt có khoảng cách đến công viên/không gian xanh xa hơn với các loại hình khác cho thấy nhóm loại hình này gần với ít tiện ích công cộng hơn. Phần lớn các khu có nhà máy, xí nghiệp có vị trí khá xa so với các loại hình cư trú của sinh viên.

Khi được hỏi về lựa chọn nơi ở mong muốn nếu buộc phải thay đổi, phần lớn sinh viên (52.63%) mong muốn loại hình TRKCN. Tỷ lệ sinh viên mong muốn ở KTX chiếm tỉ lệ thấp nhất (1.32%). Như vậy, so với loại hình nơi ở hiện tại, sinh viên có xu hướng thích thoải mái riêng biệt hơn. Tỉ lệ chọn loại hình TRKCN tăng 12.83%. Tỉ lệ chọn loại hình KTX giảm 6.57%.

Bảng 2: Loại hình nơi ở hiện tại (N=304)

Đặc điểm	Loại hình					
	NGDP	NGDCC	TRCN	TRKCN	NTVSC	KTX
Diện tích (m ²)	65.9(35.7)	51.5(19.1)	21.5(15.1)	23.3(18.2)	12.5(7.8)	26.7(14.8)
Giá cả (triệu đồng/tháng)	0.5(0.1)	1.2(1.8)	1.5(0.8)	1.5(1.1)	1.6(1.9)	0.8(0.9)
Số người sống cùng (người)	5(1.3)	4(0.8)	2(1.3)	3(1.6)	4(1.1)	10(4.2)
Đặc điểm sở hữu: 1 (sở hữu), 2 (sở hữu của gia đình), 3 (sở hữu của họ hàng), 4 (không sở hữu)	2(0.6)	3(0.9)	4(0.6)	4(0.3)	4(0)	4(0)
Khoảng cách đến trường (km)	10(5.6)	6(6.9)	3(2.7)	4(4.3)	2(2.0)	1(1.6)
Khoảng cách đến chỗ làm thêm (km)	4(2.5)	4(2.6)	3(2.1)	4(3.5)	2(1.4)	6(6.4)
Khoảng cách đến trạm xe buýt (m)	326(241.1)	320(367.7)	262(216.6)	287(361.11)	140(112.6)	150(104.2)

Gần chợ/điểm bán hàng nhu yếu phẩm: 1 (có), 2 (không)	1(0.25)	1(0)	1(0.16)	1(0.2)	1(0.2)	1(0)
Gần siêu thị: 1 (có), 2 (không)	1(0.4)	1(0)	1(0.3)	1(0.3)	1(0.5)	1(0.3)
Gần công viên/không gian xanh: 1 (có), 2 (không)	1(0.4)	1(0)	1(0.5)	1(0.46)	2(0.5)	1(0.5)
Có mạng lưới xe buýt: 1 (có), 2 (không)	1(0.5)	1(0)	1(0.4)	1(0.3)	1(0.2)	1(0.2)
Có nhà máy, xí nghiệp: 1 (có), 2 (không)	1(0.5)	2(0.5)	2(0.6)	2(0.5)	2(0.5)	2(0.2)
Thời gian cư trú đến hiện tại (tháng)	84(95.9)	52(71.3)	15(20.4)	16(29.7)	9(10.5)	15(20.9)

Giá trị các đặc điểm thể hiện theo Mean (SD), Mean: giá trị trung bình, SD: Độ lệch chuẩn

4.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn vị trí cư trú của sinh viên

4.2.1 Kết quả phân tích các yếu tố ẩn

Kết quả thực hiện phân tích nhân tố khẳng định CFA được trình bày trong thấy với độ tin cậy 95%, các mối quan hệ nhân quả này đều có ý nghĩa thống kê, các giả thuyết được ủng hộ.

“Sự hài lòng về các vấn đề đô thị ở TP.HCM” được xác định qua quan điểm về chất lượng không khí, giao thông đường bộ, kênh rạch và cơ sở hạ tầng. “Theo đuổi chất lượng cuộc sống cao” được ghi nhận qua quan điểm nơi ở cần có an ninh tốt, niềm vui, hạnh phúc, có không gian riêng tư/tự do, thuộc khu đa chức năng, nhiều tiện nghi. “Yêu cầu cao về an ninh nơi ở” bao gồm các chỉ thị đánh giá về cảm giác an toàn và an ninh. “Khuyh hướng chú trọng học tập” bao gồm việc tham gia nhiều khóa học và dành nhiều thời gian học mỗi ngày. “Khuyh hướng chú trọng việc làm thêm” được quan sát qua việc tận dụng thời gian trống để làm thêm và áp lực phải có thu nhập để trang trải. “Khuyh hướng quan tâm hoạt động văn hóa, giải trí” được xác định với mức độ thường xuyên đi xem phim, các show ca nhạc, thích sống tại các khu đông dân và nhiều cơ hội tham gia các hoạt động. “Khuyh hướng hoạt động nhiều tại nhà” quan sát bằng việc thích tụ tập bạn bè tại nhà, thích đi dạo, thích đọc sách, xem ti vi, nghe nhạc yên tĩnh, hoặc làm vườn tại nhà và có quan hệ tốt với hàng xóm của mình. “Khuyh hướng thích các hoạt động liên quan đến thể thao” như tập thể dục/chơi thể thao ngoài trời, đến các công viên và sử dụng các thiết bị thể thao công cộng gần khu ở. “Đánh giá tốt về chất lượng môi trường xung quanh nơi ở” xác định qua môi trường không khí, nước và vệ sinh môi trường. “Sự hài lòng về nơi ở hiện tại” được đo lường bằng mức độ hài lòng với giao thông, hàng xóm, cơ sở hạ tầng xung quanh, an ninh, chi phí, điều kiện thuận tiện đi làm thêm, điều kiện/cấu trúc nhà ở hiện tại và thuận tiện đi học. Và “sự mong đợi về nơi ở mới tốt hơn” cũng được đo lường qua các mong muốn về tiện ích và quan hệ hàng xóm tốt.

Các yếu tố ẩn này được đưa vào mô hình phân tích lựa chọn (xem mục 4.2.2) như các thuộc tính cá nhân của sinh viên để giải thích cho các lựa chọn của sinh viên.

Bảng. Các chỉ số mô hình phù hợp gồm TLI= 0.89 (≤ 0.9) ; CFI= 0.90 (≤ 0.9), RMSEA=0.06 (≤ 0.08) cho thấy mô hình phản ánh dữ liệu đủ tốt theo Hopper và cộng sự [13]. Kết quả ước lượng chuẩn hóa các tham số chính trong mô hình cho thấy với độ tin cậy 95%, các mối quan hệ nhân quả này đều có ý nghĩa thống kê, các giả thuyết được ủng hộ.

“Sự hài lòng về các vấn đề đô thị ở TP.HCM” được xác định qua quan điểm về chất lượng không khí, giao thông đường bộ, kênh rạch và cơ sở hạ tầng. “Theo đuổi chất lượng cuộc sống cao” được ghi nhận qua quan điểm nơi ở cần có an ninh tốt, niềm vui, hạnh phúc, có không gian riêng tư/tự do, thuộc khu đa chức năng, nhiều tiện nghi. “Yêu cầu cao về an ninh nơi ở” bao gồm các chỉ thị đánh giá về cảm giác an toàn và an ninh. “Khuyh hướng chú trọng học tập” bao gồm việc tham gia nhiều khóa học và dành nhiều thời gian học mỗi ngày. “Khuyh hướng chú trọng việc làm thêm” được quan sát qua việc tận dụng thời gian trống để làm thêm và áp lực phải có thu nhập để trang trải. “Khuyh hướng quan tâm hoạt động văn hóa, giải trí” được xác định với mức độ thường xuyên đi xem phim, các show ca nhạc, thích sống tại các khu đông dân

và nhiều cơ hội tham gia các hoạt động. “Khuynh hướng hoạt động nhiều tại nhà” quan sát bằng việc thích tụ tập bạn bè tại nhà, thích đi dạo, thích đọc sách, xem ti vi, nghe nhạc yên tĩnh, hoặc làm vườn tại nhà và có quan hệ tốt với hàng xóm của mình. “Khuynh hướng thích các hoạt động liên quan đến thể thao” như tập thể dục/chơi thể thao ngoài trời, đến các công viên và sử dụng các thiết bị thể thao công cộng gần khu ở. “Đánh giá tốt về chất lượng môi trường xung quanh nơi ở” xác định qua môi trường không khí, nước và vệ sinh môi trường. “Sự hài lòng về nơi ở hiện tại” được đo lường bằng mức độ hài lòng với giao thông, hàng xóm, cơ sở hạ tầng xung quanh, an ninh, chi phí, điều kiện thuận tiện đi làm thêm, điều kiện/cấu trúc nhà ở hiện tại và thuận tiện đi học. Và “sự mong đợi về nơi ở mới tốt hơn” cũng được đo lường qua các mong muốn về tiện ích và quan hệ hàng xóm tốt.

Các yếu tố ẩn này được đưa vào mô hình phân tích lựa chọn (xem mục 4.2.2) như các thuộc tính cá nhân của sinh viên để giải thích cho các lựa chọn của sinh viên.

Bảng 3: Mối quan hệ giữa yếu tố ẩn và biến quan sát/đo lường

Biến ẩn	Biến quan sát/đo lường	Hệ số
Sự hài lòng về các vấn đề đô thị ở TP.HCM	Đánh giá tốt về chất lượng không khí	1
	Đánh giá tốt về giao thông đường bộ	0.761
	Đánh giá tốt về chất lượng kênh rạch	0.858
	Đánh giá tốt về cơ sở hạ tầng	0.96
Theo đuổi chất lượng cuộc sống cao	Nơi ở cần mang lại niềm vui, hạnh phúc cho bạn	0.678
	Nơi ở cần mang lại không gian riêng tư/tự do	0.781
	Nơi ở cần thuộc khu đa chức năng, nhiều tiện nghi	0.914
Yêu cầu cao về an ninh nơi ở	Nơi ở cần mang lại cảm giác an toàn	0.74
	Nơi ở cần có an ninh tốt	1
Khuynh hướng chú trọng học tập	Tham gia nhiều khóa học chuyên môn, seminar hoặc kỹ năng khác	1
	Dành nhiều thời gian học mỗi ngày, thậm chí cuối tuần	0.34
Khuynh hướng chú trọng việc làm thêm	Cố gắng tận dụng thời gian trống để làm thêm	1
	Áp lực phải có thu nhập để trang trải cuộc sống	0.976
Khuynh hướng quan tâm hoạt động văn hóa, giải trí	Thích sống tại các khu đông dân và nhiều cơ hội tham gia các hoạt động giải trí, văn hóa	1
	Thường đi xem phim, các show ca nhạc hoặc tương tự	0.945
Khuynh hướng hoạt động nhiều tại nhà	Thích đi dạo quanh khu mình ở	1
	Thích đọc sách, xem ti vi, nghe nhạc yên tĩnh, hoặc làm vườn tại nhà	0.912
	Có quan hệ tốt với hàng xóm	0.553
Khuynh hướng thích các hoạt động liên quan đến thể thao	Thường dành thời gian tập thể dục/chơi thể thao ngoài trời	0.948
	Thường đến các công viên/không gian mở tương tự	0.972
	Thường sử dụng các thiết bị thể thao công cộng gần khu bạn ở	0.971
Đánh giá tốt về chất lượng môi trường xung quanh nơi ở	Đánh giá tốt về môi trường nước (ao ngòi, kênh rạch)	1
	Đánh giá tốt về môi trường không khí	0.8
	Đánh giá tốt về vệ sinh môi trường (quản lý rác thải)	0.929
Sự hài lòng về nơi ở hiện tại	Hài lòng về giao thông	1
	Hài lòng về hàng xóm	0.659
	Hài lòng về cơ sở hạ tầng xung quanh	0.585
	Hài lòng về an toàn/an ninh	0.508
	Hài lòng về chi phí	0.737

	Hài lòng về thuận tiện đi làm thêm	0.628
	Hài lòng về điều kiện/cấu trúc nhà ở hiện tại	0.815
	Hài lòng về sự thuận tiện đi học	0.618
Sự mong đợi về nơi ở mới tốt hơn	Mong muốn cơ sở hạ tầng, dịch vụ xung quanh tốt hơn	1
	Mong muốn đi học thuận tiện	0.918
	Mong muốn đi làm thêm thuận tiện	0.812
	Mong muốn an toàn/an ninh tốt	0.837
	Mong muốn chất lượng môi trường xung quanh tốt	0.886
	Mong muốn điều kiện/cấu trúc nhà tốt/phù hợp	0.877
	Mong muốn chi phí thấp	0.696
	Mong muốn quan hệ hàng xóm tốt	0.77

4.2.2 Kết quả phân tích mô hình lựa chọn

Đối với các yếu tố ảnh hưởng, các sinh viên theo đuổi chất lượng cuộc sống cao là các sinh viên ở NGDP. Điều này cho thấy NGDP đủ tiện ích đáp ứng mong đợi chất lượng cuộc sống cao hơn so với loại hình TRKCN. Nhóm có xu hướng tập trung vào việc học tập có sự ưu tiên trong việc lựa chọn KTX hoặc loại hình nhà trọ NTVSC. Điều này có thể bắt nguồn từ tình hình tài chính của sinh viên, khi hầu hết các thành viên chưa có nguồn thu nhập lớn, kể cả từ sự hỗ trợ tài chính của gia đình. Việc lựa chọn KTX hoặc nhà trọ loại này đồng nghĩa việc sinh viên có thể đáp ứng đủ nhu cầu sinh hoạt và điều kiện thuận lợi cho quá trình học tập mà không cần phải đối mặt với các khoản chi trả vượt quá khả năng tài chính của mình. Sinh viên ở KTX hoặc TRCN có mức độ hài lòng thấp hơn. Điều này có thể liên quan đến sự độc lập trong sinh hoạt thấp hơn của hai loại hình này so với TRKCN. Ví dụ, ở KTX có giá khá thấp nhưng điều kiện ở với số lượng đông dễ xảy ra mâu thuẫn, hạn chế về thời gian, và không được tự do nấu nướng. NGDCC và NGDP mặc dù cũng có tổng số người sống cùng nhà cao so với TRKCN, nhưng vì đa số sống cùng gia đình nên điều kiện sống về mặt quan hệ xã hội có thể tốt hơn.

Đối với các yếu tố quan sát được, sinh viên sống cùng bạn bè chủ yếu ở loại hình TRKCN so với NGDCC hoặc NGDP. Số lượng người sống cùng ở nhóm KTX hoặc nhóm nhà gia đình (NGDP và NGDCC) tương đối nhiều hơn. Hầu hết sinh viên đều muốn tìm cho mình chỗ ở thoải mái, hợp lý, không gian phù hợp sinh hoạt hằng ngày mà không phải chi trả quá nhiều tiền nên việc ở chung với gia đình hoặc sử dụng KTX với số lượng đông để giảm chi trả là lựa chọn hợp lý.

Khoản thu nhập của gia đình sinh viên có vai trò quan trọng trong việc quyết định nơi ở của sinh viên. Sinh viên có thu nhập gia đình trên 50 triệu đồng/tháng có khuynh hướng chọn KTX và NGDCC cao hơn. Việc lựa chọn KTX có thể gây nghịch lý về thu nhập và giá cả. Tuy nhiên, điều này có thể giải thích vì nhiều gia đình cho rằng môi trường KTX sẽ tốt hơn cho con cái học tập so với nhà trọ bên ngoài. NGDCC là một lựa chọn khác với điều kiện sinh hoạt tốt hơn cho sinh hoạt hằng ngày và học tập. Trên thực tế, nhiều sinh viên đi làm thêm và có thu nhập trong quá trình học tập. Nhóm khác có thêm phụ cấp nhiều từ gia đình. Kết quả cho thấy sinh viên có thu nhập cao trên 6 triệu đồng/tháng có khuynh hướng lựa chọn NGDCC hơn. Đây là loại hình nếu thuê sẽ có chi phí khá cao, nhưng dịch vụ và an ninh tốt, phù hợp với nhu cầu của sinh viên ở xa nhưng muốn có nơi ở ở tốt, không gian riêng tư thích hợp cho sinh sống và học tập hằng ngày.

Về đặc điểm giới tính, sinh viên nữ có xu hướng chọn phòng NTVSC hoặc TRCN so với TRKCN với đặc điểm riêng biệt hoàn toàn. Điều này có thể bởi vì hầu hết các nhà trọ chung chủ hiện nay đều có số phòng rất hạn chế, trong khoảng 5 hoặc 6 phòng. Vì vậy, an ninh khi ở chung chủ được đảm bảo tốt hơn khi các thành viên trong nhà đều biết mặt nhau. Chủ nhà cũng quản lý những thành viên sống trong nhà và sẽ không để người lạ vào nhà mà không có sự cho phép. Ngoài ra, thuê trọ chung chủ còn giảm thiểu tối đa những trường hợp phức tạp giữa mối quan hệ của những thành viên trong nhà do được chủ nhà kiểm soát và hòa giải. Sinh viên sống xa nhà khi ở cùng chủ nhà có thể cảm thấy an toàn hơn, mang lại cảm giác gia đình thân quen hơn.

Bảng trình bày kết quả mô hình multinomial logit với tác động của các yếu tố đến việc lựa chọn loại hình nhà ở của sinh viên và mức ý nghĩa thống kê tương ứng. Lựa chọn TRKCN được thiết lập là base để so sánh.

Đối với các yếu tố ảnh hưởng, các sinh viên theo đuổi chất lượng cuộc sống cao là các sinh viên ở NGDP. Điều này cho thấy NGDP đủ tiện ích đáp ứng mong đợi chất lượng cuộc sống cao hơn so với loại hình TRKCN. Nhóm có xu hướng tập trung vào việc học tập có sự ưu tiên trong việc lựa chọn KTX hoặc loại hình nhà trọ NTVSC. Điều này có thể bắt nguồn từ tình hình tài chính của sinh viên, khi hầu hết các thành viên chưa có nguồn thu nhập lớn, kể cả từ sự hỗ trợ tài chính của gia đình. Việc lựa chọn KTX hoặc nhà trọ loại này đồng nghĩa việc sinh viên có thể đáp ứng đủ nhu cầu sinh hoạt và điều kiện thuận lợi cho quá trình học tập mà không cần phải đối mặt với các khoản chi trả vượt quá khả năng tài chính của mình. Sinh viên ở KTX hoặc TRCN có mức độ hài lòng thấp hơn. Điều này có thể liên quan đến sự độc lập trong sinh hoạt thấp hơn của hai loại hình này so với TRKCN. Ví dụ, ở KTX có giá khá thấp nhưng điều kiện ở với số lượng đông dễ xảy ra mâu thuẫn, hạn chế về thời gian, và không được tự do nấu nướng. NGDCC và NGDP mặc dù cũng có tổng số người sống cùng nhà cao so với TRKCN, nhưng vì đa số sống cùng gia đình nên điều kiện sống về mặt quan hệ xã hội có thể tốt hơn.

Đối với các yếu tố quan sát được, sinh viên sống cùng bạn bè chủ yếu ở loại hình TRKCN so với NGDCC hoặc NGDP. Số lượng người sống cùng ở nhóm KTX hoặc nhóm nhà gia đình (NGDP và NGDCC) tương đối nhiều hơn. Hầu hết sinh viên đều muốn tìm cho mình chỗ ở thoải mái, hợp lý, không gian phù hợp sinh hoạt hằng ngày mà không phải chi trả quá nhiều tiền nên việc ở chung với gia đình hoặc sử dụng KTX với số lượng đông để giảm chi trả là lựa chọn hợp lý.

Khoản thu nhập của gia đình sinh viên có vai trò quan trọng trong việc quyết định nơi ở của sinh viên. Sinh viên có thu nhập gia đình trên 50 triệu đồng/tháng có khuynh hướng chọn KTX và NGDCC cao hơn. Việc lựa chọn KTX có thể gây nghịch lý về thu nhập và giá cả. Tuy nhiên, điều này có thể giải thích vì nhiều gia đình cho rằng môi trường KTX sẽ tốt hơn cho con cái học tập so với nhà trọ bên ngoài. NGDCC là một lựa chọn khác với điều kiện sinh hoạt tốt hơn cho sinh hoạt hằng ngày và học tập. Trên thực tế, nhiều sinh viên đi làm thêm và có thu nhập trong quá trình học tập. Nhóm khác có thêm phụ cấp nhiều từ gia đình. Kết quả cho thấy sinh viên có thu nhập cao trên 6 triệu đồng/tháng có khuynh hướng lựa chọn NGDCC hơn. Đây là loại hình nếu thuê sẽ có chi phí khá cao, nhưng dịch vụ và an ninh tốt, phù hợp với nhu cầu của sinh viên ở xa nhưng muốn có nơi ở ở tốt, không gian riêng tư thích hợp cho sinh sống và học tập hằng ngày.

Về đặc điểm giới tính, sinh viên nữ có xu hướng chọn phòng NTVSC hoặc TRCN so với TRKCN với đặc điểm riêng biệt hoàn toàn. Điều này có thể bởi vì hầu hết các nhà trọ chung chủ hiện nay đều có số phòng rất hạn chế, trong khoảng 5 hoặc 6 phòng. Vì vậy, an ninh khi ở chung chủ được đảm bảo tốt hơn khi các thành viên trong nhà đều biết mặt nhau. Chủ nhà cũng quản lý những thành viên sống trong nhà và sẽ không để người lạ vào nhà mà không có sự cho phép. Ngoài ra, thuê trọ chung chủ còn giảm thiểu tối đa những trường hợp phức tạp giữa mối quan hệ của những thành viên trong nhà do được chủ nhà kiểm soát và hòa giải. Sinh viên sống xa nhà khi ở cùng chủ nhà có thể cảm thấy an toàn hơn, mang lại cảm giác gia đình thân quen hơn.

Bảng 4: Kết quả mô hình multinomial logit

Biến	KTX	NGDCC	NGDP	NTVSC	TRCN
Constant	-7.76***	-3.35*	-1.92*	-2.09*	-3.32***
Theo đuổi chất lượng cuộc sống cao	0.61	-0.05	0.67*	0.27	-0.24
Khuynh hướng chú trọng học tập	1.71**	0.22	0.37	0.55*	-0.001
Sự hài lòng về nơi ở hiện tại	-1.81**	0.49	-0.31	-0.23	-0.66*
Số người sống cùng nhà	1.20***	0.54*	0.68***	0.19	0.22
Sống cùng bạn bè	-0.24	-3.29***	-3.44***	0.54	0.60
Gia đình có thu nhập 50 triệu đồng trở lên	4.89**	2.450	1.48	1.63	0.81
Sinh viên có thu nhập 6 triệu đồng trở lên	-74.48	2.171**	0.60	-0.68	0.39
Giới tính nữ	-0.43	-0.46	0.02	0.97**	0.69
Không đi làm thêm	-0.35	-0.12	-0.10	-0.78*	0.52
Log-Likelihood	-326.79				
McFadden R ²	0.31				

Mức ý nghĩa: '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1

Sinh viên không làm thêm có khuynh hướng chọn phòng NTVSC cao hơn so với loại hình base TRKCN. Điều này có thể liên quan đến sinh hoạt của những sinh viên không đi làm thêm, thường không đòi hỏi linh hoạt quá nhiều về thời gian nên có thể chấp nhận loại hình chia sẻ bếp và nhà vệ sinh chung.

4.2.3 Hàm ý chính sách và quản lý

Dựa kết quả điều tra hiện trạng cư trú và phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn cư trú của sinh viên, chúng tôi dẫn ra một số vấn đề và đề xuất liên quan đến phát triển và quản lý mạng lưới cư trú, đáp ứng nhu cầu cho đối tượng này như sau:

- Phát triển nhà ở xã hội, nhà ở tư nhân dành riêng cho sinh viên

Hiện trạng các loại hình cư trú của sinh viên cho thấy ngoài nhóm sở hữu, các loại hình đang phát triển nhỏ lẻ. KTX đang là nhóm duy nhất dành riêng cho sinh viên nhưng với tỉ lệ rất thấp vì hạn chế quỹ đất của trường như tình hình chung của các trường đại học khu vực nội thành TP.HCM. Khảo sát sinh viên cho thấy mức độ hài lòng thấp về chất lượng cũng như giá cả. Chúng tôi đề xuất cần có chính sách hỗ trợ nhà ở cho sinh viên. Đó có thể là các dự án nhà xã hội, đảm bảo tiêu chuẩn, dành riêng cho sinh viên thuê với giá thấp, nhằm bổ sung cho quỹ KTX khan hiếm tại TP.HCM. Việc kêu gọi đầu tư và quản lý từ khu vực tư nhân cũng là giải pháp cần thiết. Việc phát triển nhà ở cho sinh viên sẽ tạo cạnh tranh trong thị trường cung cấp và giúp giá cả trở nên phù hợp hơn với sinh viên.

- Quản lý mạng lưới cư trú bằng dịch vụ bên thứ 3, quan tâm đến nhu cầu đối tượng sử dụng

Trong việc tìm kiếm các thông tin liên quan đến nơi ở, sinh viên cần chủ động tìm hiểu các đặc điểm nơi ở đảm bảo đáp ứng nhu cầu bản thân. Thông thường sinh viên tìm hiểu được một số thông tin cơ bản từ người thân và bạn bè. Một số website và ứng dụng hiện nay cũng hướng đến cung cấp thông tin tìm nhà cho sinh viên. Tuy nhiên, các thông tin cung cấp còn rất hạn chế, chủ yếu về vị trí, giá cả và chất lượng nhà. Nhiều thông tin phản ánh không trung thực hoặc hợp đồng không rõ ràng. Chúng tôi đề xuất mô hình quản lý mạng lưới cư trú bằng dịch vụ bên thứ 3, đặt trọng tâm vào nhu cầu đối tượng sử dụng. Đơn vị này có thể làm danh mục các thông tin cần cung cấp liên quan đến nhu cầu của đối tượng sử dụng và nhà cung cấp nơi ở có thể đăng ký với đơn vị này về loại hình nhà ở của họ và các đặc điểm mà loại hình này đáp ứng. Phân tích từ đề tài cho thấy ngoài các đặc điểm của loại hình cư trú, việc tham khảo các yếu tố tâm lý liên quan đến lựa chọn cư trú có thể giúp các nhà cung cấp đưa ra đủ thông tin hơn cho khách hàng của mình, đặc biệt với những yếu tố đã được xác định là quan trọng trong mô hình lựa chọn như yêu cầu chất lượng cuộc sống cao, khuynh hướng chú trọng học tập và sự hài lòng. Những yếu tố quan trọng khác như số người sống cùng, giới tính, tình trạng làm thêm cũng là cơ sở thông tin hữu ích để các nhà cung cấp đưa ra thông tin đáp ứng những đặc điểm cá nhân này. Sinh viên khi cần thuê nhà có thể đến gặp đơn vị trung gian này để ký kết hợp đồng, nhằm có thông tin minh bạch, đầy đủ và đảm bảo lợi ích hợp đồng.

5 KẾT LUẬN

Nghiên cứu điều tra các loại hình nhà ở của sinh viên IUH và các yếu tố ảnh hưởng đến lựa chọn nơi cư trú của sinh viên bao gồm các yếu tố không thể quan sát trực tiếp. Trong 6 nhóm loại hình nhà ở, sinh viên chủ yếu lựa chọn loại hình TRKCN. Nhiều sinh viên sống cùng gia đình trong dạng NGDP và tỉ lệ ở KTX thấp. Các tỉ lệ lựa chọn loại hình phản ánh cơ cấu nhà ở của sinh viên cũng như khả năng hiện tại đáp ứng nhu cầu nhà ở cho đối tượng này. Thu nhập gia đình, thu nhập cá nhân, giới tính, người sống cùng và tình trạng làm thêm là những yếu tố có thể quan sát được ảnh hưởng ý nghĩa đến lựa chọn nhà ở của sinh viên. Bên cạnh đó, lựa chọn cũng chịu ảnh hưởng của các yếu tố liên quan đến tâm lý và phong cách sống bao gồm: yêu cầu chất lượng cuộc sống cao, sự hài lòng và khuynh hướng chú trọng học tập.

Nghiên cứu có hạn chế khi chỉ thực hiện nghiên cứu trường hợp với các sinh viên IUH. Trên thực tế, hoạt động cư trú của sinh viên không giới hạn hoàn toàn theo phạm vi trường học mà còn nằm trong mối quan hệ cư trú của sinh viên các trường khác trong thành phố. Mặc dù vậy, các phân tích sâu về lựa chọn dựa trên đặc điểm loại hình và đặc điểm sinh viên có thể không chịu ảnh hưởng bởi các quan hệ phạm vi này và trong một chừng mực mẫu sinh viên IUH có thể đại diện cho đặc điểm lựa chọn loại hình cư trú của sinh viên. Kết quả nghiên cứu có thể là cơ sở tham khảo cho các nhà quản lý và nhà đầu tư để thúc đẩy nỗ lực duy trì chất lượng và cải tiến dịch vụ, đáp ứng nhu cầu cư trú cũng như môi trường sống phù hợp để sinh viên học tập và phát triển. Các nghiên cứu xa hơn có thể xem xét yếu tố phân vùng và vị trí các trường học để phân tích mạng lưới trong phát triển nhà ở xã hội, nhà ở tư nhân dành cho sinh viên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Cổng thông tin Điện tử Chính phủ, Lợi thế giúp TPHCM trở thành thành phố khởi nghiệp số 1 Việt Nam, 2022.<https://tphcm.chinhphu.vn/loi-the-giup-tphcm-tro-thanh-thanh-pho-khoi-nghiep-so-1-viet-nam-101220814232911029.htm> (truy cập ngày 3/7/2023).
- [2] Phạm Ngọc Linh, Tìm hiểu thực trạng nhà ở của sinh viên hiện nay trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh, *Tạp chí Kinh tế và Phát triển*, Trường Đại học Kinh tế Quốc dân, số 2, 2009.
- [3] Tổng cục Thống kê Việt Nam (GSO), Hệ thống dữ liệu không gian dân số và phát triển, 2019. <https://gis.gso.gov.vn/>(truy cập ngày 3/7/2023).
- [4] J.U. Adama, D.O. Aghimien, and C.O. Fabunmi, Students' Housing in Private Universities in Nigeria: Influencing Factors and Effect on Academic Performance, *International Journal of Built Environment and Sustainability*, vol. 5, no. 1, 2018.
- [5] M.E. Ben-Akiva and S.R. Lerman, *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand (Transportation Studies)*, MIT Press, London, England, 1985.
- [6] Trần Trung Hiếu, Các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định thuê trọ của sinh viên trường Đại học Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh, Luận văn Thạc sĩ trường Đại học Công nghệ TP.HCM, 2017.
- [7] Nguyễn Ngọc Thúc, *Các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn phòng trọ của sinh viên ngoại tỉnh học tập ở Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Trẻ lần 3, NXB Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh, 2021.
- [8] J. Hair, W. Black, B. Babin, and R. Anderson, *Multivariate Data Analysis: A Global Perspective*. 2010.
- [9] Đào Thị Thanh Bình, Phân Tích Nhân Tố Khẳng Định (Confirmatory Factor Analysis) CFA, Sách tham khảo cho sinh viên, cao học và nghiên cứu sinh khối ngành kinh tế và xã hội, Đại học Hà Nội, 2022.
- [10] A. Frenkel, E. Bendit, and S. Kaplan. Residential location choice of knowledge-workers: The role of amenities, workplace and lifestyle. *Cities*, 35, 33–41, 2013.
- [11] R Core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing'. Vienna, Austria: <https://www.R-project.org/>, 2023.
- [12] K. Train, *Qualitative Choice Analysis*. MIT Press, London, England, 1986.
- [13] D. Hooper, J. Coughlan, and M.R. Mullen, Structural Equation Modelling: Guidelines for Determining Model Fit Structural equation modelling: guidelines for determining model fit, *Electronic Journal of Business Research Methods*, Vol. 6, no. 1, 53-60, 2008.

YSC5.F210

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG TINH DẦU VÀ CHIẾT XUẤT HƯƠNG THẢO TRONG SẢN PHẨM SỮA TẮM

NGUYỄN THỊ HỒNG ANH^{1*}, LÊ HOÀI AN, NGUYỄN VĂN CƯỜNG²

¹ Khoa Công nghệ Hóa học, Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm Thành phố Hồ Chí Minh

² Khoa Công nghệ Hóa học, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

* anhnth@hufi.edu.vn

Tóm tắt. Hương thảo (*Rosmarinus officinalis L.*) là một loại cây bụi thường xanh mọc dọc theo Biển Địa Trung Hải, được dùng làm thuốc chống co thắt, giảm đau nhẹ, chữa đau dây thần kinh liên sườn, nhức đầu, đau nửa đầu, mất ngủ, rối loạn cảm xúc và trầm cảm. Trong nghiên cứu này, tinh dầu hương thảo từ cây hương thảo trồng tại huyện Di Linh được trích ly bằng phương pháp chưng cất trực tiếp với nước. Các thành phần hóa học chính được xác định bằng phương pháp sắc ký khí-khối phổ bao gồm: α -pinene (46,13%), eucalyptol (23,68%), và 1,3-diisopropyl-1,3-cyclopentadiene (5,57%). Chiết xuất hương thảo thu được thông qua trích ly bã hương thảo với dung môi methanol dưới sự hỗ trợ của sóng siêu âm. Tinh dầu hương thảo và chiết xuất hương thảo được sử dụng trong đơn công nghệ sản xuất sữa tắm. Kết quả nghiên cứu cho thấy các chỉ tiêu về đánh giá ngoại quan, cảm quan, hóa lý và an toàn đều đạt yêu cầu của sản phẩm sữa tắm.

Từ khóa. Tinh dầu hương thảo, chiết xuất hương thảo, và sữa tắm.

PREPARATION OF ESSENTIAL OIL AND EXTRACT FROM ROSEMARY FOR SHOWER PRODUCT FORMULATION

Abstract. Rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*) is a perennial evergreen shrub that grows along the Mediterranean Sea. It is used as an anti-spasmodic, mild pain reliever, and to treat conditions such as intercostal neuralgia, headache, migraine, insomnia, emotional disorders, and depression. In this study, rosemary essential oil from rosemary plants cultivated in Di Linh district was extracted using the hydrothermal distillation method. The main chemical components were determined using Gas Chromatography-Mass Spectrometry and include α -pinene (46,13%), eucalyptol (23,68%), and 1,3-diisopropyl-1,3-cyclopentadiene (5,57%). Rosemary extract was obtained by extracting the rosemary waste with methanol solvent under the assistance of ultrasound. Both rosemary essential oil and rosemary extract were used in the formulation of a shower gel. The results showed that the criteria for evaluating the appearance, sensory properties, physicochemical properties, and safety of the product met the requirements for a shower gel product.

Keywords. Rosemary essential oil, rosemary extract and shower gel.

1 GIỚI THIỆU

Hương thảo là một loại cây bụi rậm rạp, phân nhánh, thường xanh và hoa màu trắng xanh, đạt chiều cao khoảng 1m. Hương thảo được đặc trưng bởi các lá dài 1–4 cm và rộng 2–4 mm, không cuống, nhiều lông, hình mác với các cạnh cong, mặt trên màu xanh đậm và có hạt, mặt dưới trắng với gân giữa nổi rõ và rất đặc mùi. Tràng hoa có hai môi và nhị hoa dạng cong hướng ra ngoài tràng hoa. Hoa hương thảo nhỏ và màu xanh nhạt hoặc màu tím hoa cà. Lá và hoa có mùi thơm mạnh mùi đặc trưng do tinh dầu dễ bay hơi. Hương thảo mọc tự nhiên ở khu vực Địa Trung Hải và được khai thác nhiều do tinh dầu có giá trị, có hàm lượng phenolic và chất chống oxy hóa mạnh. Ngoài ra, hương thảo mọc những nơi khác nhau trên thế giới như Châu Âu, Châu Phi và Châu Á [1], [2].

Tinh dầu được chiết xuất từ lá hương thảo chứa hỗn hợp phức tạp của các hợp chất hoạt tính sinh học, bao gồm monoterpen (ví dụ: long não, 1,8-cineole và α -pinene), sesquiterpen và hợp chất phenolic (ví dụ: axit rosmarinic). Năm 1993, Jean-Claude Chalchat và các cộng sự về thành phần hóa học của tinh dầu hương thảo (*Rosmarinus officinalis* L.) từ các nguồn gốc địa lý khác nhau (Morocco, Tây Ban Nha và Pháp) đã được xác định bằng GC-MS [3]. Mặc dù 48 thành phần đã được xác định, các loại tinh dầu có nguồn gốc khác nhau có thể được phân biệt dựa trên cả đặc điểm vật lý và thành phần chính của chúng. Các loại tinh dầu Tây Ban Nha được tìm thấy rất giàu α -pinene (19,4-24,7%), 1,8- cineole (19,0-21,8%) và long não (16,3-18,9%), trong khi các loại tinh dầu của Pháp sở hữu α - pinene (19,9- 35,1%), 1,8-cineole (5,3-24,8%) và acetyl acetate (1,2-14,3%). Dầu Morocco lại thường giàu 1,8-cineole (43,5-57,7%). Đến năm 2003, C. Boutekedjiret và các cộng sự đã tiến hành chiết xuất tinh dầu hương thảo bằng phương pháp lôi cuốn hơi nước (SD) và phương pháp chưng cất trực tiếp với nước (HD). Kết quả phân tích GC-MS cho thấy 36 hợp chất tìm thấy trong tinh dầu thu được ở phương pháp chưng cất lôi cuốn hơi nước, và 31 hợp chất trong phương pháp chưng cất trực tiếp với nước [4]. Trong đó, 1,8-cineol (52,4% SD và 31,9% HD), camphor (long não) (12,6% SD, 19,7% HD), borneol (3,4% SD, 12.1% HD), α -terpineol (2,1% SD, 12.8% HD), β -caryophyllene (4.2% SD, 3.0% HD). Hiệu suất tinh dầu được bằng phương pháp SD là 1,2%, phương pháp HD là 0,44%. Chính vì vậy, tác giả đề xuất chưng cất hơi nước đường như là quy trình phù hợp hơn, vì nó cho hiệu suất tốt hơn và thành phần tinh dầu tương đương với các báo cáo trong tài liệu và được công nhận bởi các tiêu chuẩn thương mại. Những thành phần này góp phần tạo nên các đặc tính và ứng dụng đa dạng của tinh dầu hương thảo. Chưng cất hơi nước và chưng cất trực tiếp với nước là những phương pháp phổ biến nhất để chiết xuất tinh dầu hương thảo [5]. Hoạt tính sinh học của hương thảo như là: chống trầm cảm, kháng khuẩn, chống oxy hóa, chống dị ứng, tác dụng giãn cơ trơn, chống viêm, chống đột biến, chống oxy hóa, và chống dị ứng [6]. Chiết xuất hương thảo có hoạt tính chống oxy hóa mạnh, chủ yếu là do các hợp chất phenolic, flavonoid và các diphenol diterpene vòng. Ngoài ra, chiết xuất của nó còn chứa axit carnolic, epirosmanol, rosmanol, methylcarnosate và isorosmanol cũng được coi là có khả năng chống oxy hóa cao.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Hóa chất

Nguyên liệu hương thảo được thu hoạch tại huyện Di Linh, Lâm Đồng. Sau khi thu hái, hương thảo được để nơi thoáng mát và được tách bỏ phần cành lớn vì đây là phần có hàm lượng tinh dầu không cao. Mẫu hương thảo được cắt với kích thước 2 cm trước khi cho vào bình cất.

Trong nghiên cứu này các chất hoạt động bề mặt chính coco amido propyl betaine (CAPB), sodium lauryl ether sulfate (SLES), cocodiethanolamide (CDE), lauryl glucoside (APG) từ hãng BASF được nhập khẩu bởi công ty MKVN Việt Nam. Các chất làm đặc và phụ gia khác bao gồm: polyethylene glycol(PEG-150), phenoxyethanol, polyquaternium 10 (PQ-10), alovera, allatoin và hương cũng được mua từ công ty MKVN Việt Nam.

2.2 Thực nghiệm

2.2.1 Tách tinh dầu và chiết xuất hương thảo

Cho 100g hương thảo đã được cắt nhỏ vào thiết bị chưng cất. Sau đó cho nước được định lượng vào trong thiết bị chứa nguyên liệu với lượng nước cho vào theo tỉ lệ khảo sát (1:6). Tiến hành chưng cất trực tiếp với nước trong khoảng 2 giờ thu được tinh dầu hương thảo.

Hương thảo sau chưng cất tinh dầu được lọc lấy bã chưng hương thảo, làm khô và xay nhuyễn thành bột hương thảo. Bột bã hương thảo sau khi tách tinh dầu được tiến hành trích ly bằng phương pháp hỗ trợ sóng siêu âm sử dụng dung môi methanol với tỉ lệ nguyên liệu nước 1:10, nhiệt độ 50 °C, và thời gian siêu âm 15 phút. Sau đó, dịch chiết thu được đem đi lọc để loại bỏ bột còn sót lại trong dịch chiết, dịch chiết được đuổi dung môi bằng thiết bị cô quay chân không để thu được cao chiết đậm đặc. Cao chiết này tiếp tục được làm bay hơi dung môi hoàn toàn trong tủ sấy và tiến hành tinh chế cao chiết bằng dung môi ethyl acetate.

2.2.2 Tính toán đơn phối liệu cho công thức sữa tắm

Đơn phối liệu cho công thức sữa tắm chứa chiết xuất và tinh dầu hương thảo được thực hiện trong Bảng 1. Ảnh hưởng của tỉ lệ (%) thành phần các nguyên liệu chính: SLES, CAPB, APG, CDE đến khả năng làm sạch, độ tạo bọt, và tạo đặc trong đơn phối liệu được khảo sát để từ đó chọn ra tỉ lệ thích hợp nhất cho sản

phẩm. Quy trình phối liệu được thực hiện chi tiết như sau: SLES được hoà tan trong nước với tỉ lệ 1:3 đến tan hoàn toàn ở nhiệt độ 80°C, sau đó ngừng gia nhiệt. Cùng lúc đó hòa tan PQ-10 và Glycerin với nước đến khi tan hết thì cho hỗn hợp vào khuấy cùng với SLES ở trên với tốc độ khuấy khoảng 1200 vòng/phút. Cho lần lượt chất hoạt động bề mặt CAPB, APG, CDE vào hệ và tiếp tục khuấy trộn đến đồng nhất, lúc này nhiệt độ của hỗn hợp khoảng 60°C. Tiếp tục cho propandiol vào khuấy cùng hỗn hợp trên và vẫn tiếp tục khuấy để đồng nhất. Khi nhiệt độ hỗn hợp giảm xuống khoảng 40°C, tốc độ khuấy tăng lên là 1500 vòng/phút, cho lần lượt chiết xuất hương thảo, allatoin, tinh dầu hương thảo và chất bảo quản vào hỗn hợp trên để hoàn thiện sản phẩm. Tiếp tục khuấy đến đồng nhất sản phẩm, lấy mẫu và kiểm tra pH của sản phẩm bằng máy đo pH và điều chỉnh pH bằng axit citric.

Bảng 1: Đơn công nghệ dự kiến của sữa tắm chứa tinh dầu và chiết xuất hương thảo

STT	Thành phần		% (w/w)
	Tên thương mại	Tên thường	
1	Water	Nước	Vừa đủ
2	Sodium lauryl ether sulphate	SLES	-
3	Cocamidopropyl betaine	CAPB	-
4	Coco diethanolamide	CDE	-
5	Lauryl glucoside	APG	-
6	Polyethylene glycol	PEG 150	0,3
7	Propandiol	Propandiol	-
8	Polyquaternium 10	PQ-10	0,2
9	Alovera	Alovera	5
10	Cao chiết hương thảo	Cao chiết hương thảo	2
11	Allatoin	Allatoin	0,2
12	Tinh dầu hương thảo	Tinh dầu hương thảo	0,5
13	Phenoxyethanol	Phenoxyethanol	0,5
14	Axit citric	Axit citric	Vừa đủ

2.2.3 Đánh giá chất lượng sản phẩm

Các chỉ tiêu ngoại quan, chỉ tiêu cảm quan, chỉ tiêu hóa lý và chỉ tiêu an toàn được đánh giá dựa trên phương pháp quy định trong tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN: 5493:1991 và TCVN: 5494:1991).

2.2.4 Khảo sát hoạt tính kháng khuẩn

Dịch vi khuẩn vi khuẩn *S. aureus* (ATCC 25923) thử nghiệm (nồng độ 10^6 CFU/mL) được trải trên môi trường MHA. Các mẫu thí nghiệm được tẩm lên giấy lọc có đường kính 6 mm, sau đó cho vào các đĩa chứa vi khuẩn ở 37 °C và ủ 48h. Sau 48h ghi nhận kết quả vòng kháng khuẩn trên các đĩa. Getamicin được sử dụng như là đối chứng dương.

2.3 Phân tích thành phần hóa học của tinh dầu bằng phương pháp GC-MS

Các hợp chất bay hơi được phân tích bằng thiết bị sắc ký khí ghép khối phổ GC-MS của Agilent, GC 7890A - MS 5975C. Cột HP5 (30m; 0,25mm; 0,25µm), sử dụng khí mang là He. Nhiệt độ buồng bơm mẫu là 250°C, nhiệt độ đầu dò 280°C. Tỉ lệ chia dòng 1:20, mẫu được pha loãng trong n-hexan, thể tích tiêm 1µl. Chương trình nhiệt: nhiệt độ đầu 90°C, tăng 8°C/phút đến 280°C, giữ 5 phút, sử dụng thư viện phổ NIST 2011 của máy để định danh các cấu tử trong mẫu tinh dầu.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Thành phần của tinh dầu hương thảo

Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu suất trích ly tinh dầu hương thảo thu được dao động từ 0.5 đến 1.8% tùy vào thời gian lưu mẫu cây hương thảo. Thời gian để càng lâu thì hiệu suất tăng lên do lượng nước trong lá mất đi và lượng tinh dầu trong lá hương thảo tăng lên. Thành phần tinh dầu được xác định bằng phương pháp GC-MS, Kết quả cho thấy thành phần hóa học trong tinh dầu hương thảo của vùng Di Linh thu được khoảng 28 hợp chất. Hàm lượng thành phần chính là α -pinene (46,13%), eucalyptol (23,68%), và 1,3-

diisopropyl-1,3-cyclopentadiene (5,57%) (Bảng 2). Qua đó thấy được rằng, trong thành phần hóa học của tinh dầu hương thảo ở Di Linh rất giàu hợp chất α -pinene và thời gian thu được hợp chất này hầu hết là ở hơn 10 phút đầu tiên. Các loại tinh dầu hương thảo tại Tây Ban Nha được tìm thấy rất giàu α -pinene (19,4-24,7%), 1,8- cineole (19,0-21,8%) và long não (16,3-18,9%), trong khi các loại tinh dầu của Pháp sở hữu α -pinene (19,9- 35,1%), 1,8-cineole (5,3-24,8%) và acetyl acetate (1,2-14,3%) [3]. Tại Việt Nam, các nghiên cứu trước đây cho thấy các thành phần chính tinh dầu hương thảo tại Đức Trọng là α -pinene (35,54%), eucalyptol (20,902%), camphene (4.384%), bicyclo [3.1.1] hept-3-en-2-one (7.794%), caryophyllene (1,23%), endo -borneol (4,15%) và acetyl (4,07%) [7].

Bảng 2: Một số thành phần chính của tinh dầu hương thảo tại Di Linh

STT	Thời gian lưu	Tên chất	Hàm lượng (%)
1	3,6793	α -Pinene	46,128
2	4,0558	Camphene	2,961
3	4,6562	β -Pinene	1,349
4	6,1159	Limonene	1,881
4	6,2657	Eucalyptol	23,675
5	9,2308	Linalool	1,743
6	12,1468	(+)-2-Bornanone	2,131
7	13,4263	L(-)-Borneol	2,475
8	14,9255	1,3-Diisopropyl-1,3-cyclopentadiene	5,656
9	16,2279	cis-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol	3,006

Tỉ lệ nguyên liệu và dung môi có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu suất trích ly bằng phương pháp hỗ trợ sóng siêu âm, Dựa vào kết quả khảo sát các mẫu cho thấy mẫu có tỉ lệ nguyên liệu và dung môi 1:10 có hiệu suất cao thô rắn đạt 11,40% cao nhất so với các mẫu còn lại. Khi các tỉ lệ tăng dần về sau nhưng hiệu suất cũng không thay đổi nhiều.

Bảng 3: Ảnh hưởng của tỉ lệ nguyên liệu/methanol đến hiệu suất trích ly

STT	Tỉ lệ nguyên liệu/methanol	Khối lượng chiết xuất (g)	Hiệu suất(%)
1	1:5	0,2567	5,13
2	1:6	0,1578	3,15
3	1:7	0,4901	9,80
4	1:8	0,3341	6,68
5	1:9	0,1611	3,22
6	1:10	0,5704	11,40
7	1:11	0,4713	9,42
8	1:12	0,4367	8,73
9	1:13	0,3803	7,60
10	1:14	0,2349	4,69
11	1:15	0,3278	6,55
12	1:16	0,1434	2,86

3.2 Kết quả khảo sát các thành phần trong đơn phối liệu của sản phẩm sữa tắm

Qua thực nghiệm khảo sát, ta thấy rằng tỉ lệ SLES ảnh hưởng nhiều đến độ sạch và độ kích ứng của sản phẩm. Với hàm lượng SLES cao cho độ tẩy rửa cao, tuy nhiên lại gây rát và khô da. Do đó, hàm lượng SLES sử dụng trong sản phẩm là 8%, cho độ sạch tốt cũng như không kích ứng da. Sau khi khảo sát hàm lượng CAPB, độ nhớt cũng như các chỉ tiêu ngoại quan liên quan đến ảnh hưởng nền cũng khác nhau. Qua quy trình thực nghiệm, ta nhận thấy mẫu sản phẩm sử dụng CAPB với tỉ lệ 7% thì độ sạch và độ nhớt tăng phù hợp, sản phẩm đảm bảo độ sạch và mịn màng hơn mẫu ban đầu. Bột không còn những hạt to và nhiều

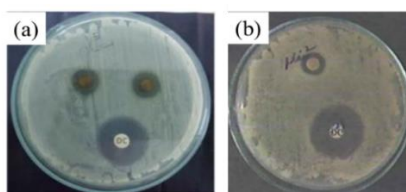
thay vào đó bột nhỏ và mịn hơn. Thêm vào đó, hàm lượng CAPB ảnh hưởng đến độ pH của sản phẩm và ảnh hưởng đến độ sạch của sản phẩm. Khi hàm lượng CAPB càng lớn, độ tẩy rửa cao, pH của sản phẩm tăng CAPB ở tỉ lệ 10% thì pH của sản phẩm khoảng 12, CAPB ở tỉ lệ 4% thì pH của sản phẩm khoảng 3, nhưng độ sạch của sản phẩm giảm, CAPB ở tỉ lệ 7% thì pH của sản phẩm khoảng 6.5, độ sạch và pH phù hợp với sản phẩm sữa tắm.

Ngoài ra qua thực nghiệm, ta thấy mẫu sản phẩm khi cho APG với tỉ lệ 6% thì độ nhớt sản phẩm tăng nhẹ, ngoại quan sản phẩm trong, pH ổn định, độ nhớt cũng vừa phải, bột nhỏ mịn và vẫn giữ được độ sạch và của sản phẩm. Khi tăng hàm lượng APG lên 10%, sản phẩm có dấu hiệu đục và độ nhớt tăng nhiều không đảm bảo ngoại quan cho sản phẩm sữa tắm. Qua khảo sát, thấy rằng hàm lượng CDE ở tỉ lệ 3% trong mẫu sản phẩm là phù hợp với tiêu chí của sản phẩm có độ bọt vừa phải, đủ làm sạch, bột mịn và nhỏ, khả năng làm sạch tốt, không gây kích ứng và khô rát, độ đặc sản phẩm ổn định vừa phải, tạo độ sánh cho sản phẩm mà không quá đặc. Hàm lượng propandiol sử dụng trong công thức tối ưu là 5% cho khả năng dưỡng ẩm của mẫu và còn làm cho sản phẩm tạo dòng đẹp. Tuy nhiên vẫn giữ được độ sạch, độ nhớt và pH ổn định cho sản phẩm. Đơn phối chế sữa tắm sử dụng tinh dầu và cao chiết Hương thảo được trình bày ở Bảng 4.

Bảng 4: Đơn phối chế sữa tắm sử dụng tinh dầu và cao chiết Hương thảo

STT	Nguyên liệu	Vai trò	Tỉ lệ (%)
1	Nước	Dung môi, chất nền	61.9
2	SLES	Chất hoạt động bề mặt	8
3	CAPB	Chất hoạt động bề mặt	7
4	CDE	Chất hoạt động bề mặt, làm đặc	3
5	APG	Tạo bọt, HDBM	6
6	PEG 150	Nhũ hóa tạo đặc	0,3
7	Propandiol	Giữ ẩm, mềm da	3
8	PQ-10	Làm ẩm, làm mượt	0,2
9	Alovera	Làm mềm	5
10	Cao chiết hương thảo	Hoạt chất kháng khuẩn	2
11	Allatoin	Chống kích ứng	0,2
12	Tinh dầu hương thảo	Kháng khuẩn, kháng viêm	0,5
13	Phenoxyethanol	Bảo quản	0,5
14	Axit citric	Cân bằng pH	0,1

Khả năng kháng khuẩn *S. aureus* ATCC 25923 của cao chiết hương thảo được xác định bằng phương pháp đĩa thạch với cao chiết được pha nồng độ 50 mg/mL cho kết quả kháng khuẩn cao với đường kính vòng kháng khuẩn 12 mm. Hơn nữa, khả năng kháng khuẩn *S. aureus* ATCC 25923 của cao chiết hương thảo trong sản phẩm sữa tắm cũng được xác định ở hàm lượng tương ứng dựa trên nồng độ mẫu khảo sát hoạt tính sinh học của chiết xuất hương thảo, tỉ lệ phần trăm của chiết xuất hương thảo dùng cho đơn phối chế sữa tắm kháng khuẩn hoàn thiện là 50 gam/1000 mL sản phẩm. Tuy nhiên để đáp ứng tính kinh tế và thị hiếu nên sản phẩm hoàn thiện sử dụng 2% chiết xuất hương thảo (20 gam/1000 mL sản phẩm) và 0,5% tinh dầu (5 gam/1000 mL sản phẩm) và xác định khả năng kháng khuẩn *S. aureus* ATCC 25923 của sản phẩm bằng phương pháp đĩa thạch. Kết quả cho thấy khả năng kháng khuẩn cao với đường kính vòng kháng khuẩn 12mm. Điều này cho thấy cao chiết hương thảo và tinh dầu hương thảo tương thích tốt với nền sữa tắm và giữ được hoạt tính kháng khuẩn trong sản phẩm hoàn thiện. Kết quả kháng khuẩn *S. aureus* ATCC 25923 của cao chiết hương thảo và của sữa tắm hoàn thiện được thể hiện trong Hình 1. Ngoài ra, các chỉ tiêu đánh giá ngoại quan, cảm quan, hóa lý và an toàn đều đạt yêu cầu của một sản phẩm sữa tắm. Kết quả được thể hiện qua Bảng 5.



Hình 1: Khả năng kháng khuẩn *S. aureus* của chiết xuất hương thảo (a) và sữa tắm chứa chiết xuất hương thảo (b).

Bảng 5: Chi tiêu đánh giá sữa tắm sử dụng tinh dầu và cao chiết Hương thảo

STT	Tiêu chí	Kết quả đánh giá
I	Chỉ tiêu đánh giá ngoại quan	
1	Trạng thái	Mẫu hoàn toàn đồng nhất, không có tạp chất, đặc vừa phải, mịn. Màu sắc xanh ngả vàng lẫn vài hạt Hương Thảo trong sữa tắm
2	Độ đồng nhất	
3	Màu sắc	
II	Chỉ tiêu đánh giá cảm quan	
1	Mùi hương	Hương thơm dễ chịu, có mùi thơm đặc trưng của Hương Thảo Có độ sạch, bọt vừa đủ và mịn khi sử dụng. Độ rửa trôi nhanh, mềm mịn Sau khi sử dụng, trên da vẫn giữ độ mịn màng và căng bóng.
2	Độ sạch	
3	Độ tạo bọt	
4	Độ đặc	
5	Độ rửa trôi	
6	Độ mịn, mềm	
III	Chỉ tiêu đánh giá hóa lý	
1	Khả năng chịu nhiệt	Sản phẩm sau khi kiểm tra tủ ấm và tủ lạnh để lại ở nhiệt độ phòng không bị biến đổi về các yêu cầu. Sản phẩm không bị tách lớp, mùi hương, màu sắc, trạng thái không bị biến đổi.
2	Khả năng chịu lạnh	
3	pH 1% dung dịch trong nước	pH sản phẩm bằng 5,9. Đạt đúng tiêu chuẩn về an toàn và tối ưu. Không cần điều chỉnh pH
4	Độ nhớt	Độ nhớt sản phẩm bằng 543,3 cP
5	Độ chênh lệch khối lượng	Sản phẩm sau khi kiểm tra tủ ấm và tủ lạnh. Khối lượng sản phẩm không chênh lệch.
6	Thể tích dung dịch cột bọt 1%	Thể tích dung dịch cột bọt là 280 mL

4 KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, tinh dầu hương thảo và chiết xuất hương thảo được trích ly thành công từ hương thảo tại huyện Di Linh, Lâm Đồng. Kết quả nghiên cứu cho thấy tinh dầu chứa các thành phần chính là α -pinene (46,13%), eucalyptol (23,68%), và 1,3-diisopropyl-1,3-cyclopentadiene (5,57%). Cao chiết hương thảo thu được thông qua quá trình chiết bã sau khi thu hồi tinh dầu dưới sự hỗ trợ của sóng siêu âm. Chiết xuất hương thảo được ứng dụng trong sản phẩm mỹ phẩm tự nhiên vẫn giữ được các đặc tính kháng khuẩn, ngăn ngừa mụn cho da và không gây kích ứng da.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ cấp cơ sở huyện Di Linh của hợp đồng số 01/HD-KTHT năm 2023.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] L. M. de Macedo *et al.*, Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L., syn *Salvia rosmarinus* Spenn.) and Its Topical Applications: A Review, *Plants*, vol. 9, no. 5. 2020. doi: 10.3390/plants9050651.
- [2] F. Teshale, K. Narendiran, S. M. Beyan, and N. R. Srinivasan, Extraction of essential oil from rosemary leaves: optimization by response surface methodology and mathematical modeling, *Appl. Food Res.*, vol. 2, no. 2, p. 100133, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100133>.
- [3] J.-C. Chalchat, R.-P. Garry, A. Michet, B. Benjilali, and J. L. Chabart, Essential Oils of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). The Chemical Composition of Oils of Various Origins (Morocco, Spain, France), *J. Essent. Oil Res.*,

vol. 5, no. 6, pp. 613–618, Nov. 1993, doi: 10.1080/10412905.1993.9698293.

[4] C. Boutekedjiret, F. Bentahar, R. Belabbes, and J. M. Bessiere, Extraction of rosemary essential oil by steam distillation and hydrodistillation, *Flavour Fragr. J.*, vol. 18, no. 6, pp. 481–484, Nov. 2003, doi:

<https://doi.org/10.1002/ffj.1226>.

[5] N. Bousbia, M. Abert Vian, M. A. Ferhat, E. Petitcolas, B. Y. Meklati, and F. Chemat, Comparison of two isolation methods for essential oil from rosemary leaves: Hydrodistillation and microwave hydrodiffusion and gravity, *Food Chem.*, vol. 114, no. 1, pp. 355–362, 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.106>.

[6] O. Y. Celiktas, E. E. H. Kocabas, E. Bedir, F. V. Sukan, T. Ozek, and K. H. C. Baser, Antimicrobial activities of methanol extracts and essential oils of *Rosmarinus officinalis*, depending on location and seasonal variations, *Food Chem.*, vol. 100, no. 2, pp. 553–559, 2007, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.011>.

[7] T. T. K. Ngân *et al.*, Research the effect of some preservation factors and chemical composition analysis of Rosemary essential oil in Lam Dong province, Vietnam, *Tạp chí Khoa học Công nghệ*, vol. 9, pp. 63–69, 2020.

YSC5.F211

ỨNG DỤNG IN 3D NHỰA CÓ NGUỒN GỐC SINH HỌC VÀO THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO BỘ TRUYỀN ĐỘNG KHUNG XƯƠNG NGOÀI PHỤC HỒI CHỨC NĂNG CHO BÀN TAY

TRẦN BÌNH NGUYỄN^{1*}, TRẦN NHẬT KHIÊM^{1*}, NGUYỄN BÁ HUY^{1*}, TRƯƠNG DIỄM QUỲNH^{1*}, TRỊNH NGỌC CẨM TIÊN^{1*}, TRẦN NGỌC ĐĂNG KHOA¹, NGUYỄN KHOA TRIỀU^{1**}

¹ Khoa Công nghệ Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

* Các tác giả đứng đầu, có đóng góp như nhau cho bài báo này

** nguyenkhoatrieu@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Bài báo hướng đến việc nghiên cứu và chế tạo bộ truyền động khung xương ngoài phục hồi chức năng cho bàn tay ứng dụng kỹ thuật in 3D dùng nhựa có nguồn gốc sinh học. Để tiến hành thực hiện, đầu tiên, bằng phương pháp phân tích lý thuyết, các công trình nghiên cứu và chế tạo các thiết bị truyền động khung xương ngoài phục hồi chức năng cho bàn tay ứng dụng kỹ thuật in 3D trên thế giới được tổng hợp. Các kiến thức này sau đó được tổng hợp là liên kết từng mặt, từng bộ phận thông tin đã được phân tích tạo ra một cái nhìn đầy đủ và sâu sắc về truyền động khung xương ngoài phục hồi chức năng cho bàn tay ứng dụng kỹ thuật in 3D. Tiếp theo, các phương pháp phân tích động học và tính bền được sử dụng để tính toán thiết kế các ngón tay, chọn công suất động cơ. Và dùng phương pháp mô hình hóa, với trợ giúp của CAD, mô hình trực quan của thiết bị được thiết kế và phân tích. Ở bước tiếp theo, thiết bị được chế tạo mẫu. Và phương pháp lập trình Arduino được sử dụng để điều khiển thiết bị. Rồi phương pháp thực nghiệm khoa học sẽ được sử dụng khi thử nghiệm thiết bị. Cuối cùng, phương pháp phân tích tổng kết kinh nghiệm, là phương pháp nghiên cứu và xem xét lại những thành quả thực tiễn trong việc nghiên cứu lý thuyết cho bộ truyền động khung xương ngoài phục hồi chức năng cho bàn tay ứng dụng kỹ thuật in 3D và thực tế thiết kế, chế tạo và khảo nghiệm thiết bị để rút ra kết luận bổ ích cho thực tiễn và khoa học.

Từ khóa. In 3D, nhựa có nguồn gốc sinh học, PLA, khung xương ngoài, phục hồi chức năng.

BIO-BASED PLASTIC 3D PRINTING FOR EXOSKELETON ACTUATOR FOR HAND REHABILITATION

Abstract. The paper aims to study and fabricate exoskeleton actuators for hand rehabilitation using 3D printing techniques using bio-derived plastics. First, the investigations and fabrications of exoskeleton actuators for hand rehabilitation using printing techniques were synthesized and theoretically analyzed to carry out the project. This knowledge led to an in-depth view of the exoskeleton drive and rehabilitation for the applied hand. Next, dynamic and durability analysis methods were utilized to calculate and design the fingers and select the motor power. Further, with the help of CAD, a visual model of the device is designed and analyzed using the modeling method. In the next step, the device is prototyped. And the Arduino programming method was used to control the device. Then the scientific experimental method was also utilized when testing the device. Finally, the empirical summary analysis method was used to recap the results of the exoskeleton actuator's theoretical and practical study to draw useful conclusions for practice and science.

Keywords. 3D printing, bio-based plastics, PLA, exoskeleton, rehabilitation.

1 GIỚI THIỆU

Đổi mới và phát triển công nghệ y sinh đang được coi là nhu cầu tất yếu của mọi quốc gia khi muốn nâng cao chất lượng cuộc sống. Thiết bị y sinh là một trong những ngành đang được đầu tư, chú trọng rất lớn về

công nghệ hiện đại, đặc biệt là sự ra đời của phần mềm CAD/CAM/CAE và CNC đã hỗ trợ các quá trình thiết kế và chế tạo. Các thiết bị y sinh đa dạng về chủng loại, chức năng trong việc hỗ trợ sức khỏe con người trong đó có thiết bị hỗ trợ phục hồi chức năng cho tay và chân là vô cùng cấp thiết [1]. Ở một số nước như: Nhật, Mỹ... ngành thiết bị y sinh đã có nền móng phát triển, song ở Việt Nam thì ngành thiết bị y sinh nói chung và thiết bị y sinh cho tay và chân nói riêng vẫn gặp phải rất nhiều khó khăn, chất lượng thiết bị vẫn còn nhiều hạn chế. Do đó, việc ứng dụng công nghệ in 3D vào việc phát triển các thiết bị y sinh là rất cấp thiết.

In 3D là công nghệ sản xuất vật thể bằng cách đắp vật liệu theo lớp. Trong đó, mỗi lớp là một mặt cắt ngang mỏng của vật thể đó, được tạo ra bằng máy tính [2]. Theo tạp chí Forbes, hàng ngàn ngành công nghiệp, từ xe hơi và không gian vũ trụ đến công nghiệp da giày và nữ trang, đã ứng dụng công nghệ 3D để tạo ra các sản phẩm. Nghiên cứu chuyên sâu hàng năm Wohlers Report đã ước tính, in 3D sẽ phát triển thành ngành công nghiệp trị giá 5,2 tỷ USD vào năm 2020, tăng từ mức 1,3 tỷ USD vào năm 2010 [3]. Tuy nhiên, việc nghiên cứu phát triển công nghệ in 3D tại Việt Nam đang bị chậm lại. Tuy chưa có số liệu chính thức, nhưng trong thời gian 5 năm gần đây, không có bất kỳ bài báo khoa học nào của các tác giả Việt Nam từ các viện, các trường trong nước về công nghệ in 3D được xuất bản trên các tạp chí có uy tín. Trong khi đó, trên thế giới, các bài báo về công nghệ in 3D vẫn đang được xuất bản rất nhiều, ngay cả những tạp chí hàng đầu như Nature vẫn chấp nhận bài về in 3D [4]. Việc ứng dụng công nghệ in 3D hiện nay ở Việt Nam chỉ dừng lại ở việc làm các mẫu, các mô hình đơn giản. Theo nhiều chuyên gia đầu ngành về công nghệ in 3D tại Việt Nam hiện nay như PGS. TS. Đặng Văn Nghìn, PGS. TS. Thái Thị Thu Hà, trường Đại học Bách Khoa TP. HCM, TS. Nguyễn Minh Triển - Phó Trưởng phòng Khoa học, Công nghệ và Hợp tác phát triển, Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội, TS. Nguyễn Việt Hải - Phó Viện trưởng Viện Khoa học - Công nghệ Vinasa, Hiệp hội Phần mềm và Dịch vụ công nghệ thông tin Việt Nam thì in 3D tại Việt Nam hiện nay chỉ là demo, tạo mẫu, chưa tạo ra được chuỗi giá trị [5]. Do đó, nhu cầu ứng dụng in 3D đặc biệt là in 3D nhựa sinh học, thân thiện với môi trường, vào thực tiễn công nghiệp, nâng cao giá trị gia tăng ngày càng cấp thiết.

Trong vài thập kỷ gần đây, nghiên cứu về phục hồi chức năng vận động sau đột quỵ tập trung vào các chiến lược có sự hỗ trợ của robot [6]. Trong trường hợp này, việc sử dụng bộ xương ngoài đã được chú ý. Đặc biệt, các thiết bị đeo tay làm tăng hiệu quả của liệu pháp phục hồi chức năng, có thể được thực hiện tại nhà trong thời gian dài hơn và chuyên sâu hơn, cải thiện nhanh hơn và cũng giảm chi phí chăm sóc sức khỏe [7]. Hơn nữa, bệnh nhân có động lực hơn vì họ tích cực tham gia vào quá trình phục hồi chức năng, không giống như liệu pháp truyền thống bao gồm thực hiện thụ động các chuyển động với sự trợ giúp của chuyên gia trị liệu.

Một bài báo đánh giá của du Plessis và các cộng sự [8] cung cấp một cái nhìn tổng quan về bộ xương ngoài tay hoạt động được phân loại theo ba tiêu chí chính: loại thiết kế (ví dụ: cứng hoặc mềm), mục đích (ví dụ: mục đích hỗ trợ, phục hồi, xúc giác hoặc nâng cao) và yêu cầu thiết kế (ví dụ: an toàn, thoải mái, khả năng chi trả và khả năng thích ứng). Qua đó, điện cơ (electromyography - EMG) cho đến nay là kỹ thuật được sử dụng nhiều nhất để cung cấp khả năng điều khiển các giao diện người - máy, bao gồm cả các bộ xương ngoài tay. Các hệ thống xương ngoài bàn tay khác nhau đã được đề xuất để phục hồi và hỗ trợ bàn tay. Randazzo và cộng sự trình bày “mano”, một bộ xương ngoài tay có thể đeo được, được thiết kế để hỗ trợ và phục hồi các chức năng tay của người khuyết tật vận động [9], được điều khiển thông qua giao diện não - máy tính (brain-computer interface - BCI). Araujo và cộng sự đã trình bày bộ xương tay cho mục tiêu phục hồi chức năng (HERO), để phục hồi các cử động duỗi và uốn cong của các ngón tay ở bệnh nhân sau đột quỵ [10], được điều khiển bằng hình ảnh vận động BCI. Wege và Zimmermann [11] đã trình bày một bộ xương ngoài tay cho mục đích phục hồi chức năng, được điều khiển thông qua EMG 10 kênh trên cẳng tay của bệnh nhân. Ho và cộng sự khai thác EMG để điều khiển một bộ xương tay ngoài cho mục đích phục hồi chức năng ở bệnh nhân mãn tính sau đột quỵ [12]. Dwivedi và cộng sự. đã đề xuất một bộ xương ngoài trợ lực mềm được điều khiển thông qua giao diện cơ - máy, bao gồm một ống bọc với ba EMG và năm cảm biến lực [13].

Mặc dù việc phục hồi chức năng được tối đa hóa bằng cách sử dụng lặp đi lặp lại và tích cực chỉ riêng cho chi bị liệt, đối với nhiều người sống sót sau đột quỵ, mức độ liệt nửa người nghiêm trọng đến mức họ không thể thực hiện bất kỳ hoạt động kiểm soát vận động nào của chi đó. Một đánh giá của Carson [14] cho thấy rằng luyện tập cử động hai bên dường như tăng cường hoạt động thần kinh trong vỏ não bị ảnh hưởng bởi đột quỵ và cải thiện các chức năng liệt nửa người ở cả những người sống sót sau đột quỵ cấp tính và mãn

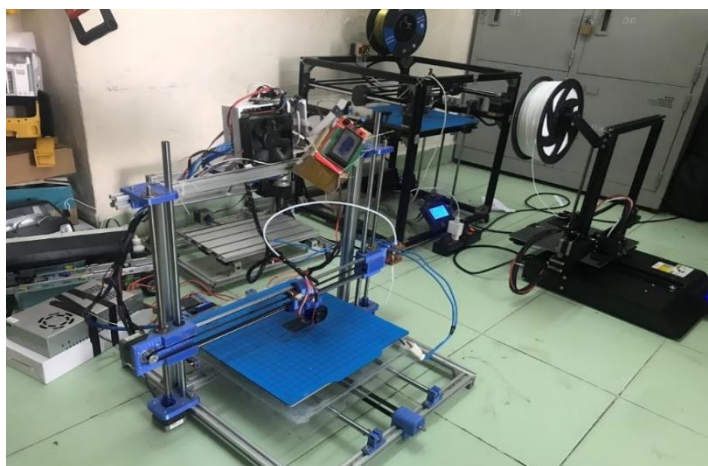
tính. Thật vậy, sự co cơ của cánh tay khỏe mạnh dẫn đến sự gia tăng tính kích thích của các đường vận động tương đồng của cánh tay liệt. Hiện tượng này, được gọi là “sự chiếu xạ động cơ - motor irradiation”, có thể được chứng minh theo nhiều cách khác nhau, bao gồm các tín hiệu hoạt động EMG được theo dõi ở cánh tay liệt trong khi cánh tay khỏe mạnh đối diện đang co lại. Theo lý thuyết này, việc huấn luyện song phương tạo ra sự tổ chức lại các mạng lưới vỏ não nhờ sự dẻo dai của não [14]. So với tập luyện một bên, những bệnh nhân tập luyện song phương dường như đạt được sự cải thiện về chức năng chi trên và giảm thời gian vận động của chi bị suy [15]. Các nghiên cứu khác nhau đã trình bày bộ xương ngoài tay trợ giúp/phục hồi dựa trên chiến lược chuyển động chủ/bị động, trong đó bàn tay khỏe mạnh của người dùng ở phía chủ cung cấp khả năng kích hoạt chuyển động cho tay bị khuyết tật ở phía phụ. Ví dụ, Loconsole et al. đề xuất hệ thống xương ngoài BRAVO Hand để hỗ trợ bệnh nhân sau đột quỵ trong các thao tác cầm nắm trụ, sử dụng kỹ thuật nắm hai bên [16], được điều khiển qua EMG. Một hệ thống phục hồi chức năng tay phức tạp với 18 DOF được phát triển bởi Ueki et al. [17], được điều khiển thông qua một chiếc găng tay được trang bị cảm biến chuyển động 3D. Rahman và Al-Jumaily [18] đã đề xuất một bộ xương ngoài phục hồi chức năng bàn tay, được điều khiển thông qua một chiếc găng tay được trang bị các cảm biến mềm. Cortese và cộng sự [19] đề xuất hệ thống phục hồi chức năng bàn tay từ xa, trong đó nhà trị liệu đeo găng tay được trang bị gia tốc kế (chính), trong khi bệnh nhân đeo bộ xương ngoài (bị động). Tiếp đó, nghiên cứu của Araujo [10] nhằm mục đích giới thiệu một bộ xương ngoài tay mới để hỗ trợ và phục hồi chức năng cho các đối tượng mắc bệnh thần kinh vận động (tức là bệnh nhân sau đột quỵ). Trong khi hầu hết các bộ xương ngoài sử dụng tín hiệu EMG hoặc cảm biến quán tính làm tín hiệu điều khiển, thì bộ xương được đề xuất sử dụng cảm biến FMG có khả năng phát hiện hoạt động cơ học của cơ bắp. Thiết bị được thiết kế để chủ động kiểm soát độ uốn cong/mở rộng của ngón tay và có giá thành thấp, có thể in 3D, hoàn toàn có thể đeo được, nhẹ, di động, phù hợp để sử dụng tại nhà và cho phép sử dụng các kỹ thuật chủ/bị động.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Kỹ thuật in 3D FDM

Công nghệ FDM được phát triển vào cuối những năm 1980 và được thương mại hóa vào đầu những năm 1990. Công nghệ này có rất nhiều ưu điểm, bao gồm vật liệu không độc hại, độ phức tạp hình học không giới hạn, sử dụng với nhiều loại vật liệu, chu kỳ hoạt động ngắn, thay đổi vật liệu dễ dàng, nhiệt độ in thấp, thiết bị kích thước nhỏ và chi phí bảo trì thấp [20]. Trong quy trình FDM thông thường, sợi nhựa được làm nóng chảy và ép đùn qua đầu phun bằng cách đi theo mặt cắt ngang từng lớp của sản phẩm. Do đó, sản phẩm gồm nhiều lớp sợi nhỏ kết hợp như trong Hình 1. Vì vậy, sản phẩm in cuối cùng được hình thành bởi một ma trận các sợi nhỏ ngoại trừ lớp vỏ ngoại vi. Do đó, sản phẩm cũng có thể là một mô hình xốp [21].

2.2 Vật liệu PLA



Hình 1: Máy in 3D FDM

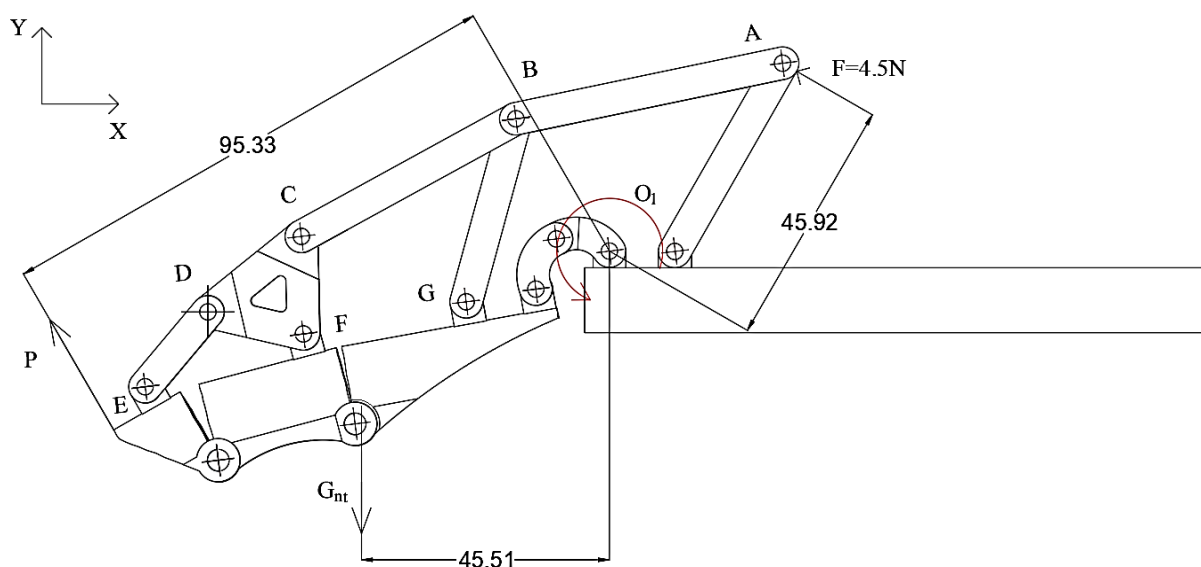
Nhựa PLA là tên viết tắt của “Polylactic Acid”. Đây là một loại nhựa nhiệt dẻo phân hủy sinh học có nguồn gốc từ các nguồn tái tạo. Thành phần của nhựa này gồm nhiều phụ gia như bột ngô, mía, củ sắn hoặc thậm chí tinh bột khoai tây. Nhựa in PLA là một trong những nhựa in 3D FDM phổ biến trên thị trường. Loại nhựa này có giá thành khá thấp, dễ in và có nhiều màu sắc rực rỡ.

PLA có nhiều ưu điểm vượt trội hơn các sản phẩm nhựa hóa dầu trên mạng khác như ABS (Acrylonitrin butadien styren) hay PVA (Polyvinyl Alcohol). Với khả năng tự phân hủy trong môi trường, PLA được sử dụng rộng rãi để sản xuất các đồ dùng hàng ngày. Các sản phẩm như bao bì để đựng thực phẩm, khay đựng hoặc là cốc chén, màng thực phẩm,... [20].

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Tính toán động lực học

Đầu tiên, sơ đồ tính các lực cân và lực tác dụng lên các cơ cấu của thiết bị làm việc được thiết lập dựa vào số liệu và nhiệm vụ [22-25]. Dưới đây là sơ đồ tính toán cho ngón giữa (Hình 2).



Hình 2: Sơ đồ tính toán

Viết phương trình momen đối với khớp O_1 ta có:

$$\sum M_{O_1} = 0 \tag{1}$$

$$G_{nt} \times l_1 + F \times l_2 - P \times l_3 = 0 \tag{2}$$

Trong đó:

G_{nt} : trọng lượng khung ngón tay và ngón tay.

F: Lực tác dụng lên khung xương.

P: Phản lực tiếp tuyến tác dụng lên ngón tay.

l_1, l_2, l_3 là các cánh tay đòn của các lực tương ứng như hình.

Thay số, ta được:

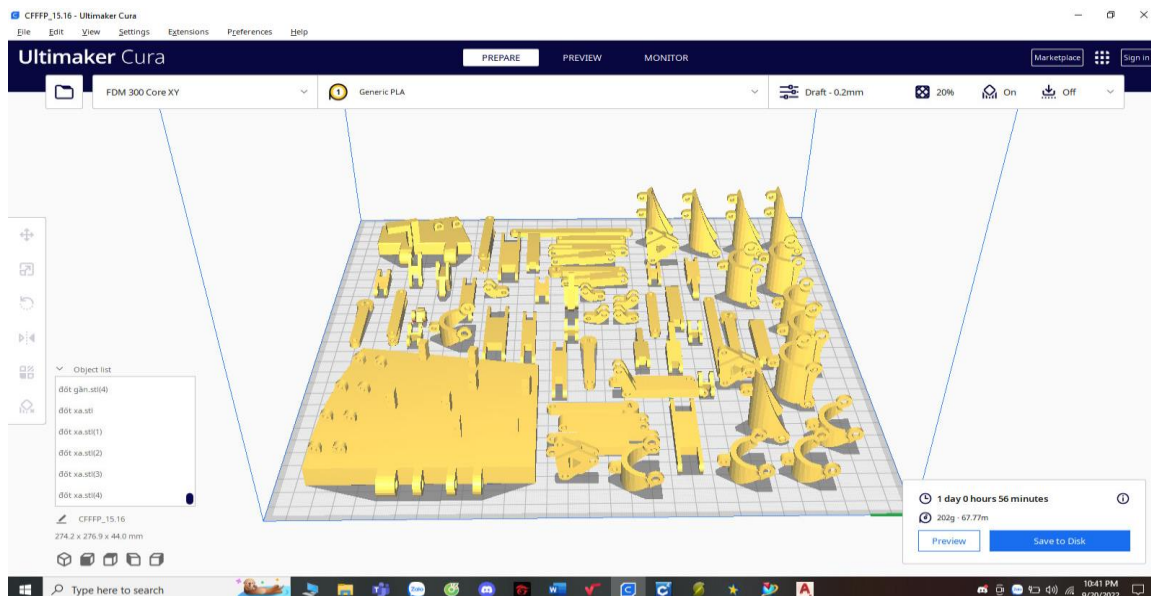
$$0,33 \times 45,51 + 4,5 \times 45,92 - P \times 95,33 = 0 \tag{3}$$

Nên: $P = 2,32$ (N)

Tương tự như vậy, tính toán động học cũng được thực hiện cho các ngón khác. Từ đó, công suất động cơ cần thiết và kích thước cụ thể của từng khâu của từng ngón tay cũng được thiết kế.

3.2 Chế tạo mô hình dùng máy in 3D

Các chi tiết thiết kế trên phần mềm NX và được nhập vào phần mềm CURA (Hình 3). Sau đó, máy in 3D sẽ thực hiện in sản phẩm với công nghệ in FDM như được trình bày trong Hình 4.



Hình 3: Phần mềm Cura



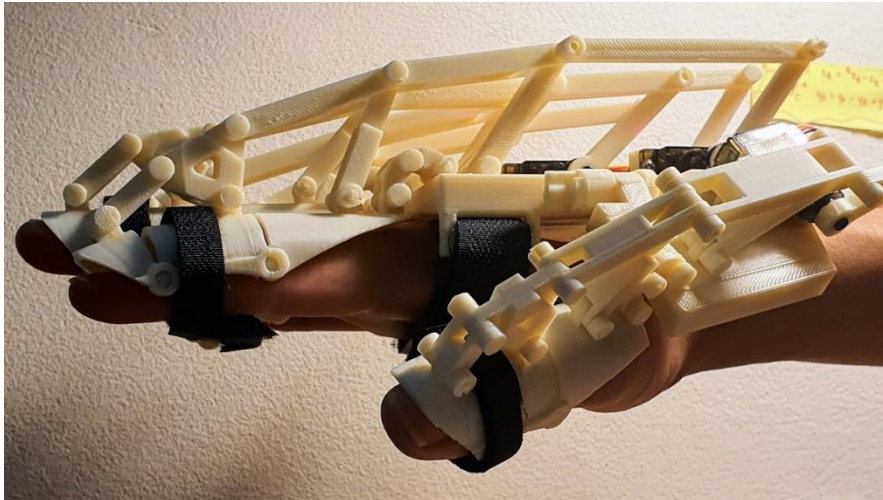
Hình 4: Sản phẩm in

3.3 Thử nghiệm điều khiển khung xương ngoài

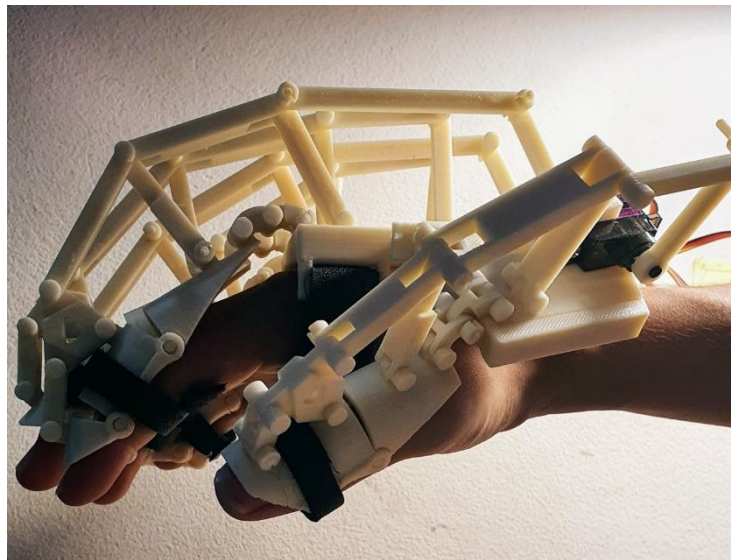
Sẽ có 2 chế độ cho người dùng, giúp người dùng đúng mục đích khi sử dụng, chế độ tập luyện và chế độ cầm nắm [26, 27].

3.3.1 Chế độ tập luyện

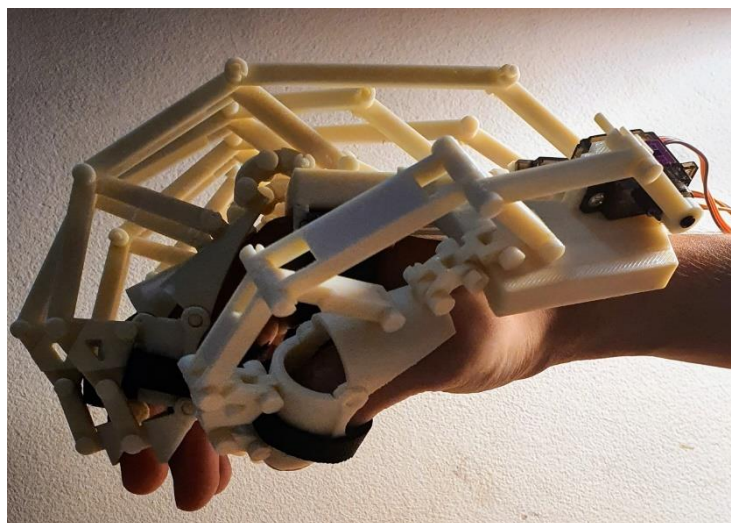
Ở chế độ này, bàn tay sẽ được nắm vào, mở ra tự động, liên tục với các góc 0, 50, 100 độ so với động cơ servo. Bắt đầu từ trạng thái duỗi thẳng (Hình 5), cứ sau 2s động cơ servo sẽ quay 1 góc 50 độ (Hình 6), đến 100 độ (Hình 7) rồi mở ra cho bàn tay duỗi thẳng. Khi người bệnh cần luyện tập với cường độ cao hơn có thể điều chỉnh được thời gian, tốc độ quay của động cơ.



Hình 5: Khi bàn tay duỗi thẳng



Hình 6: Khi động cơ quay 50 độ



Hình 7: Khi động cơ quay 100 độ

3.3.2 Chế độ cầm nắm

Ở chế độ này, người dùng có thể tùy chỉnh bàn tay nắm vào, mở ra bất cứ lúc nào, tốc độ tùy ý mà người dùng mong muốn nhờ núm vặn những vẫn nằm trong giới hạn góc cho phép, với chế độ này chúng sẽ giúp người bệnh cầm nắm những vật nhỏ, nhẹ phù hợp với kích thước bàn tay như cốc nước, sẽ giúp người bệnh sinh hoạt trong cuộc sống hàng ngày mà không cần sự trợ giúp của người khác.

4 KẾT LUẬN

Bài báo trình bày quá trình thiết kế và tính toán cho bộ truyền động khung xương ngoài. Đầu tiên, bộ truyền động khung xương ngoài được thiết kế bằng NX. Sau đó, áp dụng phương pháp mô phỏng, phân bố lực, vận tốc, gia tốc trên các ngón tay, từ đó phân tích và tìm ra ngón tay chịu lực lớn nhất trong các trường hợp. Từ đó, công suất cần thiết của các động cơ cho bộ truyền động khung xương ngoài có thể tính được và áp dụng công nghệ in 3D FDM nhựa sinh học để chế tạo thành công bộ truyền động. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy một phương pháp đơn giản để phân tích phân bố lực và tính bền cho một kết cấu khung bàn tay. Nó có thể giúp việc ứng dụng in 3D trong lĩnh vực sản xuất thiết bị y sinh và trong chế tạo khuôn mẫu, đúc mẫu chảy trở nên phổ biến hơn.

LỜI CẢM ƠN

Một phần của nghiên cứu này đã được trình bày tại seminar Bộ môn Chế tạo máy lần 2 – 2023 ngày 31/03/2023 và đạt giải nhì tại cuộc thi INNO GREENLIFE 2022. Các tác giả đã nhận được rất nhiều ý kiến đóng góp của quý thầy cô Khoa Công nghệ Cơ khí cùng Ban giám khảo INNO GREENLIFE 2022 để hoàn thiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] V. V. Tới. (2013). Lịch sử ngành Kỹ Thuật Y Sinh Việt Nam. [Online]. Available: [https://bme.hcmiu.edu.vn/nganh-ky-thuat-y-sinh/lich-su-nganh-ky-thuat-y-sinh-viet-nam/\(xem ngày 01/11/2022\)](https://bme.hcmiu.edu.vn/nganh-ky-thuat-y-sinh/lich-su-nganh-ky-thuat-y-sinh-viet-nam/(xem%20ngay%2001/11/2022)).
- [2] I. Gibson, D. Rosen, and B. Stucker, *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing*, Springer New York, NY, second edition, 2015.
- [3] Báo điện tử của Đài tiếng nói Việt Nam. Available: [https://vov.vn/cong-nghe/\(xem ngày 01/11/2022\)](https://vov.vn/cong-nghe/(xem%20ngay%2001/11/2022)).
- [4] M.-S. Pham, C. Liu, I. Todd, and J. Lertthanasarn, Damage-tolerant architected materials inspired by crystal microstructure, *Nature*, vol. 565, pp. 305-311, 2019.
- [5] Available: <https://viettimes.vn/in-3d-o-viet-nam-chi-mai-la-demo-neu-chua-cao-chuoi-gia-tri-139902.html> (xem ngày 01/11/2022).
- [6] D. Esposito, J. Centracchio, E. Andreozzi, G. D. Gargiulo, G. R. Naik, and P. Bifulco., Biosignal-Based Human–Machine Interfaces for Assistance and Rehabilitation: A Survey, *Sensors*, 21(20), 2021.
- [7] T. M. W. Burton, R. Vaidyanathan, S. C. Burgess, A. J. Turton, and C. Melhuish, Development of a parametric kinematic model of the human hand and a novel robotic exoskeleton, in *2011 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, 2011, pp. 1-7.
- [8] T. du Plessis, K. Djouani, and C. Oosthuizen., A Review of Active Hand Exoskeletons for Rehabilitation and Assistance, *Robotics*, 10(1), 2021.
- [9] L. Randazzo, I. Iturrate, S. Perdakis, and J. d. R. Millán, A Wearable Hand Exoskeleton for Activities of Daily Living and Neurorehabilitation, *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 3, pp. 500-507, 2018.
- [10] R. S. Araujo, C. R. Silva, S. P. N. Netto, E. Morya, and F. L. Brasil, Development of a Low-Cost EEG-Controlled Hand Exoskeleton 3D Printed on Textiles, *Frontiers in Neuroscience*, vol. 15, 2021.
- [11] A. Wege and A. Zimmermann, Electromyography sensor based control for a hand exoskeleton, in *2007 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*, 2007, pp. 1470-1475.

- [12] N. S. K. Ho, K. Y. Tong, X. L. Hu, K. L. Fung, X. J. Wei, W. Rong, et al., "An EMG-driven exoskeleton hand robotic training device on chronic stroke subjects: Task training system for stroke rehabilitation," in 2011 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, 2011, pp. 1-5.
- [13] A. Dwivedi, L. Gerez, W. Hasan, C. H. Yang, and M. Liarakapis, A Soft Exoglove Equipped With a Wearable Muscle-Machine Interface Based on Forcemycography and Electromyography, *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 4, pp. 3240-3246, 2019.
- [14] R. G. Carson, Neural pathways mediating bilateral interactions between the upper limbs, *Brain Research Reviews*, vol. 49, pp. 641-662, 2005.
- [15] J. J. Summers, F. A. Kagerer, M. I. Garry, C. Y. Hiraga, A. Loftus, and J. H. Cauraugh, Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: A TMS study, *Journal of the Neurological Sciences*, vol. 252, pp. 76-82, 2007.
- [16] C. Loconsole, D. Leonardis, M. Barsotti, M. Solazzi, A. Frisoli, M. Bergamasco, et al., An emg-based robotic hand exoskeleton for bilateral training of grasp, in *2013 World Haptics Conference (WHC)*, 2013, pp. 537-542.
- [17] S. Ueki, H. Kawasaki, S. Ito, Y. Nishimoto, M. Abe, T. Aoki, et al., Development of a Hand-Assist Robot With Multi-Degrees-of-Freedom for Rehabilitation Therapy, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 17, pp. 136-146, 2012.
- [18] M. A. Rahman and A. Al-Jumaily, Design and Development of a Hand Exoskeleton for Rehabilitation Following Stroke, *Procedia Engineering*, vol. 41, pp. 1028-1034, 2012.
- [19] M. Cortese, M. Cempini, P. R. d. A. Ribeiro, S. R. Soekadar, M. C. Carrozza, and N. Vitiello, A Mechatronic System for Robot-Mediated Hand Telerehabilitation, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 20, pp. 1753-1764, 2015.
- [20] C. K. Chua, K. F. Leong, and C. S. Lim, *Rapid Prototyping: Principles and Applications*, World Scientific, 2003.
- [21] T. K. Nguyen and B.-K. Lee, Post-processing of FDM parts to improve surface and thermal properties, *Rapid Prototyping Journal*, vol. 24, pp. 1091-1100, 2018.
- [22] N. T. M. T. Lê Thị Ngọc Anh, Nghiên cứu mối quan hệ giữa các kích thước bàn tay của nam công nhân tuổi từ 25 đến 30, *An toàn - Sức khỏe và môi trường lao động*, pp. 41-46, 2015.
- [23] Đ. T. H. N. Bùi Văn Huân, Nghiên cứu xây dựng hệ thống cỡ số bàn tay nữ sinh viên Hưng Yên phục vụ thiết kế găng tay da, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, vol. 140, pp. 25-30, 2020.
- [24] A. Czech. (2015). 3D Printed Exoskeleton Hands. Available: <https://pinshape.com/items/7130-3d-printed-3d-printed-exoskeleton-hands> (xem ngày 01/11/2022).
- [25] Tập vật lý trị liệu phục hồi chức năng bàn tay, ngón tay. [Online]. Available: <https://thuocdantoc.vn/benh/tap-vat-ly-tri-lieu-ban-tay> (xem ngày 01/11/2022).
- [26] Hand Therapy Rehabilitation Gloves, Soft Exoskeleton Robot, Stroke Hemiplegia Hand Training Equipment. [Online]. Available: <https://www.amazon.com/Rehabilitation-Exoskeleton-Hemiplegia-Training-Equipment/dp/B09P8FFRYQ> (xem ngày 24/12/2022).
- [27] XUETAO Hand Function Rehabilitation Robot Gloves. [Online]. Available: <https://venue.com/product/xuetao-hand-function-rehabilitation-robot-gloves-2nd-generation-upgrade-hemiplegia-stroke-arthritis-hand-finger-rehabilitation-trainer-robot-rehab-gloves-restorey-exercise-equipment/> (xem ngày 24/12/2022).

YSC5.F212

NGHIÊN CỨU CFD VÀ THỰC NGHIỆM CÁC BỘ CHUNG CÁT NƯỚC NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

NGUYỄN BẢO ÂN¹, PHAN TUẤN ANH¹, LÊ HẢI ĐĂNG¹, DƯƠNG TRẦN TẤN AN¹, LÊ TRỌNG
HIẾU¹, NGUYỄN MINH PHÚ^{1*}

¹ Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

* nguyenminhphu@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Nước ngọt là vật chất thiết yếu cho con người và sinh vật, nguồn nước ngọt thật sự khan hiếm ở các vùng sâu, vùng xa và hải đảo. Chung cất nước ngọt năng lượng mặt trời bị động là giải pháp khả thi do nguồn bức xạ mặt trời cao ở miền nam Việt nam và không cần thêm nguồn năng lượng khác. Trong bài báo này, các nghiên cứu giải tích, thực nghiệm, và mô phỏng được tiến hành cho các bộ chung cất 1 kính, 2 kính và loại ống. Kích thước mặt nước của các bộ này là 0,8 m x 0,8 m. Tính toán giải tích dùng mô hình toán của Dunkle, thực nghiệm trong điều kiện khí hậu TP.HCM và mô phỏng số hai chiều dùng mô hình truyền cầu tử trong ANSYS Fluent. Kết quả cho thấy sự trùng khớp giữa mô hình toán, thực nghiệm và mô phỏng. Bộ chung cất dạng ngôi nhà (greenhouse still) có năng suất cao 20% hơn loại 1 kính do vận tốc đối lưu tự nhiên cao hơn.

Từ khóa. Khử muối, chung cất nước năng lượng mặt trời bị động, mô phỏng số, sản xuất nước ngọt.

CFD AND EXPERIMENTAL RESEARCH ON SOLAR STILLS

Abstract. Fresh water is an essential material for humans and animals. Fresh water resources are scarce in remote areas and islands. Passive solar distillation is a possible solution due to the high solar radiation in the South of Vietnam and no need for other energy sources. In this paper, analytical, experimental, and simulation studies are conducted for single slope, double slope, and tubular distillers. The water surface size of these sets is 0.8 m x 0.8 m. Analytical calculations using Dunkle's mathematical model, experiments in HCMC weather conditions and two-dimensional numerical simulations using the species transport model in ANSYS Fluent. The results show the good agreement between the mathematical modelling, experiment, and simulation. The greenhouse still has a 20% higher yield than the single slope type due to the higher natural convection velocities.

Keywords. Desalination; passive solar still, numerical simulation, freshwater production.

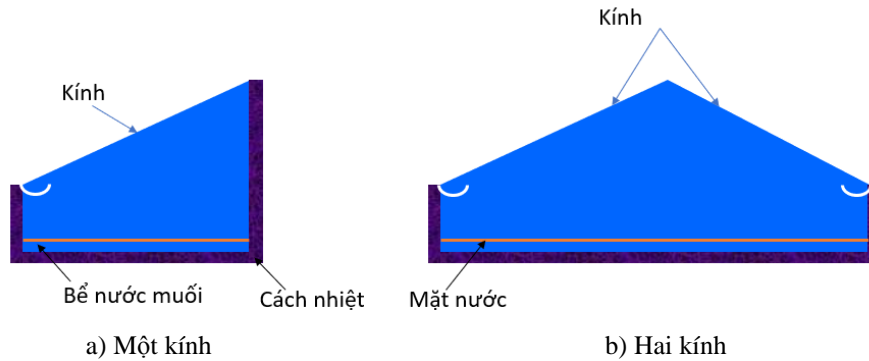
1 GIỚI THIỆU

Hiện nay Nhà nước ta đang khuyến khích sử dụng các thiết bị dùng năng lượng mặt trời. Hơn thế nữa, người dân sẽ ngày càng thấy tầm quan trọng cũng như sự tiết kiệm khi sử dụng thiết bị chung cất nước ngọt dùng năng lượng mặt trời và họ sẽ sử dụng ngày càng nhiều hơn. Tuy nhiên điều quan trọng của vấn đề này là tính hiệu quả về kinh tế kỹ thuật của thiết bị chung cất nước ngọt dùng năng lượng mặt trời. Bởi vì hiện nay, một số loại cổ điển hoặc cao cấp nhưng không phù hợp với lý do hiệu suất kém hoặc giá cả chưa hợp lý [1]. Chính vì thế nghiên cứu này là để đưa ra một mô hình hoàn thiện về thiết bị chung cất nước ngọt sử dụng năng lượng mặt trời thân thiện với môi trường và đáp ứng được hai yếu tố trên, đó là, hiệu suất cao, giá cả hợp. Hiện nay, tại một số vùng xa xôi hẻo lánh, vùng sâu vùng xa, các hải đảo xa xôi, đang sử dụng thiết bị chung cất dạng một mái nghiêng với chi phí không cao so với các loại khác nhưng hiệu suất khá thấp, nên đề tài này, nhóm sẽ cố gắng đưa ra một số mô hình với chi phí thấp để có thể cải thiện hệ thống này. Mô hình có ý nghĩa thực tiễn rất lớn, làm tăng khả năng trao đổi nhiệt và diện tích ngưng tụ, dẫn đến lượng nước sạch thu được sẽ cao hơn [2-7].

Nghiên cứu trong bài báo này là để đưa ra một mô hình hoàn thiện về thiết bị chưng cất nước ngọt sử dụng năng lượng mặt trời thân thiện với môi trường và đáp ứng được hai yếu tố trên, đó là, hiệu suất cao, giá cả hợp lý. Đối tượng nghiên cứu là hệ thống chưng cất nước dùng năng lượng mặt trời loại bị động các kiểu khác nhau. Bài báo tập trung đưa ra thể thức nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm. Nghiên cứu lý thuyết đưa ra mô hình tính toán nhiệt cho hệ thống chưng cất nước ngọt. Thực nghiệm, sử dụng số liệu đo đạc thực tế, số liệu khí tượng tại các thời điểm khác nhau để so sánh và đánh giá chương trình. So sánh hiệu quả của hệ thống đã cải tiến so với ban đầu. Ngoài ra nghiên cứu mô phỏng số (CFD) cũng được thực hiện để so sánh trường dòng các bộ chưng cất.

2 MÔ TẢ MÔ HÌNH TOÁN VÀ THỰC NGHIỆM

Hình 1 trình bày 2 loại bộ chưng cất nước mặt trời bị động gồm loại một kính và loại 2 kính. Loại một kính là loại truyền thống và đơn giản nhất. Loại 2 kính có 2 bể nước ngưng đặt hai bên. Các mục tiếp theo trình bày mô hình toán giải tích, mô hình số, và mô hình thực nghiệm được sử dụng trong nghiên cứu này.



Hình 1: Hai bộ chưng cất nước ngọt năng lượng mặt trời bị động

2.1 Mô hình tính toán lý thuyết

Các phương trình cân bằng năng lượng ở mặt trong và mặt ngoài tấm kính của bồn nước như sau [8-10]:

a) Mặt trong lớp kính:

$$\alpha'_g I_{effs} + h_{tw}(T_w - T_{gi}) = \frac{K_g}{L_g}(T_{gi} - T_{go}) \quad (1a)$$

Trong đó:

$$h_{tw} = h_{cw} + h_{rw} + h_{ew}$$

$$h_{cw} = 0.884 \left[T_w - T_{gi} + \frac{(P_w - P_{gi})(T_w + 273)}{268.9 \times 10^3 - P_w} \right]^{1/3}$$

$$h_{rw} = \varepsilon_{eff} \sigma \left[(T_w + 273)^2 + (T_{gi} + 273)^2 \right] \left[(T_w + 273) + (T_{gi} + 273) \right]$$

$$h_{ew} = 16.273 \times 10^{-3} h_{cw} \frac{(P_w - P_{gi})}{(T_w - T_{gi})}$$

$$P(T) = \exp \left(25.317 - \frac{5144}{T + 273} \right)$$

b) Mặt ngoài lớp kính:

$$\frac{K_g}{L_g}(T_{gi} - T_{go}) = h_{1g}(T_{go} - T_a) \quad (1b)$$

Trong đó: $h_{1g} = 5.7 + 3.8v$

Từ phương trình (1a) ta có thể rút nhiệt độ bên trong tấm kính (T_{gi}) theo phương trình sau:

$$T_{gi} = \frac{\alpha'_g I_{effs} + h_{tw} T_w + \frac{K_g}{T_g} T_{go}}{h_{tw} + \frac{K_g}{T_g}} \quad (2a)$$

Thay phương trình (2a) vào phương trình (1b), ta được:

$$\frac{K_g}{L_g} (T_{gi} - T_{go}) = \frac{h_{tw} \frac{K_g}{L_g}}{h_{tw} + \frac{K_g}{L_g}} (T_w - T_{go}) + \frac{\alpha'_g I_{effs} \frac{K_g}{L_g}}{h_{tw} + \frac{K_g}{L_g}} \quad (2b)$$

Phương trình trên có thể được biểu diễn dưới dạng sau:

$$\frac{K_g}{L_g} (T_{gi} - T_{go}) = U_{wo} (T_w - T_{go}) + h_k \alpha'_g I_{effs} \quad (2c)$$

Trong đó:

$$U_{wo} = \frac{h_{tw} \frac{K_g}{L_g}}{h_{tw} + \frac{K_g}{L_g}} \quad \text{và} \quad h_k = \frac{\frac{K_g}{L_g}}{h_{tw} + \frac{K_g}{L_g}}$$

Thay phương trình (2c) vào (1b) ta được:

$$U_{wo} (T_w - T_{go}) + h_k \alpha'_g I_{effs} = h_{1g} (T_{go} - T_a) \quad (2d)$$

Đơn giản phương trình (2d) ta rút ra nhiệt độ bên ngoài tấm kính (T_{go}) như sau:

$$T_{go} = \frac{\alpha'_g I_{effs} h_k + U_{wo} T_w + h_{1g} T_a}{h_{1g} + U_{wo}} \quad (2e)$$

2.2 Tấm hấp thụ của bồn nước

Phương trình cân bằng năng lượng tại tấm hấp thụ năng lượng mặt trời như sau:

$$\alpha'_b (1 - \alpha'_g) (1 - \alpha'_w) I_{effs} = h_w (T_b - T_w) + h_b (T_b - T_a) \quad (3a)$$

Sau khi đơn giản hóa phương trình (3a), nhiệt độ bề mặt tấm có thể được viết như sau:

$$T_b = \frac{\alpha'_{-b} I_{effs} + h_w T_w + h_b T_a}{h_w + h_b} \quad (3b)$$

Trong đó:

$$\alpha'_{-b} = \alpha'_b (1 - \alpha'_g) (1 - \alpha'_w)$$

$$h_b = \left[\frac{L_1}{K_1} + \frac{1}{h_{1g}} \right]^{-1}$$

$$h_w = \frac{K_w}{L_w} C (Gr Pr)^n$$

$$C = 0.54; \quad n = \frac{1}{4}$$

2.3 Khối lượng nước

Phương trình cân bằng năng lượng của khối nước như sau:

$$\alpha'_w(1-\alpha'_g)I_{effs} + h_w(T_b - T_w) = (MC)_w \frac{dT_w}{dt} + h_{tw}(T_w - T_{go}) \quad (4a)$$

Thay các giá trị T_{go} và T_b từ phương trình (2e) và phương trình (3b) vào phương trình (4a), ta được:

$$\begin{aligned} I_{effs} \left[\alpha'_w(1-\alpha'_g) + \alpha'_{-b} \frac{h_w}{h_w + h_b} + \alpha'_g \frac{h_{tw}}{h_{1g} + U_{wo}} \right] \\ = (MC)_w \frac{dT_w}{dt} + (T_w - T_a) \frac{h_{tw}h_{1g}}{h_{1g} + U_{wo}} + (T_w - T_a) \frac{h_w h_b}{h_w + h_b} \end{aligned} \quad (4b)$$

Phương trình trên có thể được viết bằng cách sau:

$$(\alpha\tau)_{eff} I_{effs} = (MC)_w \frac{dT_w}{dt} + (U_t + U_b)(T_w - T_a) \quad (4c)$$

Trong đó:

$$U_t = \frac{h_{tw}h_{1g}}{h_{1g} + U_{wo}}; \quad U_b = \frac{h_w h_b}{h_w + h_b}$$

Và

$$(\alpha\tau)_{eff} = \left[\alpha'_w(1-\alpha'_g) + \alpha'_{-b} \frac{h_w}{h_w + h_b} + \alpha'_g \frac{h_{tw}}{h_{1g} + U_{wo}} \right]$$

2.4 Nhiệt độ của nước

Phương trình (4c) có thể được bắt nguồn như sau:

$$T_w = \frac{\overline{f(t)}}{a} [1 - e^{-at}] + T_{wo} e^{-at} \quad (5)$$

Trong đó T_{wo} là nhiệt độ ban đầu của nước khi $t = 0$ và giá trị trung bình $\overline{f(t)}$ cho khoảng thời gian giữa 0 và t .

Sau khi tính được nhiệt độ của nước ở phương trình (5), nhiệt độ bên trong tấm kính, bên ngoài tấm kính và nhiệt độ bề mặt tấm hấp thụ của bồn nước tính được theo các phương trình (2a), (2e) và (3b). Tốc độ bay hơi của nước được cho bởi.

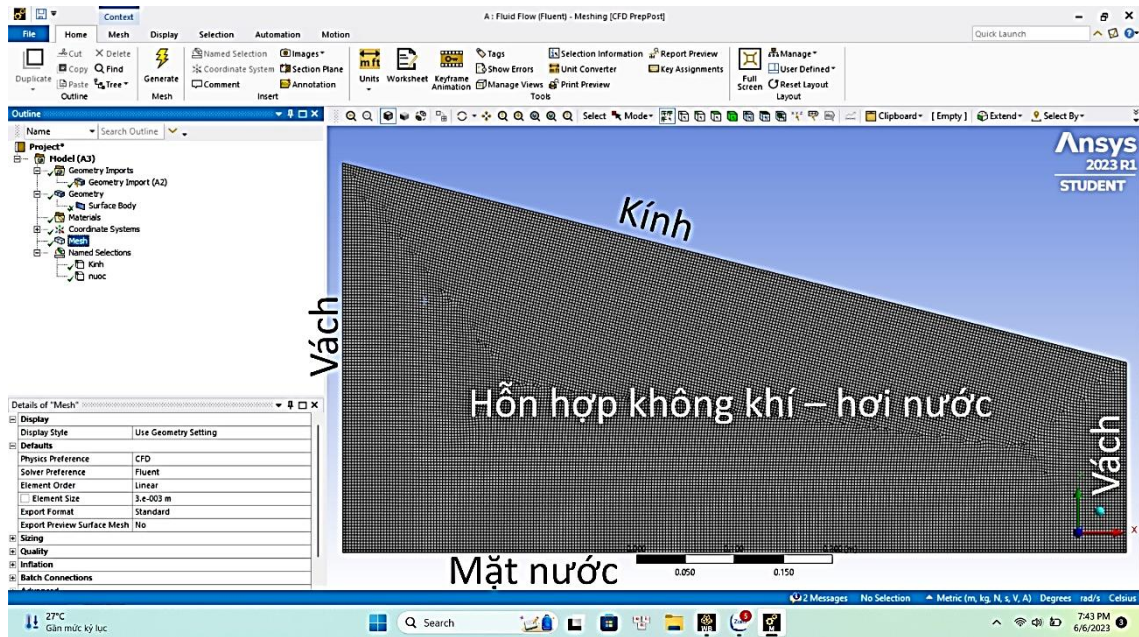
$$q_{ew} = h_{ew}(T_w - T_{gi}) \quad (6)$$

Sản phẩm thu được hàng giờ được tính theo phương trình dưới đây:

$$m_{ew} = \frac{h_{ew}(T_w - T_{gi}) \times 3600}{L} \quad (7)$$

2.5 Mô phỏng số

Mô phỏng số 2D vùng bay hơi được thực hiện dùng ANSYS Fluent. Dòng đối lưu tự nhiên từ mặt nước đến kết cấu bao che được xem là chảy tầng và lưu chất là hỗn hợp của không khí và hơi nước. Mô hình truyền cấu tử được sử dụng. Do nhiệt độ của kính và mặt nước thấp nên bỏ qua ảnh hưởng của bức xạ. Điều kiện biên cho mặt nước và kính là nhiệt độ và thành phần khối lượng hơi nước của không khí ẩm bão hòa. Hình 2 trình bày chia lưới miền tính toán loại 1 kính cùng với các biên.



Hình 2: Chia lưới miền tính toán loại 1 kính

2.6 Thực nghiệm

Ngày 02/6/2023 là ngày thực nghiệm và tính toán để tiến hành so sánh. Việc đầu tiên cần làm là chọn nơi thoáng không bị vật cản che đi ánh nắng và đặt mô hình theo hướng có thể nhận tối đa ánh nắng cả ngày. Sau khi đặt mô hình ở vị trí thuận lợi nhất như hình 3, tiến hành cấp nước cho mô hình. Với diện tích đáy 0,8 m x 0,8 m và chiều cao mực nước là 0,05 m thì cần khoảng 32 lít nước cho một mô hình. Theo Wikipedia nước biển có độ mặn không đồng đều từ 3,1% đến 3,8%, nghiên cứu này chọn mức trung bình khoảng 3,4%. Như vậy với 32 lít nước thì cần pha 1088g muối. Sau khi mực nước đã đủ chiều cao 5 cm van phao sẽ chặn nước cấp vào. Ngoài ra, nhóm nghiên cứu chuẩn bị thêm 1 can 5 lít cấp nước vào để luôn giữ mực nước ở 5cm đúng theo tính toán.



a. Mô hình 1 mái

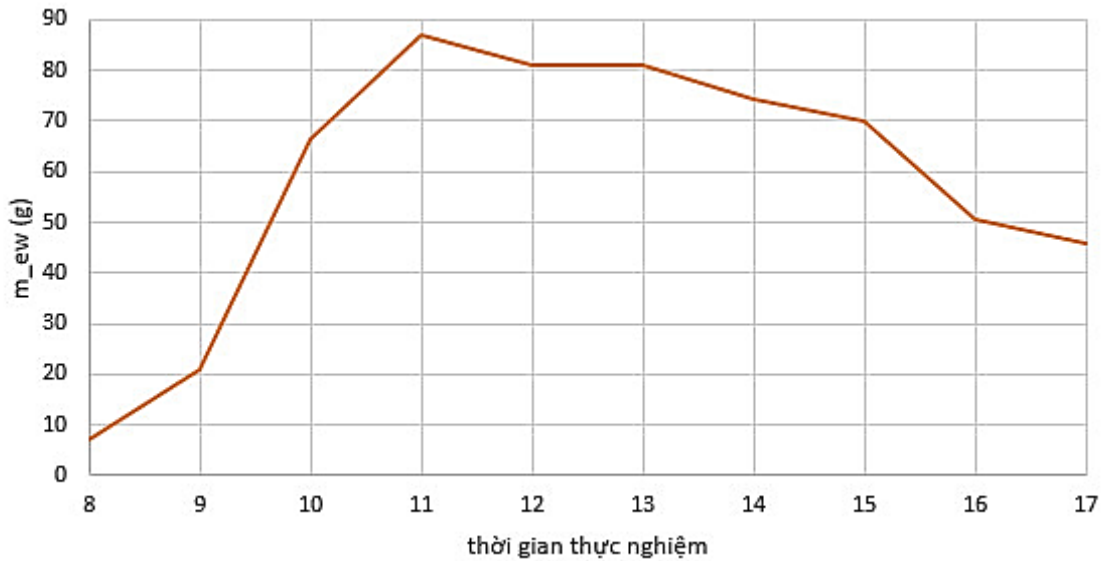
b. Mô hình 2 mái

Hình 3: Hai mô hình thực nghiệm với cùng kích thước tấm hấp thụ 0,8 m x 0,8 m

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Tính toán lý thuyết

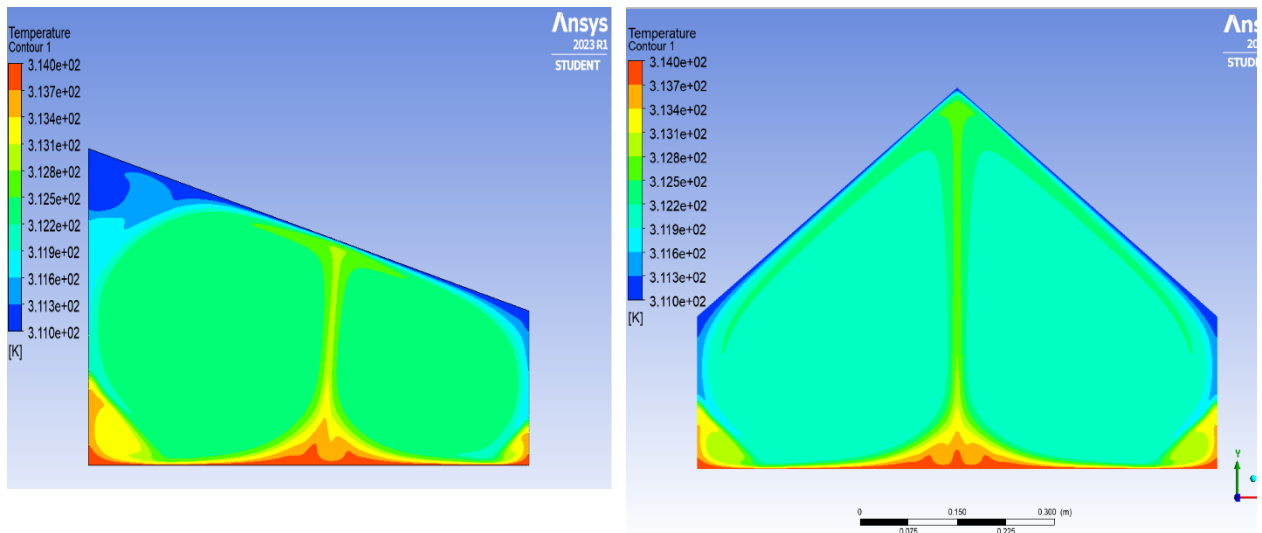
Hình 4 trình bày khối lượng nước theo giờ tính theo mô hình toán của Dunkle cho ngày 02/6/2023. Khối lượng nước thu được sẽ tăng mạnh vào buổi trưa lúc có nhiệt độ và bức xạ cao nhất ngày, sau đó sẽ giảm dần về cuối ngày. Đỉnh đồ thị sẽ ở 11 giờ lúc có nhiệt độ và bức xạ cao nhất. Mặc dù về dần cuối ngày nhiệt độ và bức xạ giảm gần bằng 8 giờ sáng nhưng lượng nước thu được nhiều hơn là do đã có phần nhiệt tích trữ bên trong mô hình.



Hình 4: Khối lượng nước bay hơi theo giờ trong ngày 02/6/2023

3.2 Mô phỏng số

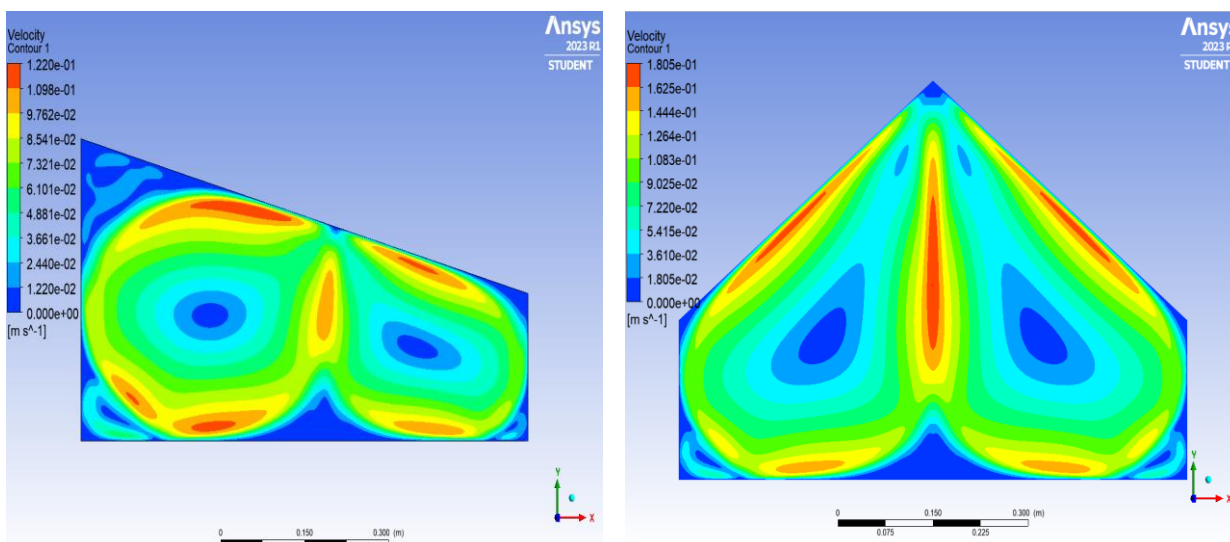
Hình 5 biểu diễn nhiệt độ của hai mô hình ở nhiệt độ mặt nước 314 K và nhiệt độ kính 311 K. Cả 2 mô hình đều có nhiệt độ cao ở phần đáy và giảm dần khi lên cao do quá trình thoát nhiệt ẩn của hơi ngưng tụ thành nước trên bề mặt kính. Hai mô hình đều có cột nhiệt độ đối xứng do giao nhau của quá trình đối lưu tự nhiên. Nhưng nhìn chung biểu đồ nhiệt độ của 2 mô hình đều tương tự cao ở phần đáy và giảm dần ở trung tâm mô hình. Biểu đồ vận tốc đối lưu và chiều vector của hai mô hình được xem trong hình 6. Đây là phần có sự khác biệt lớn nhất. Nhìn vào chúng ta sẽ thấy vận tốc đối lưu tự nhiên của mô hình dạng 2 mái (0,18m/s) lớn hơn so với mô hình 1 mái (0,12m/s). Từ các biểu đồ so sánh ta có thể rút ra kết luận cơ bản. Do vận tốc đối lưu của mô hình 2 mái cao hơn nên nhiệt độ bên trong cao hơn dẫn đến việc lượng nước thu được sau khi thực nghiệm sẽ nhiều hơn mô hình 1 mái.



a. Mô hình 1 mái

b. Mô hình 2 mái

Hình 5: Phân bố nhiệt độ trong bộ chung cất ở nhiệt độ mặt nước 314 K và nhiệt độ kính 311 K



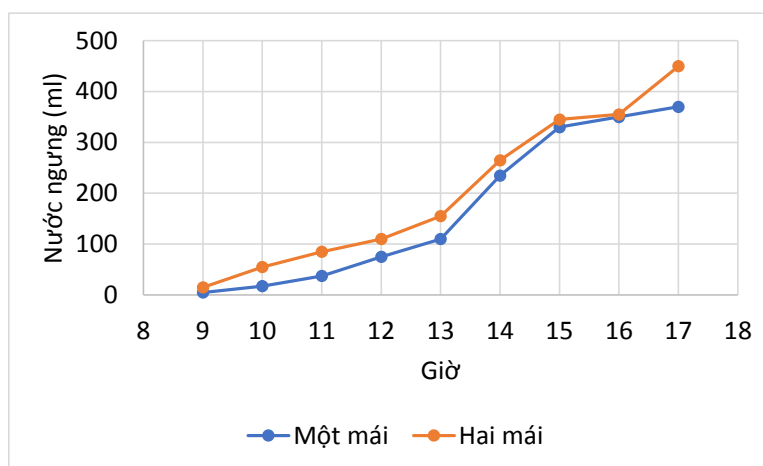
a. Mô hình 1 mái

b. Mô hình 2 mái

Hình 6: Tốc độ đối lưu tự nhiên trong bộ chung cất ở nhiệt độ mặt nước 314 K và nhiệt độ kính 311 K

3.3 Thực nghiệm

Sau khi thực nghiệm từ 8 giờ đến 17 giờ ngày 2/6/2023 kết quả thu được như hình 7. Theo như tính toán ở phần 3.1, tổng lượng nước thu được của mô hình 1 mái = 401,19 ml so với thực tế thu được khoảng 370-380 ml. Thất thoát khoảng 10%, có thể do thực nghiệm mô hình không nhận được ánh nắng lý tưởng như mô phỏng và tính toán lý thuyết hoặc có thể do thất thoát ở các van do dán không kín. Chi phí thực hiện 2 mô hình ngang bằng nhau (2,5 đến 3 triệu đồng cho một mô hình). Hiệu quả thực nghiệm của mô hình 2 mái tốt hơn 20% so với mô hình 1 mái.



Hình 7: Sản lượng nước sạch tích lũy theo giờ trong ngày

4 KẾT LUẬN

Sau khi mô phỏng, thực nghiệm và so sánh 2 mô hình chung cất nước bằng năng lượng mặt trời, các kết quả chính được rút ra như sau:

+ Mô hình 2 mái có hiệu quả tốt hơn 20% so với mô hình 1 mái mặc dù chi phí thực hiện là ngang bằng nhau.

+ Vì thế nếu mô hình này được phát triển theo một quy mô lớn ở những vùng nước mặn hoặc những vùng có nguồn nước ô nhiễm sẽ rất tốt.

Các tỉnh ven biển miền trung thuộc vùng cực nam trung bộ như Bình Thuận, Ninh Thuận đang đối mặt với khan hiếm nước sạch do nguồn nước ngày càng xâm nhập mặn nghiêm trọng.

Đối với nhu cầu nước uống của mỗi người trung bình là 3 lít, mỗi hộ gia đình khoảng từ 3 đến 4 người thì lượng nước sạch cần cho mỗi ngày từ 9 đến 12 lít nước, diện tích cần để thực hiện khoảng 15 m² sẽ giải quyết được rất nhiều vấn đề về nguồn nước sạch để uống ở những vùng ngập mặn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] V. N. Quang, "Bảo đảm an ninh năng lượng ở các nước đang phát triển châu Á.", 2014.
- [2] T. L. K. Công, "Địa chính trị mới của năng lượng đang dịch chuyển trật tự thế giới." 2020.
- [3] D. V. Toán, "Năng lượng tái tạo trên biển và định hướng phát triển tại Việt Nam," *Tuyển tập báo cáo Khoa học quốc gia Tài nguyên thiên nhiên và tăng trưởng xanh, Trung tâm nghiên cứu Tài nguyên và Môi trường, Đại học Quốc gia Hà Nội*, 2013.
- [4] H. Hoàng Dương, "Sử dụng năng lượng mặt trời để nấu ăn và cung cấp nước nóng dùng cho sinh hoạt-Một giải pháp tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường," 2009.
- [5] T. Toàn, "Kết cấu bao che chống nóng trong điều kiện khí hậu Việt Nam: lý thuyết và ứng dụng." 2012.
- [6] T. U. Đàm, "Chính sách dân tộc của các triều đại phong kiến Việt Nam," ed: Văn hoá dân tộc, 2007.
- [7] H. T. H. Hanh, "Nguyên nhân và giải pháp cho vấn đề ô nhiễm và cạn kiệt nguồn nước," 2022.
- [8] R. G. Singh and G. Tiwari, "Simulation performance of single slope solar still by using iteration method for convective heat transfer coefficient," *Groundwater for Sustainable Development*, vol. 10, p. 100287, 2020.
- [9] X. A. Tran, "Nghiên cứu thực nghiệm thiết bị chưng cất nước sử dụng năng lượng mặt trời dạng single basin kết hợp ống thủy tinh chân không và bộ ngưng tụ ngoài," *Journal of Technical Education Science*, no. 37, pp. 50-55, 2016.
- [10] G. Tiwari, V. Dimri, U. Singh, A. Chel, and B. Sarkar, "Comparative thermal performance evaluation of an active solar distillation system," *International Journal of Energy Research*, vol. 31, no. 15, pp. 1465-1482, 2007.

YSC5.F213

THIẾT KẾ CHẾ TẠO XE MÁY ĐIỆN VỚI HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG VÀ XI-NHAN THÔNG MINH

NGUYỄN NGỌC HUỖN TRANG^{1*}, HUỖNH THANH PHÚ², VÕ GIA HUY², TRINH XUÂN LƯƠNG², NGUYỄN ĐỘ LƯƠNG², TRẦN HOÀNG NHẬT²

¹*Giảng viên Khoa Công nghệ Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

²*Sinh viên Khoa Công nghệ Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

nguyennngochuyentrang@iuh.edu.vn, huynhthanhphu@gmail.com

Tóm tắt. Hiện nay do vấn đề ô nhiễm môi trường và giới hạn của việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch, cũng như xe máy điện của các hãng khác như Klara của Vinfast có giá thành hơi cao nên vẫn chưa được mọi người ưa chuộng. Từ đó nhóm muốn nghiên cứu, thiết kế, chế tạo ra 1 chiếc xe máy điện để giảm ô nhiễm môi trường, có giá thành rẻ hơn cũng như đáp ứng được các yêu cầu của nước ta như chở người, chở hàng... Để tạo ra khác biệt và đáp ứng điều kiện vận hành nên nhóm đã quyết định thiết kế theo kiểu dẫn động xích do có kết cấu đơn giản và dễ thay đổi tỉ số truyền, khung sườn mang dáng thể thao drag thể hiện sự mạnh mẽ với khối động cơ điện YALU 36V-800W và bộ điều khiển tối đa chức năng có thể chịu tải hơn 200kg, hệ thống giảm xóc phuộc đôi giúp xe có thể di chuyển trên đoạn đường gồ ghề nhiều ổ gà, phanh thủy lực và dễ thuận tiện cho người sử dụng, nhóm đã tích hợp thêm hệ thống chiếu sáng và xi-nhan thông minh. Kết quả nhóm đã thiết kế thành công xe máy điện có giá thành rẻ, hoạt động đáp ứng được các yêu cầu đặt ra.

Từ khóa. Dẫn động xích, motor Yalu 36V 800W, kiểu dáng drag...

DESIGN AND MANUFACTURING OF ELECTRIC MOTORCYCLE OF INTELLIGENT LIGHT AND SIGNAL SYSTEM

Abstract. Currently, due to the problem of environmental pollution and the limitation of the use of fossil fuels, as well as electric motorbikes of other brands such as Vinfast's Klara, the price is a bit high, so it is still not popular with everyone. Since then, the group wants to research, design and manufacture an electric motorcycle to reduce environmental pollution, have a cheaper price as well as meet the requirements of our country such as transporting people and goods, etc. In order to make a difference and meet the requirements of bridge operation, the team decided to design it in a chain drive style due to its simple structure and easy to change the gear ratio, the chassis has a drag sport shows strength look with the engine block YALU 36V-800W electric and multi-function governor with load capacity of more than 200kg, double shock absorber fork helps motorcyle to move on rough roads with many poyholes, hydraulic brake and for user's convenience, the team has integrated lighting and signal systems. As a result, the group has successfully designed an electric motorcycle with low cost that works to meet the requirements set forth.

Keywords. Chain drive, motor Yalu 36V 800W, drag...

1 GIỚI THIỆU

Sự phát triển của ngành công nghiệp ô tô hiện đại luôn phải đối mặt với hai vấn đề lớn là sự cạn kiệt của nguồn nhiên liệu truyền thống và ô nhiễm môi trường.

Tại Việt Nam, lượng phương tiện giao thông ngày một tăng kéo theo hệ lụy là lượng khí thải ra môi trường cũng ngày càng tăng, điều này ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe con người, làm biến đổi khí hậu. Theo báo cáo môi trường quốc gia năm 2007, ô nhiễm không khí ở đô thị do giao thông gây ra chiếm 70%. Xét theo

các nguồn thải gây ô nhiễm trên toàn quốc, hoạt động giao thông đóng góp khoảng 85% lượng CO, 95% VOCs.

Vấn đề giá xăng, dầu trên thế giới ngày càng tăng, các mỏ dầu cũng đang dần cạn kiệt, lượng phương tiện giao thông tăng lên hàng năm tại mỗi quốc gia. Một trong những phương pháp để giải quyết hai vấn đề này là chúng ta phải chế tạo được những mẫu xe sử dụng nguồn nhiên liệu sạch, tái tạo để giảm ô nhiễm môi trường và cạn kiệt nguồn nhiên liệu hóa thạch. Từ những nguyên nhân trên nhóm nghiên cứu đã quyết định chọn đề tài “thiết kế, chế tạo xe máy điện” nhằm giảm lượng khí thải và sử dụng nhiên liệu truyền thống, dựa trên tình hình giao thông thực tế tại Việt Nam. Với mục tiêu giảm giá thành và đi được xa hơn với một lần sạc để đưa vào sản xuất bản thử nghiệm và sản xuất đại trà.



Hình 1: Xe máy điện với hệ thống chiếu sáng và xi-nhan thông minh

Trên cơ sở thiết kế cơ khí, kiểm nghiệm sức bền khung và tính toán động cơ điện để lựa chọn vật liệu và các linh kiện tối ưu nhất. Sản phẩm nghiên cứu đảm bảo các yếu tố kỹ thuật và điều kiện vận hành thực tế. Thiết bị vận hành ở tốc độ tối đa 50 km/h, thời gian vận hành đạt được 150 km, có hệ thống chiếu sáng và xi-nhan thông minh giúp giảm ô nhiễm môi trường và thuận lợi cho người sử dụng đặc biệt khi vận hành trong thành phố.

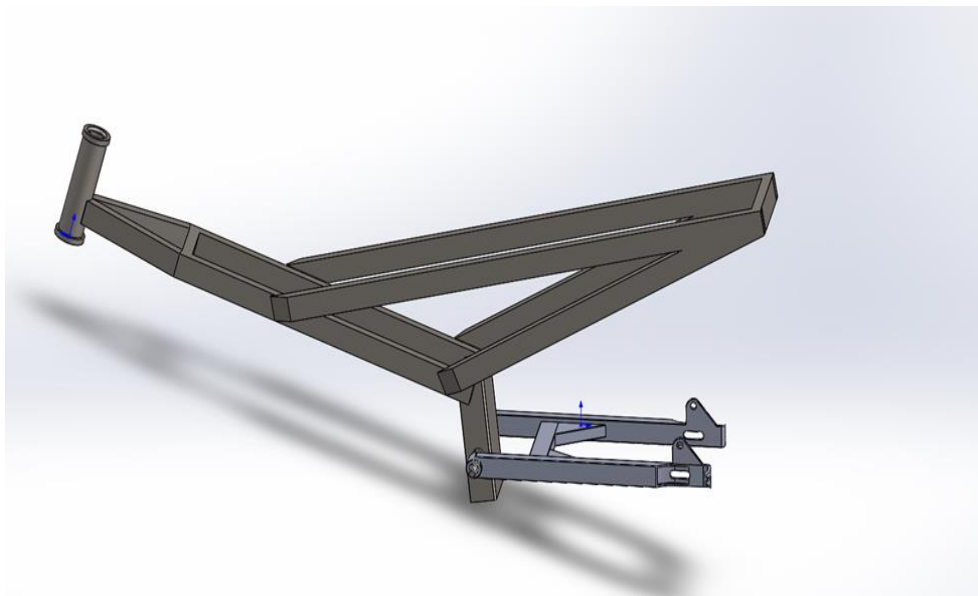
Sản phẩm sau khi hoàn thiện đạt các yêu cầu như sau:

- Tính toán các thông số kỹ thuật của xe máy điện và có bản vẽ 2D
- Tính toán lựa chọn động cơ điện cho xe máy điện
- Kiểm nghiệm bền khung xe máy điện
- Tính toán, xác định bộ nguồn accu
- Tích hợp hệ thống chiếu sáng và hệ thống xi-nhan thông minh
- Thời gian vận hành của thiết bị xấp xỉ 150 km
- Tốc độ vận hành của thiết bị khoảng 50 km/h
- Thời gian sạc của thiết bị là 10h

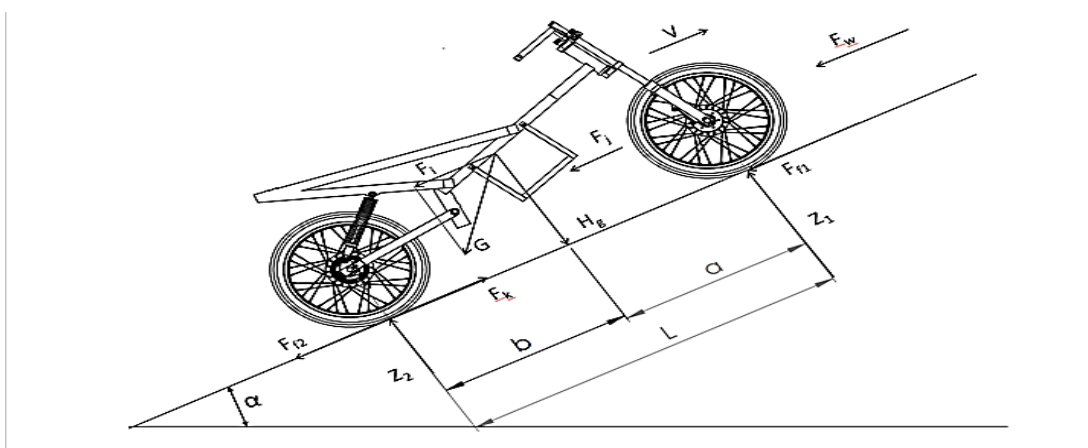
2 TÍNH TOÁN THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO THIẾT BỊ

2.1 Tính toán, xác định công suất động cơ điện

Công suất cần thiết của động cơ điện có thể tạo ra lực kéo FM dùng để thắng lực cản lăn của mặt đường FL, lực cản lên dốc FD, lực cản gió FG và lực quán tính khi tăng tốc FQ.



Hình 2: Khung xe được vẽ bằng phần mềm Solidworks



Hình 3: Các lực tác dụng lên xe khi lên dốc

Phương trình cân bằng lực như sau:

$$F_M = F_L + F_D + F_G + F_Q \quad (1)$$

Lực cản lăn được tính:

$$F_L = f.G \quad (2)$$

Trong đó:

f là hệ số cản lăn. Theo phạm vi hoạt động thường xuyên của xe là đường bằng, hệ số cản lăn được tính cho đường nhựa với $f = 0,025 \div 0,035$.

Chọn $f = 0,025$.

G là tổng trọng lượng của xe, ở đây $G = 200.10 = 2000(N)$

Suy ra: $F_L = 2000.0,025 = 50(N)$

Lực cản lên dốc được tính:

$$F_D = G.\sin\alpha \quad (3)$$

Trong đó:

α là góc dốc của mặt đường, chọn $\alpha = 18^\circ$ (tương ứng với độ dốc 33%)

Suy ra: $F_D = 2000.0,33 = 660(N)$

Lực cản gió được tính:

$$F_G = k.S.v^2 \quad (4)$$

Trong đó:

k là hệ số cản không khí. Đối với xe con vô hờ $k = 0,4 \div 0,5$ (Ns^2/m^4); chọn $k = 0,4$ (Ns^2/m^4)

S là diện tích cản chính diện: $S = 0,8.B.H$

B là chiều rộng toàn bộ xe: $B = 0.4(\text{m})$

H là chiều cao toàn bộ xe: $H = 1(\text{m})$

Nên $S = 0,8.0.4.1 = 0.32(\text{m}^2)$

V là vận tốc lớn nhất của xe, vận tốc lớn nhất của xe được chọn là

$v = 40$ (km/h) = $11,11(\text{m/s})$

Suy ra: $F_G = 0,4.0,32. (11,11)^2 = 15,8(\text{N})$

Lực quán tính:

$$F_Q = M.a \tag{5}$$

Trong đó:

M là khối lượng toàn bộ, $M = 200(\text{kg})$

a là gia tốc của xe. Chọn gia tốc $a = 1(\text{m/s}^2)$

Suy ra: $F_Q = 200.1 = 200(\text{N})$.

Từ những tính toán trên, thay các giá trị vừa tính được vào công thức trên ta được:

$$F_M = 200 + 50 + 15,8 + 660 = 925,8(\text{N})$$

Tuy nhiên, để hạn chế công suất cho động cơ điện ta không cho phép xe hoạt động ở chế độ có cả hai lực cản xảy ra cùng lúc. Chẳng hạn, khi xe lên dốc ta chỉ cho phép xe chạy đều và vận tốc nhỏ nên bỏ qua lực quán tính và lực cản gió, hoặc khi xe đang chạy ở tốc độ tối đa thì xem như không tồn tại lực cản lên dốc và lực quán tính. Như vậy, lực cần thiết của động cơ điện ở hai trường hợp này được tính lại là:

$$F_{MD} = F_L + F_D = 50 + 660 = 710(\text{N})$$

$$F_{MG} = F_L + F_G = 50 + 15,8 = 65,8(\text{N})$$

Cả hai trường hợp này đều có lực cản chung nhỏ hơn trường hợp tổng quát và phù hợp với chế độ hoạt động thực tế của xe. Ta chọn trường hợp xe vượt dốc để xác định momen yêu cầu tại bánh xe và chạy ở tốc độ tối đa để xác định cân bằng công suất cho động cơ điện.

Khi xe vượt dốc momen yêu cầu tại bánh xe được tính:

$$M_{bx} = F_{MD}.R_{bx} = 710.0,288 = 204,5(\text{Nm}) \tag{6}$$

Và công suất cần của xe khi chạy ở tốc độ tối đa lúc này là:

$$P_{CG} = F_{MG}.v = 65,8.11,11 = 731.04(\text{W}) \tag{7}$$

Công suất cần thiết của động cơ điện để cân bằng với công cần của xe trong trường hợp này là:

$$P_M = P_{CG}/h \tag{8}$$

với h là hiệu suất của hệ thống truyền lực, chọn sơ bộ $h = 0,93$

Suy ra:

$$P_M = 731.04/0,93 = 786.06(\text{W})$$

Model	MY1020		
Specifications	500W 24V/36V/48V	750/1000W 36V/48V/60V	1000W 36V/48V
Unload speed/rpm	3150	3500	3700
Unload current/A	≈2.5/2.2/2.0	≈2.5/2.2/2.0	≈2.5/2.2
Rated speed/rpm	2500	2800	3000
Rated torque/N.m	1.9	2.8	3.2
Rated current/A	≈2.7/1.7.8/13.4	≈2.7/2.0/16.0	≈3.6/26.7
Frequency/%	≥78	≥78	≥78
Application	Electrical scooter		

Hình 4: So sánh hiệu suất động cơ điện và động cơ đốt trong

Vậy ta chọn động cơ điện một chiều có công suất tại số vòng quay lớn nhất của nó lớn hơn 786,06(W). Và momen yêu cầu phải đảm bảo khả năng vượt dốc lớn nhất của xe.

Hiện nay trên thị trường chúng tôi tìm được loại động cơ sau:

Tên gọi: YALU 36V- 800(W)

Các thông số kỹ thuật do nhà sản xuất cung cấp:

Input DC 36V, Công suất 800 W, số vòng quay cực đại 2500(v/p), Chịu được dòng lớn nhất 27.4A. Dựa trên đường đặc tính của động cơ ta thấy tại công suất khoảng 800(W) (tương đương 1.34 HP) tốc độ động cơ đạt 2500(v/p) và dòng điện là 27.4(A), đây là chế độ hoạt động khi xe đạt tốc độ lớn nhất 50(km/h).

So sánh hiệu suất động cơ điện với động cơ đốt trong.

Từ bảng số liệu cho thấy được hiệu suất động cơ Yalu cao hơn 78% so với hiệu suất của động cơ xăng đạt tối đa ở mức 50 % theo trang Wikipedia. Từ đó thấy được ứng dụng động cơ điện đạt hiệu suất cao hơn.

2.2 Tính toán, xác định thông số bộ nguồn accu

Loại ắc quy được chọn để lắp đặt cho xe là ắc quy axit chì vì nó thông dụng và giá thành tương đối thấp. Dung lượng của ắc quy phụ thuộc vào số giờ mà xe chạy hết bình và tỷ lệ khối lượng của hệ thống truyền động điện so với tổng khối lượng xe theo tỷ lệ tối ưu là không quá 30%.

Vì dung lượng ắc quy được sản xuất theo tiêu chuẩn, chọn loại bình có hiệu điện thế 12(V) và dung lượng 30(AH). Dung lượng ắc quy bằng tích giữa dòng điện phóng và thời gian phóng điện: $AH = (IM.t)$. Theo đặc tuyến của ắc quy thì dòng phóng định mức bằng dung lượng của ắc quy và dòng phóng cho phép có thể đạt gấp ba lần dòng định mức.

Vì vậy ta tính được thời gian hoạt động của xe như sau:

$$t = AH/IM \text{ (giờ)} \quad (9)$$

Thời gian hoạt động tối thiểu của xe được tính cho trường hợp công suất lớn và dòng điện phóng yêu cầu đạt 30(A). Suy ra:

$$t = 30/27,4 = 1.09 \text{ (giờ)} = 66 \text{ (phút)}$$

Sau khi chọn được loại ắc quy, chúng ta cần kiểm tra lại tỷ lệ khối lượng của hệ thống truyền động so với tổng khối lượng của xe. Nếu vượt quá tiêu chuẩn thì hoặc là giảm bớt dung lượng của ắc quy (giảm số giờ chạy hết bình) hoặc là chọn loại ắc quy khác có tỷ trọng khối lượng trên dung lượng nhỏ hơn. Dựa vào thông số kỹ thuật của bình ắc quy do nhà sản xuất cung cấp, loại bình ắc quy 12(V)- 30(AH) có khối lượng $m_1 = 18$ (kg). Động cơ điện 36 (V) có khối lượng $m_2 = 5$ (kg). Như vậy, tổng khối lượng của hệ thống truyền động điện sẽ là:

$$m = m_1 + m_2 = 18+5 = 23 \text{ (kg)} \quad (10)$$

Tính hệ số tỷ lệ khối lượng:

$$l = m/M = 23/200 = 0,115 < 30\% \quad (11)$$

Như vậy, tỷ lệ này đã đạt yêu cầu kỹ thuật.

2.3 Xác định tỉ số truyền

Gọi tỉ số truyền của xe là i . Ta có số răng của bánh răng chủ động R_1 là 13 răng (nhông xe máy) và số răng trên bánh bị động R_2 là 60 răng nên suy ra được tỉ số truyền là:

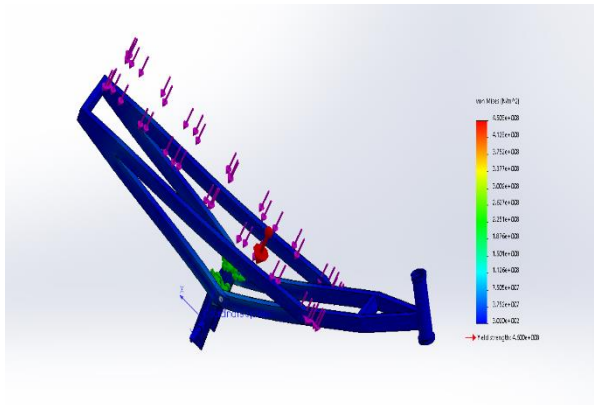
$$i = \frac{R_2}{R_1} = \frac{60}{13} = 4.61 \quad (12)$$

Ta chọn tỉ số truyền 4.61 là do động cơ hoạt động ở vòng tua nhanh nên cần giảm lại để gia tăng lực kéo cho xe. Tỉ số truyền của truyền lực chính mà bên ngoài thị trường hiện có là $i = 4,62$. Để đơn giản cho việc chế tạo xe và thay thế sửa chữa sau thời gian dài sử dụng, ta sử dụng truyền lực chính của xe chở hàng mà không cần thiết kể thêm bộ truyền bánh răng.

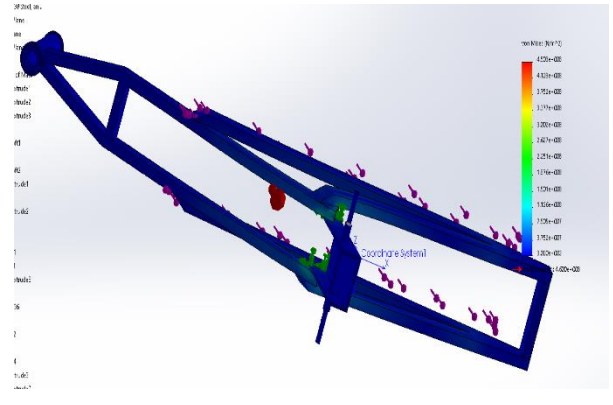
2.4 Kiểm nghiệm bền khung xe máy điện

Thông qua việc sử dụng phần mềm Solidworks, nhóm đã thực hiện các ý tưởng ban đầu cũng như kiểm nghiệm độ bền của các bộ phận quan trọng, giảm tổn thất về chi phí kinh tế vì khung xe không đảm bảo đủ

độ bền vững. Trọng lượng toàn tải là 2000(N) ứng với khối lượng 200 Kg tác dụng lên khung xe đại diện các lực này là mũi tên màu tím, mũi tên màu đỏ thể hiện cho gia tốc trọng trường 9,81(m/s²).



Hình 5: Lực tác dụng lên khung xe trong trường hợp toàn tải



Hình 6: Ứng suất của khung xe trong trường hợp toàn tải

Sau khi cho lực tác dụng lên khung xe, hầu hết tất cả các vị trí trên khung là màu xanh dương thể hiện không có vùng nào nằm ngoài ứng suất cho phép, một số vùng màu xanh lá nhưng vẫn nằm trong giới hạn của ứng suất. Bên phải là cột thể hiện ứng suất lớn nhất mà khung xe phải chịu là 4.5×10^8 N/m² do nhóm sử dụng thép CT3 có kích thước 20x40 mm độ dày là 1.4 mm có thể chịu được giá trị ứng suất cao nhất là 4.9×10^8 N/m² nên không có lo ngại gì về độ bền.

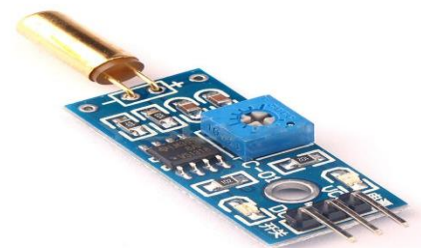
2.5 Lựa chọn linh kiện cho hệ thống chiếu sáng thông minh và hệ thống xi-nhan thông minh

Thông số kỹ thuật:



Hình 7: Linh kiện điện tử và modul cảm biến ánh sáng
Thông số kỹ thuật:

Điện áp sử dụng: 12(V) DC, cảm biến ánh sáng dạng quang trở CDS có dây nối dài, tích hợp relay đóng ngắt AC/DC (Để an toàn nên dùng cho tải có công suất <100W). Có biến trở chỉnh cường độ ánh sáng đóng ngắt relay mong muốn



Hình 8: Modul cảm biến góc nghiêng
Thông số kỹ thuật:

Điện áp làm việc 3,3 – 5(V).
Sử dụng IC so sánh điện áp tầm rộng LM393.
Sử dụng cảm biến có độ nhạy cao SW-520D.
Tín hiệu so sánh đầu ra rõ, dễ dàng điều chỉnh độ nhạy qua biến trở.

Hệ thống tự động bật đèn đầu và hệ thống xi-nhan tự động ra đời nhằm mục đích tăng tính tiện ích và giảm các thao tác cho người lái xe khi điều khiển xe. Khi nhận tín hiệu từ cảm biến ánh sáng đưa tới mạch điều khiển cho thấy ánh sáng môi trường xung quanh thiếu đi và xe nghiêng đi không đảm bảo đủ điều kiện ánh sáng cho phép lái xe hoặc điều khiển này sẽ đóng relay tự động mở đèn đầu. Tương tự khi nhận tín hiệu từ cảm biến góc nghiêng đưa tới mạch điều khiển cho thấy xe nghiêng đi và muốn chuyển hướng thì cảm biến sẽ điều khiển đóng relay tự động mở đèn báo rẽ.

Điện áp sử dụng: 12(V) DC, cảm biến ánh sáng dạng quang trở CDS có dây nối dài, tích hợp relay đóng ngắt AC/DC (Để an toàn nên dùng cho tải có công suất <100W). Có biến trở chỉnh cường độ ánh sáng đóng ngắt relay mong muốn.

2.6 Thiết kế, chế tạo sản phẩm xe máy điện có hệ thống chiếu sáng và xi-nhan thông minh



Hình 7: Khung xe cơ bản



Hình 8: Động cơ điện và bộ điều khiển

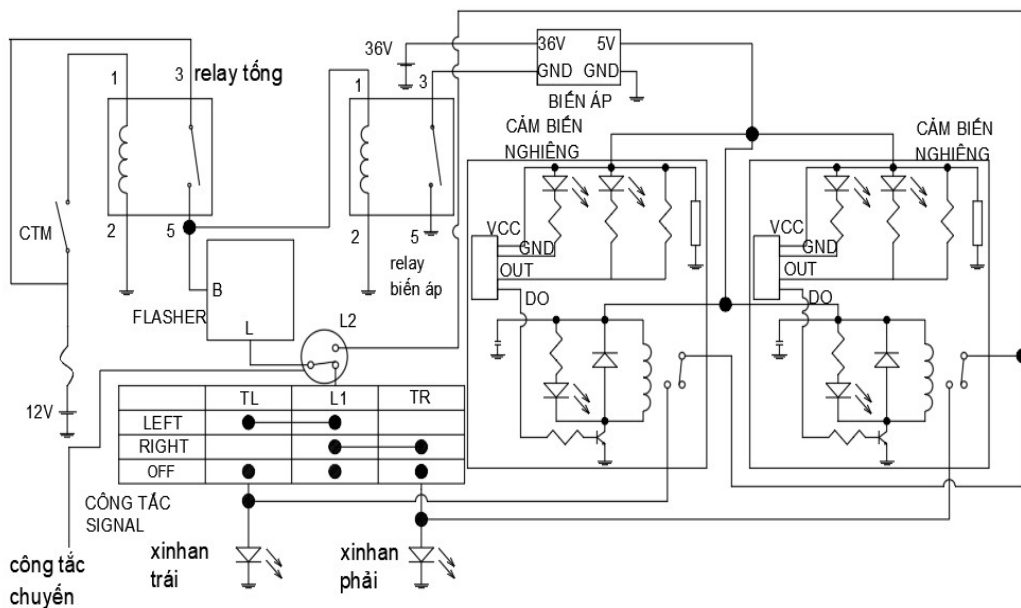
Từ kết quả của việc tính toán, nhóm nghiên cứu sử dụng thanh kẹp khung sắt vuông có chiều rộng 3cm, chiều dài 3cm, dày 1mm. Động cơ điện được lựa chọn là động cơ điện DC không chổi than BLDC có công suất 800W, điện áp 36V, sử dụng 3 bình accu 12V-30Ah.



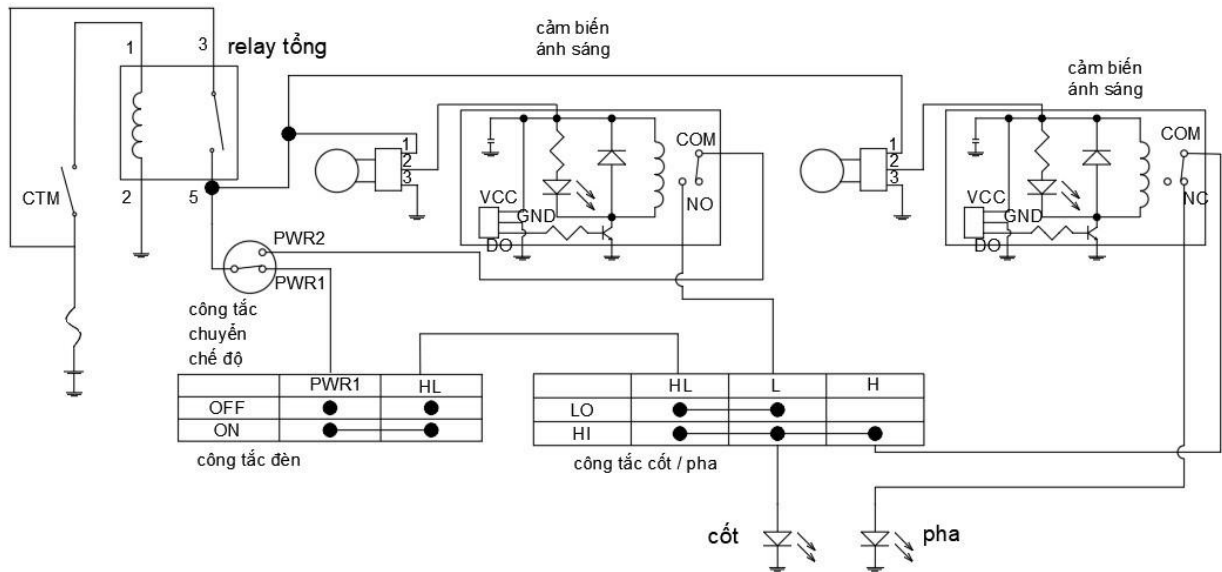
Hình 9: Ráp các bộ phận vào bánh xe



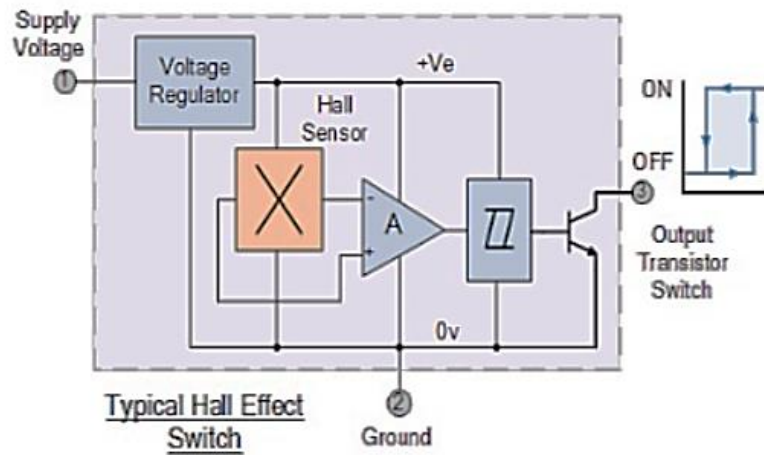
Hình 10: Xe đã được trang bị đầy đủ các thiết bị



Hình 11: Sơ đồ mạch điện hệ thống chiếu sáng thông minh tự bật đèn khi xe vào vùng tối



Hình 12: Sơ đồ mạch điện hệ thống xi-nhan thông minh tự bật khi xe chuyển hướng



Hình 13: Sơ đồ khối tay ga điều khiển tốc độ xe máy điện

2.7 Vận hành mô hình

Thông số của xe sau khi hoàn thiện:

Chiều cao: 900 mm; Bề rộng: 550 mm; Khối lượng: 70 Kg; Công suất: 800W

Xe sau khi đã hoàn thành thì sẽ chạy thử và kiểm tra các chế độ hoạt động của xe

2.7.1 Thời lượng nạp pin

Trên thực tế sau khi đã sử dụng hết 100% dung lượng điện của bình thì sẽ mất khoảng từ 10 đến 12 giờ để sạc đầy lại.

2.7.2 Thời gian sử dụng

Trên thực tế khi thử nghiệm xe sau 3 lần thì kết quả trung bình tính ra có thể đi được 1 ngày liên tục không nghỉ thì sẽ hết điện.

Còn đối với nhu cầu sử dụng bình thường mỗi ngày đi trung bình 30km thì sẽ đi được tầm 5 ngày liên tục mới phải sạc lại.

2.7.3 Vận tốc tối đa

Vận tốc tối đa mà xe có thể đạt được trung bình là 50 km/h sau 3 lần thử nghiệm.

2.7.4 Khả năng chịu tải của xe

Xe có thể chịu khối lượng toàn tải là khoảng 200 kg như đã tính toán.

Tổng kết lại xe điện sau khi hoàn thành có thể đáp ứng tốt các nhu cầu từ chở người đến hàng hóa cũng như thể hiện phong cách thể thao của mình.

Đặc biệt xe còn được trang bị các hệ thống thông minh trên ô tô như hệ thống đèn chiếu sáng thông minh và hệ thống xi nhan thông minh giúp tăng độ an toàn và thoải mái cho người sử dụng. Ngoài ra xe còn có giá thành khá là hợp lý chỉ khoảng 15 triệu đồng (so với giá thành xe máy điện ngoài thị trường là hơn 20 triệu đồng nhưng không có nhiều tính năng thông minh như xe máy điện của nhóm nghiên cứu) chúng ta đã có thể sở hữu chiếc xe điện phong cách thuận tiện và mang tính bảo vệ môi trường cao. Xe có hệ thống đèn chiếu sáng và đèn xi-nhan thông minh, phanh, còi đảm bảo an toàn cho người vận hành.

2.8 Tính toán kinh tế chi phí sử dụng xe máy điện so với xe máy xăng

Tính toán chi phí khấu hao khi xe máy điện và xe máy xăng chạy trung bình 10.000 km/năm

Xe máy điện	Xe máy xăng
<p><i>C_{kh}</i>: Chi phí khấu hao</p> $C_{kh} = V * K_{kh} = \frac{15096000 * 33,34\%}{6} = 838,834đ$	$C_{kh} = V * K_{kh} = \frac{15096000 * 33,34\%}{6} = 838,834đ$
<p><i>CA</i>: Chi phí về tổn thất điện năng đối với xe điện</p> $C_A = A * \beta = 394,2 * 2.430 = 957.906(đ)$	<p><i>CA</i>: Chi phí về tổn thất nhiên liệu đối với xe máy xăng</p> $C_A = 23.000 * 250 = 5.750.000(đ)$
<p><i>C_{bq}</i>: Chi phí về tu sửa bảo quản (thay nhông, sên đĩa, tiền, vỏ ruột xe, bình accu, tiền công sau mỗi 20.000km sử dụng)</p> $C_{bq} = 187.500 + 143.300 + 90.000 + 1.270.200$ $C_{bq} = 1.691.000đ.$	<p><i>C_{bq}</i>: Chi phí về tu sửa bảo quản (thay nhông, sên đĩa, tiền, vỏ ruột xe, bình accu, tiền thay nhớt tiền công sau mỗi 20.000km sử dụng)</p> $C_{bq} = 187.500 + 143.300 + 90.000 + 450.000 + 800.000$ $C_{bq} = 1.670.000đ.$
<p>Chi phí vận hành hằng năm (<i>C_{vh}</i>) của xe máy điện:</p> $C_{vh} = C_{kh} + CA + C_{bq}$ $C_{vh} = 838.834 + 957.906 + 1.691.000 = 3.159.690(đ)$	<p>Chi phí vận hành hằng năm (<i>C_{vh}</i>) của xe máy xăng:</p> $C_{vh} = C_{kh} + CA + C_{bq}$ $C_{vh} = 838.834 + 5.750.000 + 1.670.000 = 8.258.843(đ)$

Kết quả cho thấy khi sử dụng xe máy điện thì chi phí sử dụng hàng năm chúng ta sẽ tiết kiệm được số tiền là $8.258.843 - 3.159.690 = 5.099.153(đ)$ (chưa kể tới những ưu điểm về môi trường của xe máy điện so với xe máy xăng).

3 KẾT LUẬN

Sản phẩm hoàn thiện đáp ứng được cơ bản các yêu cầu đặt ra, có thể hỗ trợ cho những người khuyết tật trong cuộc sống hàng ngày.

Có giá thành rẻ, chất lượng đảm bảo.

Có trang bị các hệ thống thông minh như hệ thống chiếu sáng, hệ thống xi-nhan.

Không sử dụng xăng, thân thiện với môi trường

Kiểu dáng xe mang tính thể thao.

Vận hành êm ái và ổn định, có khả năng.

Có khả năng vận hành trên đường ngập nước.

Thuận tiện khi lưu thông trong thành phố.

Chi phí sử dụng rẻ hơn so với xe máy sử dụng động cơ đốt trong.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] PGS.TS Nguyễn Văn Phụng. Lý thuyết ô tô. NXB Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh

[2] Nguyễn Xuân Lâm. Nghiên cứu chế tạo xe điện hai bánh phục vụ cho quãng đường di chuyển ngắn, có hệ thống hãm điện, thu hồi năng lượng. Trường Đại học Dân lập Hải Phòng

- [3] Chu Đức Hùng, Hoàng Quang Tuấn, Nguyễn Anh Ngọc. Thiết kế và kiểm nghiệm bệ khung gầm xe điện hai-
EV2. Hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ v - VCME 2018
- [4] Dimitrios Maioglou. Motorcycle Design: Defining a new typology and form for the electric motorcycle of the 21st
century. Dissertation Thesis. International Hellenic University (2017)

YSC5.F214

ỨNG DỤNG KNN TRONG SẤY HỒNG NGOẠI

ĐOÀN THỊ HỒNG HẢI^{1*}, HUỖNH NHẬT HÀO²

^{1,2}Industrial University of Ho Chi Minh City

*doanthihonghai@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Trong bối cảnh cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 Jupyter là một trong những ứng dụng được sử dụng rộng rãi trải rộng ra nhiều ngành nghề khác nhau. Thanh long là một trong những nông sản tiêu biểu của nước ta, nhưng việc thị trường tiêu thụ còn nhiều khó khăn với người nông dân, nên việc bảo quản quả và chế biến quả thanh long là vô cùng cấp thiết. Bảo quản thực phẩm bằng phương pháp sấy rất quan trọng và là điều cần thiết trong cuộc sống. Nghiên cứu “ỨNG DỤNG KNN TRONG SẤY HỒNG NGOẠI” việc cắt thanh long thành lát mỏng 5mm để sấy giúp cho sản phẩm giữ được dinh dưỡng, không bị khô quá mức. Việc lọc ra nhiều mẫu sấy bằng phần mềm Jupyter kết hợp với thuật toán KNN giúp cho ta tìm được mẫu sản phẩm chất lượng vượt trội hơn các sản phẩm khác về màu sắc hàm lượng dinh dưỡng. Nghiên cứu giúp người nông dân có thể áp dụng để chế biến thanh long trở thành sản phẩm giàu dinh dưỡng và bảo quản lâu hơn.

Từ khóa. Jupyter notebook, KNN, thanh long, sấy.

APPLICATION OF KNN IN INFRARED DRYING

Abstract. In the context of the industrial revolution 4.0 Jupyter is one of the widely used applications spanning many different industries. Dragon fruit is one of the typical agricultural products of our country, but the consumption market is still difficult for farmers, so the preservation and processing of dragon fruit is extremely urgent. Food preservation by drying method is very important and necessary in life. The topic " APPLICATION OF KNN IN INFRARED DRYING ", cutting dragon fruit into 5mm thin slices for drying helps the product retain nutrients and not be excessively dry. Filtering out many dried samples by Jupyter software combined with KNN algorithm helps us to find product samples with superior quality than other products in terms of color and nutritional content. The topic helps farmers to apply to process dragon fruit into a product rich in nutrients and preserved for longer.

Keywords. Jupyter notebook, KNN, Dragon fruit, Drying.

1 GIỚI THIỆU

1.1 Giới thiệu thanh long

Tia hồng ngoại là các tia bức xạ điện từ có bước sóng dài hơn ánh sáng khả kiến (ánh sáng có thể nhìn thấy được bằng mắt thường), nhưng ngắn hơn tia vi sóng (sóng tần số siêu cao). Tia hồng ngoại có bước sóng từ 760nm đến vài milimét (lớn hơn bước sóng của ánh sáng đỏ và nhỏ hơn bước sóng của sóng vô tuyến cực ngắn. Chữ “hồng ngoại” trong đó có nghĩa là “ngoài màu đỏ”, màu đỏ là màu sắc có bước sóng dài nhất trong ánh sáng thường. Giải thích hiện tượng các năng lượng bức xạ của bóng đèn hồng ngoại có khả năng làm bay hơi nước trong các vật liệu ẩm, sau đó làm khô sản phẩm. Sau đây tìm hiểu nguyên nhân cơ chế của các tia bức xạ hồng ngoại. Các loại vật liệu ẩm đều được cấu tạo từ nước và các loại hợp chất hữu cơ. Tại cùng một điều kiện giống nhau thì nước và hợp chất hữu cơ hấp thụ năng lượng cực đại của bức xạ hồng ngoại. Từ đó ta có thể dễ dàng điều chỉnh năng lượng bức xạ thích hợp, nước trong vật liệu bay hơi càng nhanh thì sản phẩm sẽ càng nhanh khô [1].

Cây thanh long có tên khoa học là *Hylocereus undatus*, tên tiếng Anh thường gọi là Dragon Fruit hay Pitahaya, thuộc họ xương rồng Cactaceae, có nguồn gốc ở vùng sa mạc thuộc Mexico và Colombia. Sau

đó, được lan dần sang các nước ở Châu Phi như Madagasca, các nước ở Châu Á như Trung Quốc, Đài Loan và đặc biệt là ở Đông Nam Á như: Việt Nam, Malaysia, Thái Lan, Philippines. Thanh long là cây ăn quả lâu năm, thân giống xương rồng leo, màu xanh, các nhánh hình tam giác và có khớp nối ở mỗi đốt. Mỗi đoạn thân gồm ba cánh lượn sóng với mép có hình dạng vỏ sò. Các đoạn thân có thể dài tới 6m. Mỗi mép của cánh vỏ sò thường có một đên ba gai ngắn (có một số loại nhiều hơn). Là một loại cây leo nên có rễ trên không, mọc từ dưới của thân cây, tạo thành chỗ bám cho cây leo lên tường, đá hoặc cây khác. Hoa có các cánh phía ngoài màu trắng, phía trong màu vàng, có mùi rất thơm, nở về đêm (khoảng 7h tối) và tàn vào ban ngày (hiện tượng rụng nụ). Đặc biệt cây thanh long có vòng chín ba lần. Từ xanh chuyển sang đỏ, từ đỏ sang xanh và từ xanh sang đỏ đậm. Đến lần chín thứ ba cũng là lần cuối cùng và là lần ngon nhất của trái thanh long.

Ở Việt Nam, khi Pháp xâm lược nước ta đã mang thanh long đến trồng ở các khu vực Nha Trang, Phan Thiết. Sau đó được một công ty ở Thành phố Hồ Chí Minh thu mua và xuất khẩu sản phẩm sang thị trường nước ngoài thì phong trào trồng cây thanh long được phát triển mạnh mẽ đặc biệt ở các vùng: Phan Thiết, Buôn Mê Thuật và các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long như: Tiền Giang (huyện Chợ Gạo), Long An (huyện Châu Thành) [2].



Hình 1: Thanh long và hình dạng bên trong của nó

Các thành phần chất dinh dưỡng của quả thanh long phụ thuộc vào các loại hạt giống khác nhau, chế độ chăm sóc, thời gian thu hoạch sản phẩm. Thành phần dinh dưỡng của quả thanh long có nhiều chất khoáng hơn ở các sản phẩm trái cây khác, có thể kể đến là sắt (Fe) và kali (K).

1.2 Jupyter Notebook là gì?

Jupyter là một thuật ngữ được ghép từ ba ngôn ngữ lập trình Julia, Python và R. Trước đây Jupyter Notebook có tên là IPython Notebook, đến năm 2014 tách ra khỏi IPython và đổi tên thành Jupyter Notebook.

Jupyter Notebook là một nền tảng tính toán khoa học mã nguồn mở, bạn có thể sử dụng để tạo và chia sẻ các tài liệu có chứa code trực tiếp, phương trình, trực quan hóa dữ liệu và văn bản tương thuật.

Jupyter Notebook được coi là môi trường điện toán tương tác đa ngôn ngữ, hỗ trợ hơn 40 ngôn ngữ lập trình cho người dùng.

Với Jupyter Notebook, người dùng có thể đưa dữ liệu, code, hình ảnh, công thức, video,... vào trong cùng một file, giúp cho việc trình bày trở nên dễ dàng hơn.

Jupyter Notebook được viết bằng các ngôn ngữ như Python, R và Julia, nền tảng này hiện đang được sử dụng rộng rãi. Bên cạnh đó, Jupyter còn tạo ra tài liệu, trực quan hóa dữ liệu và lưu trữ chúng một cách dễ dàng hơn rất nhiều.[3].

Bảng 1: Thành phần dinh dưỡng của thanh long [2]

Thành phần	Trung bình 100g ruột ăn được		
	<i>Hylocereus Undatus</i> (thanh long vỏ đỏ ruột trắng)	<i>Hylocereus Polyrhizu</i> (thanh long vỏ đỏ ruột đỏ)	<i>Selenicereus megalanthus</i> (thanh long vỏ vàng ruột trắng)
Nước (g)	89,4	82,5 - 83	85,4
Protein (g)	0,5	0,159 - 0,229	0,4

Chất béo (g)	0,1	0,21 - 0,61	0,1
Chất xơ (g)	0,3	0,7 – 0,9	0,5
Tro (g)	0,5	0,28	0,4
Calcium (g)	6	6,3 – 6,8	10
Phosphor (mg)	19	30,2 – 36,1	16
Sắt (mg)	0,4	0,55 – 0,65	0,3
Vitamin A (mg)	-	0,005 – 0,012	-
Vitamin B1 (mg)	-	0,028 – 0,043	-
Vitamin B2 (mg)	-	0,043 – 0,045	-
Vitamin B3 (mg)	0,2	1,297 – 1,3	0,2
Vitamin C (mg)	25	8 – 9	4
Độ Brix	11 - 19	-	-
pH	4,7 - 5,1	-	-

2 NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Nguyên liệu

Thanh long ruột đỏ là giống thanh long được trồng ở tỉnh Long An, thành phần dinh dưỡng của thanh long được thể hiện trong bảng 1, thanh long được cắt lát với chiều dày 5mm.

2.2 Phương pháp

Sử dụng phương pháp kế thừa và chọn lọc từ các nghiên cứu về sấy thanh long. Từ đó rút ra được các nhiệt độ và thời gian phù hợp để tiến hành thực nghiệm.

Hiện nay, tại khoa Công nghệ Nhiệt Lạnh Trường Đại học Công nghiệp TP. HCM có mô hình về máy sấy hồng ngoại. Mô hình máy sấy hồng ngoại tại khoa có công suất sấy là 10 kg/m², được sử dụng để sấy thực phẩm chủ yếu là các loại củ quả được lát mỏng. Máy sấy có kích thước tổng thể (DxRxH) là 800x800x1360 mm, trong buồng sấy gồm có 5 tầng bóng phát bức xạ hồng ngoại, với tổng số bóng là 20 bóng (4 bóng mỗi tầng) và có 4 khay đựng vật liệu với kích thước đường kính mỗi khay là 600mm.

Theo tài liệu [4] và [5], ta có:

- Tổng số bóng đèn được lắp đặt sẵn trong máy: 20 bóng
- Tổng công suất của 20 bóng đèn: $P = 20 \cdot 100 = 2000 \text{ W}$
- Tổng nhiệt lượng bóng đèn phát ra trong quá trình sấy: $Q = 45175,68 \text{ kJ}$.

Dựa trên các tài liệu mà nhóm đã tìm hiểu và tổng hợp được, nhóm đã tiến hành làm thực nghiệm theo các thông số đã cho, thí nghiệm cho quá trình sấy thanh long bằng phương pháp sấy hồng ngoại như sau:

- o Độ ẩm ban đầu của thanh long: $W_1 = 82,5\%$. [2]
- o Độ dày vật liệu sấy: 5mm [6].
- o Nhiệt độ của buồng sấy bức xạ hồng ngoại: $\theta = 55, 60, 65, 70, 75^\circ\text{C}$ [7], [8].
- o Cường độ bức xạ hồng ngoại trong quá trình sấy $= 6,40 \text{ kW/m}^2$ [9].
- o Độ ẩm sau: $W_2 < 18\%$ [8].

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mô tả thí nghiệm để thực hiện thí nghiệm cần nghiên cứu tiến hành khảo sát các yếu tố như sau:

- Xác định được độ ẩm ban đầu của thanh long.
- Xác định độ ẩm sau của thanh long.
- Xác định độ dày của thanh long khi sấy.
- Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy với sản phẩm sấy.
- Khảo sát ảnh hưởng của thời gian sấy với sản phẩm sấy.
- Phương pháp thí nghiệm sử dụng thanh long tươi có độ dày 5mm.

- Nhiệt độ cài đặt 55°C, 60°C, 65°C, 70°C và 75°C.
- Thời gian cài đặt 5 giờ, 6 giờ, 7 giờ, 8 giờ, 9 giờ và 10 giờ.

Trái thanh long sau khi được cắt vỏ và vệ sinh sạch sẽ để đảm bảo an toàn thực phẩm sẽ được cắt bằng một khuôn cắt với kích thước bằng nhau 5mm. Khi khuôn được dập xuống sản phẩm sẽ chia đều thành những miếng mỏng có độ dày bằng nhau và đạt yêu cầu về lát cắt và khối lượng.

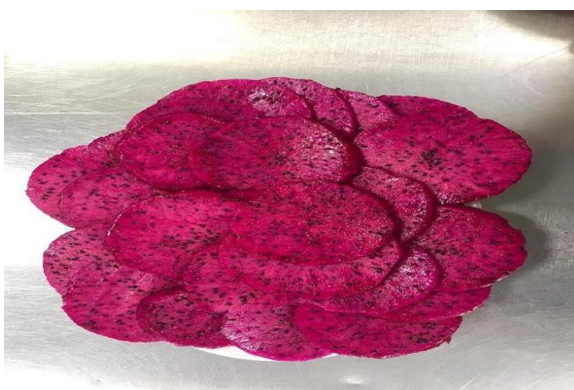
Các sản phẩm sau khi sấy đạt chất lượng sẽ được lấy ra cân khối lượng để kiểm tra chất lượng sản phẩm đầu ra đã đạt yêu cầu về chất lượng. Sản phẩm được cân bằng cân tiểu ly điện tử sai số rất thấp.

Thuật toán KNN không yêu cầu về số lượng các mẫu, càng nhiều mẫu sấy càng chính xác, tuy nhiên thời gian có hạn nên nhóm đã thực nghiệm và chọn lọc được 17 mẫu sấy.

Trong 17 mẫu sấy này, nhóm đã sấy được với các nhiệt độ là 75°C, 70°C, 65°C, 60°C và 55°C.

Bảng 2: Bảng số liệu sau khi sấy

STT	Thời gian (h)	Nhiệt độ (°C)	Khối lượng sau khi sấy (g)	Độ dày (mm)	Độ ẩm (%)	Điện tiêu hao (kWh)
1	8	75	447	5	15.33	12
2	7	75	460	5	15.96	11
3	6	75	484	5	16.13	10
4	9	70	430	5	14.33	12
5	8	70	450	5	15	11
6	7	70	500	5	16.67	10
7	6	70	515	5	17.17	9
8	5	70	530	5	17.67	8
9	10	65	480	5	15.09	13
10	9	65	507	5	15.62	12
11	8	65	525	5	16.11	9
12	9	60	455	5	15.17	12
13	8	60	465	5	15.5	11
14	7	60	500	5	16.67	9
15	10	55	460	5	15.33	10
16	9	55	471	5	15.74	11
17	8	55	491	5	16.36	9



Hình 2: Thanh long được cắt thành lát

Sau khi có được số liệu, áp dụng vào phần mềm Jupyter với code như sau:

```
IN [1]
import os >//khai báo thư viện.
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
import sklearn
IN [2]
base_dir = ''
```

```
dataset = pd.read_csv(os.path.join(base_dir, 'Book1.csv')) # Nhập dataset
X = dataset.iloc[:, [0,1]].values # Khai báo biến phụ thuộc
y = dataset.iloc[:, -1].values # Khai báo biến độc lập
```

IN [3]

```
dataset.head()
```

Xuất bảng với trang đầu in đậm

OUT[3]

	thoigian	nhietdo	doam	outcome
0	9	70	14.33	1
1	8	70	15.00	2
2	7	70	16.67	3
3	6	70	17.17	4
4	5	70	17.67	5

IN[4]

```
dataset.isnull().sum() # kiểm tra data có thiếu hay không
```

IN [5]

```
dataset.isnull().sum() # kiểm tra data có thiếu hay không (in tổng )
```

OUT[5]

```
thoigian 0
```

```
nhietdo 0
```

```
outcome 0
```

```
dtype: int64
```

IN[6]

```
thoigian = np.array([dataset.iloc[:, [0]].values])#gán thời gian cho cột đầu tiên csv
```

```
nhietdo = np.array([dataset.iloc[:, [1]].values])# gán nhiệt độ cho cột thứ 2 csv
```

```
plt.xlim = (55,75)#giới hạn trục tung của đồ thị
```

```
plt.ylim = (5,10) #giới hạn trục hoành của đồ thị
```

```
plt.scatter(thoigian,nhietdo) #chọn loại đồ thị
```

```
plt.title("Sơ đồ") #tên của đồ thị
```

```
plt.xlabel("Thời gian") #hiển thị trục X thời gian
```

```
plt.ylabel("Nhiệt độ") #hiển thị trục Y nhiệt độ
```

```
plt.show
```

Sơ đồ

IN[7]

```
dataset.describe() #in thông tin cơ bản của dataset
```

OUT[7]

thoigian	nhietdo	outcome	
count	16.000000	16.000000	16.000000
mean	8.000000	65.000000	8.500000
std	1.36626	6.831301	4.760952
min	5.000000	55.000000	1.000000
25%	7.000000	60.000000	4.750000

thoigian	nhietdo	outcome	
50%	8.00000	65.000000	8.500000
75%	9.00000	70.000000	12.250000
max	10.00000	75.000000	16.000000

IN[8]

```
from sklearn.model_selection import train_test_split
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size = 0.2, random_state = 0)
#thực hiện phân tách thử nghiệm ngẫu nhiên trên tập dữ liệu. cung cấp kích thước thử nghiệm là 0,20, có nghĩa là
mẫu đào tạo chứa 100 bộ đào tạo và mẫu thử nghiệm chứa 20 bộ kiểm tra.
```

IN[9]

```
from sklearn.preprocessing import StandardScaler #
sc = StandardScaler()
sc.fit(X)
standardized_data = sc.transform(X)
#print(standardized_data)
#print(X)
X_train = sc.fit_transform(X_train)
X_test = sc.transform(X_test)
#thực hiện tính năng mở rộng quy mô đối với tập huấn luyện và thử nghiệm của các biến độc lập để giảm
kích thước xuống các giá
```

IN[10]

```
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
classifier = KNeighborsClassifier(n_neighbors = 1, metric = 'minkowski', p = 1) #thực hiện k=1
classifier.fit(X_train, y_train) # tạo và đào tạo mô hình knn.
```

OUT[10]

KNeighborsClassifier(n_neighbors=1, p=1)

IN[11]

```
y_pred = classifier.predict(X_test) # dự đoán đầu ra cho bộ thử nghiệm
```

IN[12]

```
from sklearn.metrics import confusion_matrix, accuracy_score
cm = confusion_matrix(y_test, y_pred) # ma trận nhầm lẫn
ac = accuracy_score(y_test, y_pred) # độ chính xác mô hình
#đánh giá mô hình của mình bằng cách sử dụng ma trận nhầm lẫn và điểm độ chính xác bằng cách so sánh
các giá trị kiểm tra thực tế và dự đoán
```

IN[13]

```
input_data = (24,40) #nhập dữ liệu đầu vào
input_data_as_numpy_array = np.asarray(input_data) #chuyển dữ liệu thành mảng
input_data_reshaped = input_data_as_numpy_array.reshape(1,-1)
```

IN[14]

```
input_data = (24,40) #nhập dữ liệu đầu vào
input_data_as_numpy_array = np.asarray(input_data) #chuyển dữ liệu thành mảng
input_data_reshaped = input_data_as_numpy_array.reshape(1,-1)
```

IN[15]

```
std_data = sc.transform(input_data_reshaped) #chuyển dữ liệu thành số trong sơ đồ
```

IN[16]

```
prediction = classifier.predict(std_data) #dự đoán dữ liệu
a = (int(prediction)-1)
```

IN[17]

```
print("Thời gian thích hợp là: ",dataset.loc[a,"thoigian"],"Giờ")
print("Nhiệt độ thích hợp là: ",dataset.loc[a,"nhietdo"],"độ C")
#print("Độ ẩm thích hợp là: ",dataset.loc[a,"doam"],"%")
```

#KẾT QUẢ

Kết quả đạt được:

Mẫu có thời gian sấy là 10 giờ.

Nhiệt độ sấy là 55°C

So sánh mẫu đối chứng (sấy đối lưu) và mẫu thực nghiệm (sấy hồng ngoại).

Mẫu đối chứng (sấy đối lưu)

Mẫu đối lưu được sấy ở nhiệt độ 40°C với thời gian sấy là 24 giờ.

Bảng 3: Thành phần dinh dưỡng của mẫu đối chứng

	<i>Thanh long khô (mg/100g)</i>	<i>Thanh long tươi (mg/100g)</i>
Vitamin C	7.94	8.5
Photpho	135	33.15

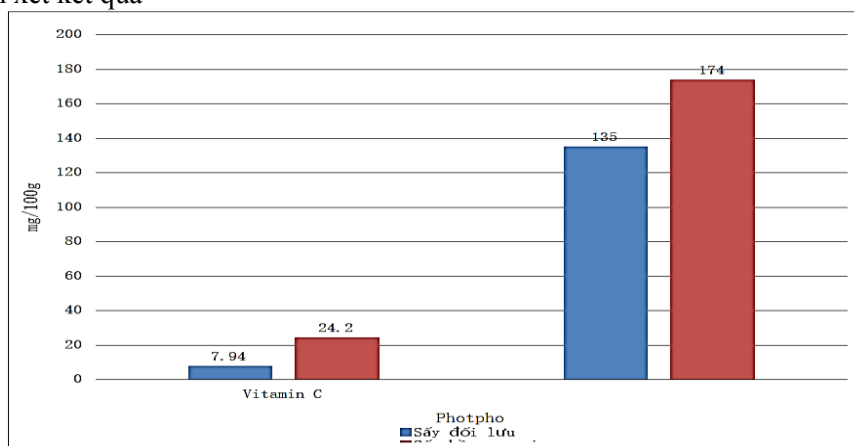
Mẫu thực nghiệm (sấy hồng ngoại)

Thời gian sấy 10 giờ với nhiệt độ sấy 55°C.

Bảng 4: Thành phần dinh dưỡng của mẫu sấy thực nghiệm

	<i>Thanh long khô (mg/100g)</i>	<i>Thanh long tươi (mg/100g)</i>
Vitamin C	24.2	8.5
Photpho	174	33.15

So sánh và nhận xét kết quả



Hình 3: Biểu đồ so sánh hàm lượng dinh dưỡng vitamin C và photpho

Nhận xét:

- Từ đồ thị trên, ta thấy được rằng phương pháp sấy hồng ngoại có lượng chất dinh dưỡng giảm khá ít so với phương pháp sấy đối lưu.
- Quá trình trao đổi nhiệt của sản phẩm thực hiện với cường độ cao, sản phẩm sấy khô thời gian nhanh so với các sản phẩm sấy khô công nghệ khác như máy sấy đối với máy sấy.
- Phương pháp sấy hồng ngoại hoàn toàn không gây nguy hiểm, dễ sử dụng và nhiệt độ cao khi sử dụng hiệu quả. Ngoài hồng xạ xạ có khả năng diệt trùng côn trùng, vi sinh vật có hại cả ở nhiệt độ thấp, đây là điểm vượt trội so với các máy sấy khác.
- Sản phẩm sấy có màu sắc ít thay đổi, dẻo, không cứng, mùi thơm tự nhiên, thỏa mãn sự cảm nhận của người dùng.
- Các thành phần dinh dưỡng ít bị phá hủy.

• Công nghệ sấy bức xạ hồng ngoại là phương pháp làm khô vật liệu bằng cách sử dụng nhiệt phát ra từ tia hồng ngoại để bay hơi nước trong sản phẩm sấy, hồng ngoại tia hồng ngoại thường xuyên qua các sản phẩm để bảo quản. lại hàm lượng chất dinh dưỡng cao đồng thời làm giảm thời gian sấy khô đáng kể so với quy định máy sấy.

4 KẾT LUẬN

Sau khi chạy phần mềm Jupyter cho ra mẫu sấy ở có nhiệt độ 55°C và thời gian 10 giờ có màu sắc độ dẻo tương tự như các sản phẩm trên thị trường. Ngoài ra, mẫu sấy hồng ngoại có thành phần chất dinh dưỡng Photpho và Vitamin C cao hơn mẫu sấy đối chứng (sấy đối lưu) nhiều được so sánh ở hình 3. Sau khi tính toán chi phí, có thể áp dụng thời gian và nhiệt độ sấy này vào thực tế để có thể đưa ra sản phẩm giữ được màu sắc, mùi vị, giá cả hợp lý cho người sản xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hệ thống sấy hồng ngoại DSHN-01 do nhóm nghiên cứu của *Thầy Nguyễn Tấn Dũng, thầy Lê Thanh Phong, KS. Nguyễn Phương & KS. Nguyễn Ngọc Cảnh (K2008)* thiết kế, chế tạo vào năm 2012.
- [2] *Cây Thanh Long*” của tác giả TS. Nguyễn Văn Kế, NXB NN TP HCM, năm 2003.
- [3] Stacey N. Reinke & Kevin M. Mendez, Toward collaborative open data science in metabolomics using Jupyter Notebooks and cloud computing.
- [4] Nguyễn Văn Sang, Phan Trung Tấn, Tống Hoàng Giang, Đồ án Thiết kế và chế tạo máy sấy mít theo phương pháp hồng ngoại, năng suất 10kg/mê, Trường Đại học Công nghiệp TpHCM, 2017.
- [5] Nguyễn Hoàng Sơn, Đặng Minh Tâm, Văn Minh Thiện, Chế Minh Phước, Trần Đăng Gia Linh, Đồ án Chế tạo bộ điều khiển nhiệt độ cho máy sấy hồng ngoại bằng mạch arduino, Trường Đại học Công nghiệp TpHCM, 2019
- [6] Mali Sarobol et al 2018 J. Phys.: Conf. Ser, Investigation Effective Moisture Diffusivity and Activation Energy on Convective Hot Air Drying Assisted Extraction of Dragon Fruit Slices.
- [7] G.V.S. Bhagya Raj a, Kshirod K. Dash, *Sấy khô chân không bằng vi sóng đối với lát thanh long: Mô hình mạng nơ ron nhân tạo, tối ưu hóa thuật toán di truyền và nghiên cứu động học*, 2020.
- [8] Chu Wenjing Sheng Danmei Zhang Nan Yu Yan Zhang Feng Ye Shuangshuan, *Mô hình động học sấy khô bằng không khí nóng và sự thay đổi chất lượng của quả thanh long đỏ*, 2020.
- [9] Trần Văn Phú, Kỹ thuật sấy, NXB Giáo dục, năm 2003.

YSC5.F215

ỨNG DỤNG MATLAB GUI TÍNH TOÁN KẾT CẤU HỘP SỐ THƯỜNG Ô TÔ

HOÀNG NGỌC DƯƠNG¹, NGUYỄN XUÂN NGỌC^{1*}, BÙI MINH NHẬT¹, TRẦN THANH TÂM²

¹Khoa Công nghệ Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

²Khoa Điện – Điện tử, Trường Cao đẳng Công nghệ Thủ Đức

*nguyensexuanngoc@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Ngày nay, việc ứng dụng các phần mềm để tính toán thiết kế các hệ thống, các cụm chi tiết hoặc các sản phẩm có kết cấu phức tạp trong lĩnh vực ô tô là rất cần thiết. Vì vậy, nghiên cứu này trình bày cách thức xây dựng chương trình tính toán bằng ứng dụng mô đun GUI trong Matlab Simulink đối với hộp số cơ khí có cấp số từ 3 đến 6 áp dụng đối với xe có cầu sau hoặc cầu trước chủ động. Đầu tiên, xây dựng các phương trình tính toán, sau đó viết các dòng lệnh của phương trình bằng Matlab GUI, cuối cùng là nhập các số liệu cơ bản và chạy chương trình. Kết quả tính toán bằng chương trình so với số liệu thực tế từ nhà sản xuất chênh lệch sai số nhỏ hơn 1%. Sản phẩm nghiên cứu được sử dụng làm nguồn dữ liệu cho việc tính toán chế tạo các sản phẩm hộp số cơ khí và làm nền tảng áp dụng cho các hệ thống khác trên ô tô.

Từ khóa. Matlab GUI, Hộp số thường, Chương trình tính toán, Kết cấu ô tô, Matlab Simulink.

MATLAB GUI APPLICATION CALCULATION OF MANUAL TRANSMISSION STRUCTURAL OF VEHICLE

Abstract. Nowadays, the application of software to calculated and designed systems, detailed assemblies or products with complex structures in the automotive field is very necessary. Therefore, this study presented how to build a calculation program by the GUI module application in Matlab Simulink for the manual transmission with gears from 3 to 6 applied to vehicles with the drive rear or front axles. First the research built the calculation equations, then wrote the command lines of the equations using Matlab GUI, finally entered the basic figures and run the program. The results calculated by the program compared with the actual data from the manufacturer, the error difference is less than 1%. Research products are used as a data source for calculating and manufacturing mechanical transmission products and as a basis for application to other systems in automobiles.

Keywords. Matlab GUI, Manual transmission, Calculation program, Automotive structure, Matlab Simulink.

1 GIỚI THIỆU

Hộp số là chi tiết quan trọng trong hệ thống truyền lực. Nó là bộ phận chính để thay đổi momen xoắn, tốc độ vận hành trên đường để phù hợp nhiều điều kiện đường và tải trọng khác nhau (đường bằng, đường dốc, ...). Vì thế tính toán thiết kế cần phải chính xác, kỹ lưỡng, đảm bảo độ bền, ổn định khi làm việc đồng thời đảm bảo kết cấu đơn giản dễ bảo dưỡng, sửa chữa và rất nhiều các tiêu chí khác. Hiện nay có rất nhiều nghiên cứu vẫn còn tập trung vào việc tính toán kết cấu hộp số nhằm đem lại hiệu quả cao cho ô tô trong quá trình chuyển động. Điển hình như trong nghiên cứu [1] trình bày tất cả các hệ số và công thức cần thiết, đồng thời giải thích cận kẽ ảnh hưởng của chúng đối với các tính năng cụ thể của phương tiện, có liên quan mật thiết đến khả năng khai thác dự kiến của nó, các công thức này là kết quả của cả hai mối quan hệ vật lý và phân tích được thực hiện về động lực học của xe, tiết kiệm nhiên liệu, công thái học và đặc điểm đường xá, đặc biệt nhấn mạnh vào một phương pháp mới về khoảng cách giữa các bánh răng, cho phép điều chỉnh các bánh răng trung gian một cách đơn giản và chính xác. Để đánh giá định lượng tính năng động và tiết kiệm nhiên liệu của một công trình cụ thể, các công thức về đặc tính công suất bướm ga đây

đủ và đặc tính tiêu thụ nhiên liệu cụ thể được cung cấp. Bên cạnh đó, phương pháp Mạng Nhiệt (TNM) của chương trình tính toán WTplus trong [2] đã được mở rộng để tính toán nhiệt độ các bộ phận trong hộp số đối với các điều kiện hoạt động nhất thời, TNM xem xét khối lượng thành phần và công suất nhiệt cụ thể của từng nút mô hình hóa cấu trúc hộp số, điều này cho phép thuật toán tính toán một hệ phương trình vi phân tương ứng và do đó xác định sự thay đổi nhiệt độ theo thời gian, WTplus có thể được sử dụng để xác định nhiệt độ các bộ phận quan trọng của hộp số trong các chu kỳ tải. Các tác giả [3] thiết lập mô hình ba chiều của hộp số bằng phần mềm Creo, với tải trọng truyền khi máy kéo làm việc bình thường, theo tỷ số truyền của từng bánh răng ăn khớp bên trong hộp số, hai điều kiện chuyên số được chọn: điều kiện số một và điều kiện số lùi, sau đó phân tích phần tử hữu hạn bằng ANSYS Workbench cho thấy trọng lượng của hộp được tối ưu hóa giảm 8,44%, biến dạng giảm 15,89% và ứng suất tương đương giảm 18,34%, độ cứng của hộp được cải thiện, chất lượng nhẹ, giảm lãng phí tài nguyên, hiệu suất tản nhiệt và khả năng chống gãy của hộp được tăng cường. Ngoài ra bài báo [4] phân tích tác động của việc thay đổi giá trị bước số và tỷ số truyền trung gian đối với mức tiêu thụ nhiên liệu của xe khách khi xem xét hai tình huống lái xe khác nhau, một mô hình toán học đã được phát triển bằng phần mềm MATLAB và thay đổi giá trị tỷ số truyền của bánh răng trung gian, sử dụng vận tốc và gia tốc của xe làm đầu vào mô hình, tốc độ và mô-men xoắn của động cơ được tính toán để thu được các giá trị tiêu thụ nhiên liệu phanh cụ thể cho từng bánh răng trung gian, thông qua tối ưu hóa, sẽ thu được các hộp số cung cấp mức tiêu thụ nhiên liệu thấp nhất cho từng tình huống lái xe. Việc tối ưu hộp số còn được đề cập trong [5] khi nghiên cứu này nhằm mục đích tối ưu hóa tỷ số truyền cho hộp số cơ khí của một phương tiện thông thường để nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu và giảm lượng khí thải, sử dụng phần mềm Simulink-Matlab, phương pháp Simplex và các hàm thuật toán để phân tích, tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu của xe thông thường trong các chu trình lái xe chuẩn hóa, giải bài toán tối ưu, kiểm tra, so sánh với các thông số ban đầu và tiêu chí kết thúc khác. Từ các công trình nghiên cứu trên cho thấy hiện nay vẫn còn rất nhiều nghiên cứu quan tâm đến việc cải thiện hộp số cơ khí nhằm giảm tiêu hao nhiên liệu. Tuy nhiên việc xác định các thông số cơ bản ban đầu của hộp số như tỷ số truyền, số bánh răng vẫn còn rất ít nghiên cứu. Vì vậy trong bài báo này đã trình bày chương trình tính toán tỷ số truyền hộp số 5 cấp cho xe du lịch bằng mô đun GUI của Matlab Simulink.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đầu tiên xác định các thông số cơ bản của hộp số, giá trị tỷ số truyền lực chính i_0 cùng với tỷ số truyền cao nhất của hộp số i_{hn} được xác định theo tốc độ cực đại của xe v_{max} [6] được trình bày trong công thức (1):

$$i_0 = \frac{\pi \cdot r_{bx} \cdot n_N \cdot \lambda}{30 \cdot i_{hn} \cdot i_p \cdot v_{max}} \quad (1)$$

Trong đó: i_0 – Tỷ số truyền lực chính;
 r_{bx} – Bán kính bánh xe;
 n_N – Số vòng quay động cơ tại công suất cực đại;
 λ – Hệ số tỷ lệ số vòng quay;
 i_{hn} – Tỷ số truyền cao nhất của hộp số ứng với số cấp n ;
 i_p – Tỷ số truyền hộp số phụ (nếu có);
 v_{max} – Vận tốc cực đại của xe.

Sau khi tính toán xác định được tỷ số truyền lực chính, tiếp đến phải xác định được tỷ số truyền lớn nhất của hộp số, cụ thể là số 1, với điều kiện tỷ số truyền số 1 i_{h1} phải thỏa điều kiện được đề cập trong tài liệu nghiên cứu [7] được thể hiện qua phương trình (2) như sau:

$$\frac{G \cdot r_{bx} \cdot \Psi_{max}}{M_{emax} \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{tl}} \leq i_{h1} \leq \frac{G \cdot r_{bx} \cdot \varphi}{M_{emax} \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{tl}} \quad (2)$$

Với: G – Trọng lượng toàn bộ của xe
 Ψ_{max} – Hệ số cản chuyển động lớn nhất
 φ – Hệ số bám đường
 M_{emax} – Mô men cực đại của động cơ
 η_{tl} – Hiệu suất của hệ thống truyền lực

Và dựa trên i_{h1} để tính công bội của hộp số tùy theo loại xe tải, buýt (φ_T , công thức (3)), xe du lịch (φ_s , công thức (5)) và cuối cùng là tính tỷ số truyền của từng tay số hộp số (công thức (4,6)) [8] như sau:

$$\varphi_T = n^{-1} \sqrt{\frac{i_{h1}}{i_{hn}}} \quad (3)$$

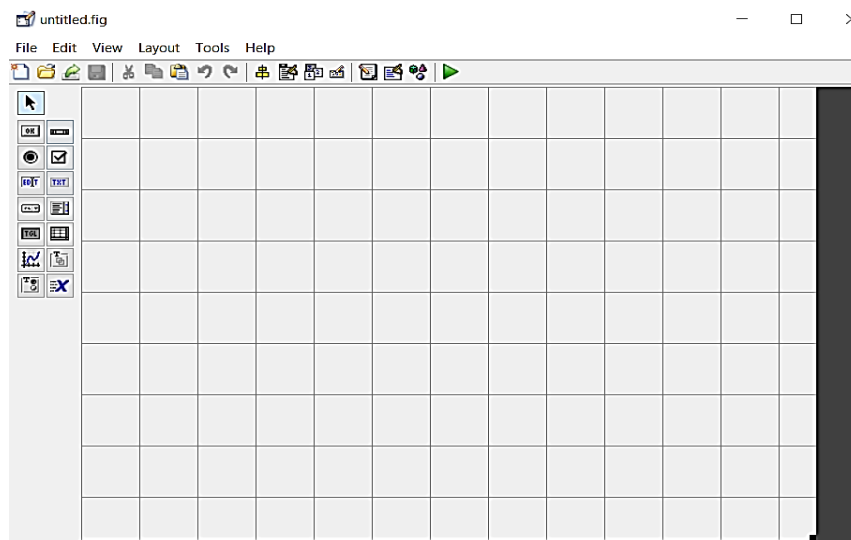
$$i_{Thm} = i_{hn} \varphi_T^{n-1} \quad (4)$$

$$\varphi_S = n^{-1} \sqrt{\frac{1}{\varphi_F^{0.5(n-1)(n-2)}} \frac{i_{h1}}{i_{hn}}} \quad (5)$$

$$i_{Shm} = i_{hn} \varphi_S^{n-1} \varphi_F^{0.5(n-1)(n-2)} \quad (6)$$

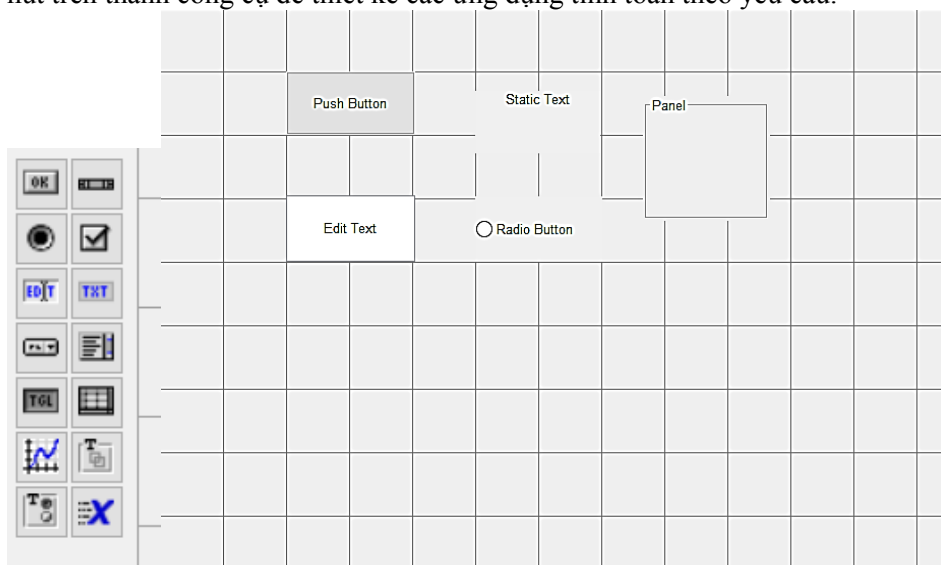
Với: i_{Thm} , i_{Shm} – Tỷ số truyền trung gian cần tính tương ứng với xe tải và xe du lịch; n – Cấp số; φ_F – Yếu tố cấp số điều hòa được chọn.

Để tạo một giao diện tính toán cho người dùng dễ dàng và nhanh chóng, nghiên cứu phải chuyển đổi tất cả các công thức tính toán cơ bản thành những câu lệnh, sau đó đưa vào ứng dụng Matlab GUI để tạo nên chương trình tính toán. Khởi tạo giao diện Matlab GUI như sau:



Hình 1: Giao diện ban đầu của Matlab GUI

Sử dụng các nút trên thanh công cụ để thiết kế các ứng dụng tính toán theo yêu cầu.



Hình 2: Các nút chức năng của GUI

Sau cùng là đưa vào các công thức tính toán ở trên vào Matlab viết dưới dạng câu lệnh.

```
a=get(handles.edit2,'string')%momen cuc dai
a=str2num(a);
b=get(handles.edit3,'string');%he so du tru ly hop
b=str2num(b);
c=get(handles.edit4,'string');%ap suat cho phép
c=str2num(c);
d=get(handles.edit5,'string');%so luong doi be mat ma sat
d=str2num(d);
e=get(handles.edit6,'string');%he so ma sat
e=str2num(e);
```

Hình 3: Các câu lệnh liên kết các nút ứng dụng trong GUI

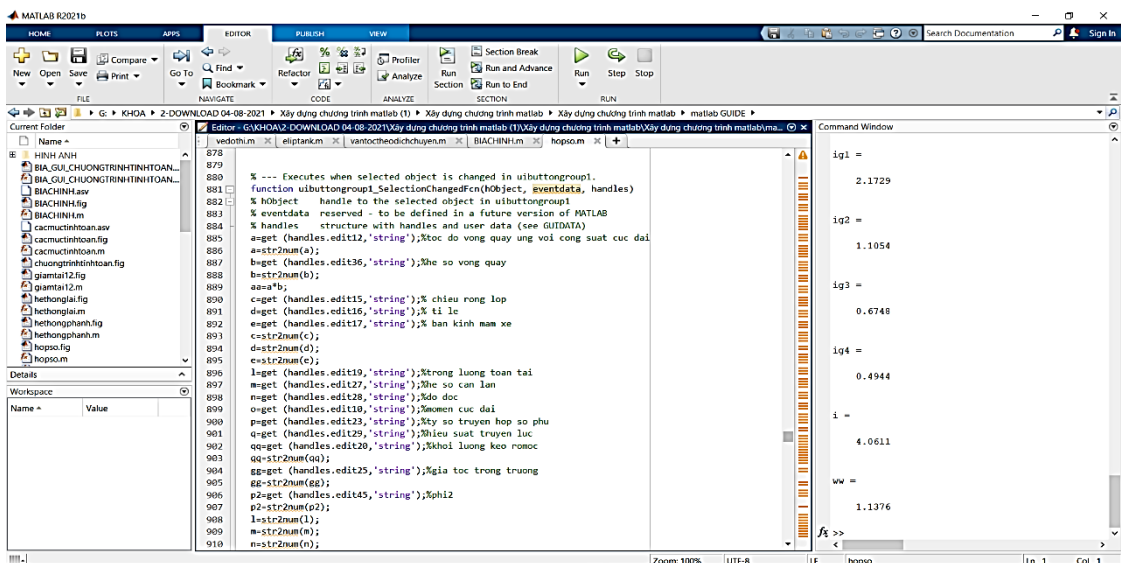
3 KẾT QUẢ

Để xây dựng chương trình tính toán tỷ số truyền của hộp số cơ khí thì nghiên cứu đã lựa chọn dòng xe du lịch KIA để thu thập giá trị các thông số đầu vào và đưa các giá trị này vào mô đun GUI của Matlab Simulink, sau đó xác định các thông số đầu ra phù hợp với nội dung nghiên cứu, các giá trị này được thể hiện trong bảng 1:

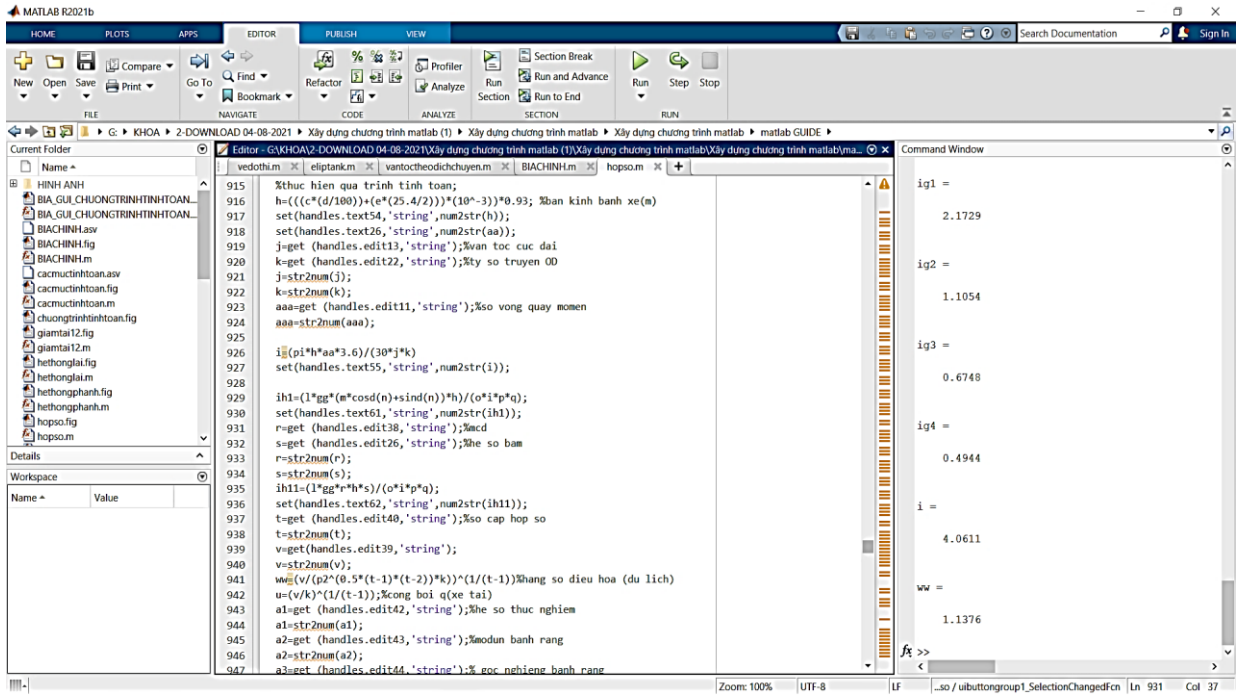
Bảng 1: Ký hiệu và giá trị các đại lượng của xe cần tính toán

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Công suất hữu ích cực đại	Nemax	85.8	HP
Số vòng quay động cơ tại công suất cực đại	n_N	6000	vòng/phút
Mô men quay cực đại	Memax	122	Nm
Tốc độ vòng quay động cơ tại mô men cực đại	n_M	4000	vòng/phút
Vận tốc cực đại	V_{max}	240	Km/h
Thông số	Lớp xe	175/50R15	
Khối lượng toàn tải	mtt	1370	Kg
Hệ số tỷ lệ vòng quay	λ	1.2	
Hệ số bám	φ	0.7	
Hệ số cản tổng cộng	Ψ_{max}	0.2	
Gia tốc trọng trường	g	9.81	m/s ²

Các công thức tính toán sau khi được đưa vào Matlab GUI sẽ được hiển thị trong phần soạn thảo của Matlab để người dùng có thể điều chỉnh hoặc cài đặt các liên kết hàm số với nhau.

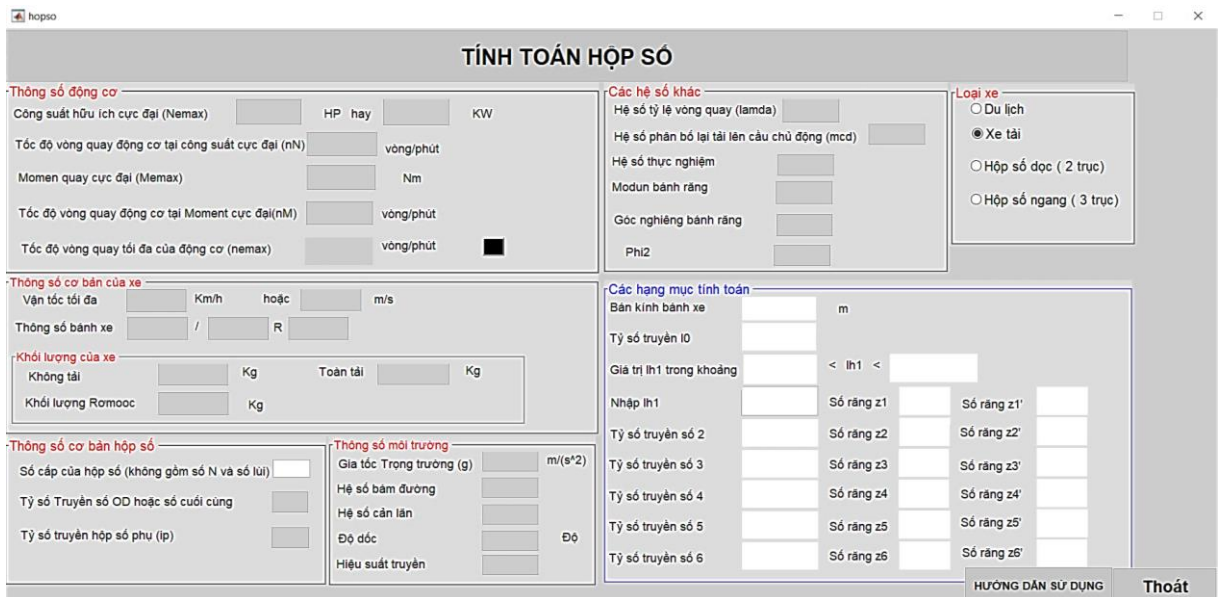


Hình 4: Hàm liên kết giữa các ô chức năng



Hình 5: Các hàm tính toán được hiển thị trong phần soạn thảo Matlab

Chương trình sau khi được thiết lập sẽ hiển thị ra màn hình tính toán chính để chọn loại xe và sự dẫn động của xe đó.

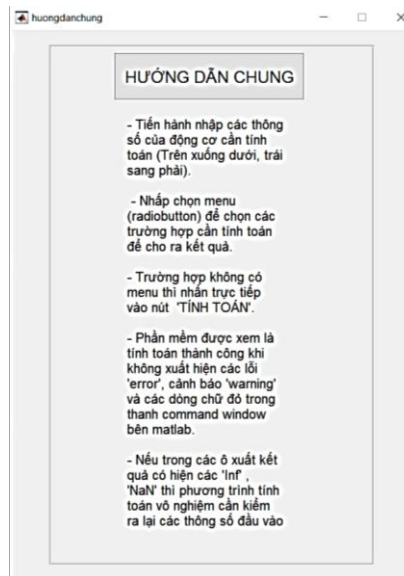


Hình 6: Màn hình tính toán chính

Nhập các thông số tính toán vào chương trình rồi chạy chương trình sẽ hiển thị kết quả tính toán như sau:

Hình 7: Màn hình hiển thị kết quả tính toán

Ngoài ra để thuận tiện cho người dùng thì chương trình cũng đính kèm thêm phần hướng dẫn sử dụng bằng tiếng Việt.



Hình 8: Màn hình hướng dẫn sử dụng

So sánh kết quả tính toán bằng chương trình với kết quả thực tế của hãng xe KIA đưa ra như sau:

Bảng 2: Bảng so sánh kết quả tính toán của chương trình và kết quả của hãng KIA

Thông số tính toán	Kết quả tính toán	Kết quả thực tế
i_{h0}	4.0611	4.06
i_{h1}	3.6	3.545
i_{h2}	1.877	1.894
i_{h3}	1.1365	1.192
i_{h4}	0.825	0.853
i_{h5}	0.72	0.719

Kết quả so sánh cho thấy các giá trị của chương trình và thực tế của hãng giống nhau hơn 99% chỉ sai số ở phần số thập (phần bù) thứ 2 trở đi. Do đó độ chính xác của chương trình vẫn đảm bảo khả năng tính toán gần như thực tế.

4 KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này đã xây dựng được chương trình tính toán tỷ số truyền của hộp số cơ khí bằng ứng dụng Matlab GUI, chương trình này còn tính toán được nhiều loại xe và kiểu dẫn động khác nhau. Ngoài ra, phần GUI này có thể tính đến hộp số 6 cấp với độ chính xác hơn 99%. Kết quả này có thể ứng dụng thực tế trong việc tính toán thiết kế hộp số cơ khí của ô tô và cũng được áp dụng làm kiến thức cơ sở để phát triển tính toán các nội dung khác của xe.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Piotr Bera, A design method of selecting gear ratios in manual transmissions of modern passenger cars, *Mechanism and Machine Theory*, Vol. 132, pp. 133-153, 2019.
- [2] Constantin Paschold, Martin Sedlmair, Thomas Lohner & Karsten Stahl, Calculating component temperatures in gearboxes for transient operation conditions, *Forsch Ingenieurwes*, vol. 86, 521–534, 2022.
- [3] Sihui Dong, Shiqun Li, Shenghui Fu & Kang Wang, Finite element analysis and optimization of tractor gearbox body under various kinds of working conditions, *Scientific Reports*, vol. 12, 17386, 2022.
- [4] Lucas Vianna Gama, Rogério Felipe Alberto Souza, Vinicius Ribeiro Cavaleiro De Macedo, Elias Dias Rossi Lopes, Gustavo Simão Rodrigues, The influence of gear step selection on a passenger car fuel consumption, *SAE Technical Paper*, 2022-36-0046, 2023.
- [5] Pham Quoc Thai, Huynh Duc Tri, Nguyen Thi Hai Van, Optimization of the gear ratios for a vehicle manual transmission, *2020 Applying New Technology in Green Buildings (ATiGB)*, pp. 158-165, 2021.
- [6] Hicri Yavuz, Hüseyin Bayrakçeken and Faruk Emre Aysal, Comparison of Ideal Traction Hyperbola Curves with Matlab-Simulink in Vehicles, *International Journal of Automotive Science And Technology*, vol. 4, no. 4, pp. 244-247, 2020.
- [7] Alexei Morozov, Kieran Humphries, Ting Zou and Jorge Angeles, Performance evaluation criteria for the analysis of class-4 electric truck, *Proceedings of The Canadian Society for Mechanical Engineering International Congress*, 2016.
- [8] Harald Naunheimer, Bernd Bertsche, Joachim Ryborz and Wolfgang Novak, *Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application*, Springer, 2011.
- [9] A. I. Gómez-Varela and Carmen Bao, MATLAB GUI (Graphical User Interface) for the design of GRIN components for optical systems as an educational tool, *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* 9289, 2013.

YSC5.F216

NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN TỈ SỐ TRUYỀN CỦA HỘP SỐ THƯỜNG Ô TÔ

VÕ LÂM KIM THANH¹, NGUYỄN XUÂN NGỌC^{1*}, NGUYỄN TUẤN VŨ¹, TRẦN THANH TÂM²

¹Khoa Công nghệ Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

²Khoa Điện – Điện tử, Trường Cao đẳng Công nghệ Thủ Đức;

*nguyensexuanngoc@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Để tránh hệ thống truyền lực bị hư hỏng, việc thay đổi lực kéo của xe ô tô cho phù hợp với điều kiện hoạt động là nhiệm vụ quan trọng của hộp số ô tô. Trong nghiên cứu này, đầu tiên từ thông số cơ bản của động cơ nhóm tiến hành tính toán các tỷ số truyền tương ứng cho hộp số. Tiếp đến xác định được lực kéo tương ứng của hộp số bằng phần mềm Matlab Simulink. Trên cơ sở đó nhóm xây dựng được đường cong lực kéo tương thích với đường cong lực kéo lý tưởng Hyperbola. Kết quả cho thấy đường cong lực kéo thiết kế tương thích 100% với đường cong lý tưởng Hyperbola. Nghiên cứu này góp phần các nhà máy sản xuất ô tô thiết kế và chế tạo chính xác tỷ số truyền hộp số cơ khí trên ô tô.

Từ khóa. Hộp số cơ khí, Matlab Simulink, Hyperbola, Lực kéo lý tưởng, Tỷ số truyền, Hộp số thường.

RESEARCH ON CALCULATING THE GEAR RATIO OF THE VEHICLE MANUAL TRANSMISSION

Abstract. In order to avoid damage to the powertrain, changing the traction of the vehicle to suit the operating conditions is an important task of the manual transmission. In this study, first from the basic parameters of the engine, the author calculates the corresponding gear ratios for the mechanical gearbox. Next, the paper determines the corresponding traction force of the gearbox using Matlab Simulink software. On that basis, the team built a traction curve compatible with the ideal Hyperbola traction curve. The results show that the design traction curve is 100% compatible with the Hyperbola ideal curve. This research contributes to the automobile factories to design and manufacture the correct gear ratios of manual transmission in automobiles.

Keywords. Mechanical gearbox, Matlab Simulink, Hyperbola, Ideal traction, Gear ratio, Manual transmission.

1 GIỚI THIỆU

Hộp số là một trong những thành phần quan trọng nhất của một chiếc ô tô và đóng vai trò quan trọng trong việc truyền động từ động cơ đến bánh xe. Chức năng của hộp số là làm thay đổi tỷ số truyền nhằm thay đổi moment xoắn ở các bánh xe và chuyển đổi động cơ quay sang lực kéo để đưa xe di chuyển. Vì vậy, lực kéo là một yếu tố quan trọng trong hiệu suất và an toàn của ô tô, và việc nghiên cứu lực kéo của hộp số cơ khí sẽ giúp cho các nhà thiết kế ô tô hiểu rõ hơn về đường cong lực kéo của hộp số cơ khí và cách mà hộp số ảnh hưởng đến lực kéo và hiệu suất của xe cũng như giúp cho việc thiết kế và sản xuất hộp số cơ khí được tối ưu hóa, nâng cao hiệu suất và tuổi thọ của hộp số.

Hiện nay, có nhiều công trình nghiên cứu về hộp số cơ khí đã được công bố, theo kết quả nghiên cứu [1] mang đến những thông tin cơ bản của hộp số ô tô cũng như quy luật điều khiển và trạng thái chuyển số,... nhằm đưa ra các phương pháp điều khiển tối ưu quá trình chuyển số, tính động lực học và giảm chi phí nhiên liệu. Trong bài nghiên cứu của các tác giả trong [2] tập trung vào việc xây dựng một hộp số cơ khí có hệ thống truyền động có thể tạo ra moment xoắn và công suất cần thiết do động cơ tạo ra để giúp xe hoạt động theo đúng yêu cầu và mục đích của người điều khiển. Nghiên cứu hướng đến việc đơn giản hóa về mặt kinh tế việc thiết kế một hệ thống truyền động mà không ảnh hưởng đến các tiêu chuẩn an toàn và hiệu

suất. Nghiên cứu bao gồm lựa chọn vật liệu, thiết kế mô hình hộp số, chế tạo hộp số, phân tích phần tử hữu hạn và kiểm tra mô phỏng để diễn tả, mô phỏng trạng thái làm việc của các phần tử cũng như các đặc tính động học như lực kéo, hiệu suất, vận tốc,... trong hộp số cơ khí trên xe ô tô. Trong nghiên cứu [3] đã chỉ ra bộ truyền động là một trong những bộ truyền lực có ảnh hưởng rất lớn đến các tính năng động học như lực kéo, công suất hoạt động của xe. Dựa trên kết quả khảo sát tài liệu và thiết kế đã đưa ra thiết kế tối ưu với mục đích là để tối ưu lực kéo và các tính năng động học cũng như tiết kiệm nhiên liệu tiêu thụ. Bên cạnh đó, cũng có nhiều nghiên cứu về lực kéo của xe, điển hình như trong bài báo [4] nghiên cứu đường cong lực kéo cho phép phân tích chi tiết ảnh hưởng của tỉ số truyền đến tốc độ tối đa của xe, đồ thị thể hiện đặc tính động học của xe cũng như tính toán thời gian tăng tốc, ví dụ từ 0 đến 100 km/h hoặc từ 70 đến 120 km/h. Các tác giả trong [5] cho thấy rằng tốc độ xe và lực kéo của hai phương tiện 12 cấp số khác nhau có cùng đặc điểm động cơ được tính toán bằng phần mềm Matlab Simulink. Theo kết quả thu được, các đường cong lực kéo dựa trên tốc độ xe được ước tính và các đường cong hypebol lực kéo lí tưởng được hình thành. So sánh các đường cong lực kéo lí tưởng cho cả hai loại hộp số nhằm thấy các đường cong có cấu trúc tương tự nhau. Với kết quả bài báo [6] các tác giả sử dụng các tham số mô hình hóa để mô phỏng các đặc điểm nổi bật như cấu hình giới hạn tốc độ hoặc lực kéo tối đa so với đường cong lực kéo mẫu. Các tác giả của nghiên cứu [7] trình bày phương pháp tính toán lực kéo và tải trọng ảnh hưởng đến sức kéo của xe phụ thuộc vào các thông số như trọng lượng của xe, vận tốc của xe và các đặc tính liên quan khác. Theo nghiên cứu [8] chỉ ra những lợi ích của đường cong lực kéo trong phân tích hộp số và một ví dụ đã được thực hiện. Dựa trên các tài liệu, các tác giả có thể xác định gần đúng các điểm chuyển số và tốc độ tối đa đạt được trong một tỉ lệ nhất định. Những thông tin này cho phép thiết lập một nhóm các đường cong lực kéo, cũng như một số biểu đồ tốc độ đường – vòng tua máy. Nhờ đó thể thu được một lượng dữ liệu khổng lồ, không chỉ liên quan đến hộp số, khi so sánh kết quả và sử dụng chúng để tối ưu hóa sức mạnh của động cơ. Với [9] thì kết quả các tác giả cho thấy hộp số còn nhiều nhược điểm, và chỉ ra các đường cong lực kéo với tỉ số truyền phù hợp có thể cung cấp nhiều thông tin về mức độ phù hợp của các tỉ lệ với các đặc tính của động cơ, ước tính ứng suất ở mỗi số và tốc độ tối đa mà xe có thể đạt được ở mỗi số. Đối với các tác giả trong [10] cho thấy được kết quả các đường cong lực kéo của các loại hộp số, và chỉ ra các vùng lực kéo tối đa tại bánh xe dựa trên công suất có thể cung cấp cho động cơ.

Đa số các công trình nghiên cứu về lực kéo của hộp số rất được quan tâm trên thị trường thế giới nhưng tại Việt Nam thì chủ đề này vẫn chưa được các nhà khoa học chú ý nhiều và rộng rãi. Vì vậy, trong bài báo này sẽ dùng phương pháp phần tử hữu hạn bằng phần mềm Matlab để đưa ra sự so sánh về đường cong lực kéo của hộp số K50 so với đường cong lực kéo lí tưởng. Bên cạnh đó kết quả nghiên cứu sẽ trở thành một nguồn tài liệu sử dụng để tham khảo, sửa chữa cũng như mang đến một mô hình thực tế phục vụ cho việc nâng cao chất lượng giảng dạy và học tập ở các trường đại học, cao đẳng, các đơn vị đào tạo liên quan,... nói riêng và ngành công nghiệp ô tô nói chung.

2 TÍNH TOÁN TỶ SỐ TRUYỀN HỘP SỐ

Tỷ số truyền hộp số cần tính toán dựa trên động cơ xe du lịch sử dụng hộp số cơ khí 5 cấp dẫn động cầu sau. Vì vậy khi tính toán cần xác định giá trị của tỷ số truyền lực chính [5] hệ thống bằng công thức (1):

$$i_M = \frac{\pi \cdot r_b \cdot n_N \cdot \lambda}{30 \cdot i_n \cdot i_p \cdot V_{\max}} \quad (1)$$

Bán kính tính toán r_b của lớp xe [11] được trình bày như sau:

$$r_b = \varepsilon \cdot R_0 \quad (2)$$

Trong đó: n_N – Số vòng quay động cơ tại công suất cực đại;

λ – Hệ số tỷ lệ số vòng quay;

i_n – Tỷ số truyền của hộp số ứng với số cao nhất;

i_p – Tỷ số truyền hộp số phụ (nếu có);

V_{\max} – Vận tốc cực đại của xe;

R_0 – Bán kính thiết kế của lớp xe.

Để xác định các tỷ số truyền còn lại của hộp số thì phải tính được tỷ số truyền của số 1 vì chúng được giới hạn bởi điều kiện kéo và bám [12] của hệ thống bởi phương trình (3):

$$\frac{G \cdot r_b \cdot \Psi_{\max}}{M_{\max} \cdot i_M \cdot i_p \cdot \eta_{tl}} \leq i_1 \leq \frac{G_{\varphi} \cdot r_b \cdot \varphi}{M_{\max} \cdot i_M \cdot i_p \cdot \eta_{tl}} \quad (3)$$

Với: i_1 – Tỷ số truyền số 1;
 G – Trọng lượng toàn bộ của xe;
 G_{φ} – Trọng lượng bám của xe;
 Ψ_{\max} – Hệ số cản chuyển động lớn nhất;
 φ – Hệ số bám đường;
 M_{\max} – Mô men cực đại của động cơ;
 η_{tl} – Hiệu suất của hệ thống truyền lực.

Vì tỷ số truyền của đối tượng cần tính là xe du lịch nên theo kết quả trên tài liệu [13] để tính công bội bởi công thức (4) và các tỷ số truyền còn lại bởi (5):

$$\varphi_1 = n-1 \sqrt{\frac{1}{0.5(n-1)(n-2)} \frac{i_1}{i_n}} \quad (4)$$

$$i_m = i_n \varphi_1^{n-1} \varphi_2^{0.5(n-1)(n-2)} \quad (5)$$

Ở đây: φ_1 – Công bội;
 φ_2 – Yếu tố cấp số điều hòa được chọn;
 n – Cấp số của hộp số;
 i_m – Tỷ số truyền cần tính của hộp số.

Mỗi tay số đều có một lực kéo khác nhau để phù hợp với điều kiện vận hành của xe, từ các tỷ số truyền đã tính để xác định lực kéo ở mỗi tay số [4] theo công thức như sau:

$$P_K = \frac{M_{\max} i_m n_{tl}}{r_b} \quad (6)$$

3 KẾT QUẢ

Để tính toán tỷ số truyền và lực kéo của hộp số cơ khí thì nghiên cứu đã lựa chọn dòng xe du lịch Toyota với các thông số cơ bản của động cơ 4AGE được trình bày trong bảng 1:

Bảng 1: Ký hiệu và giá trị các đại lượng của xe cần tính toán

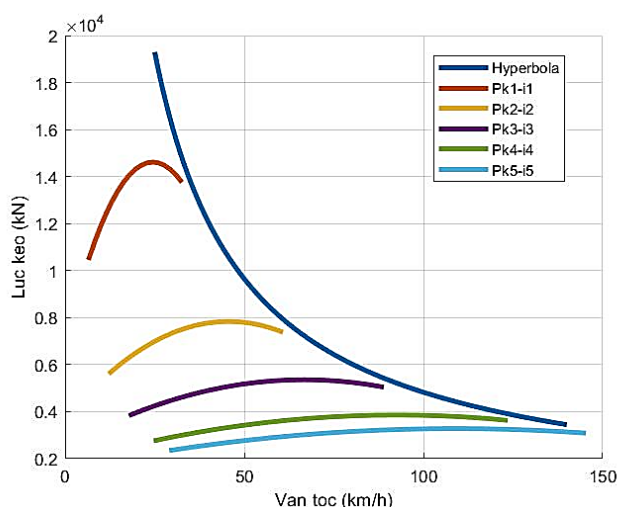
Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
M_{\max}	121	Nm
N_{\max}	85	HP
n_N	5600	vòng/phút
n_M	6160	vòng/phút
V_{\max}	160	Km/h
Lốp xe	195/45R15	
G	14700	N
G_{φ}	10584	N
λ	1.1	
φ	0.8	
Ψ_{\max}	0.39	
η_{tl}	0.93	
i_n	0.85	
i_p	1	
φ_2	1.1	

Dựa vào các dữ liệu động cơ từ bảng 1 thì giá trị tỷ số truyền của hộp số được liệt kê trong bảng 2:

Bảng 2: Ký hiệu và giá trị các đại lượng của xe cần tính toán

Ký hiệu	Ý nghĩa	Giá trị
i_0	Tỷ số truyền lực chính	4.42
i_1	Tỷ số truyền tay số 1	3.789
i_2	Tỷ số truyền tay số 2	2.032
i_3	Tỷ số truyền tay số 3	1.389
i_4	Tỷ số truyền tay số 4	1
i_5	Tỷ số truyền tay số 5	0.85

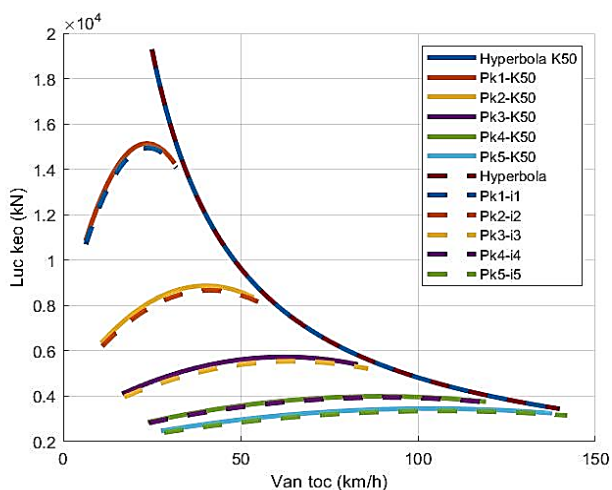
Sau khi có các giá trị tỷ số truyền của hộp số thì xây dựng được các đường cong lực kéo ứng với từng tỷ số truyền khác nhau của hộp số lần lượt là Pk1-i1, Pk2-i2, Pk3-i3, Pk4-i4, Pk5-i5 và đường cong Hyperbola lực kéo như sau:



Hình 1: Đồ thị mô phỏng lực kéo của hộp số cơ khí 5 cấp và đường cong Hyperbola lực kéo lý tưởng

Từ kết quả mô phỏng trong hình 1 cho thấy đường cong Hyperbola của hộp số thiết kế giống với đường cong Hyperbola lực kéo lý tưởng như trong nghiên cứu [14]. Lực kéo ở từng tỷ số truyền giảm theo từng cấp số hay nói cách khác là lực kéo tỷ lệ nghịch với cấp số. Bên cạnh đó, lực kéo tỷ lệ thuận với tỷ số truyền và lực kéo càng giảm thì tốc độ xe càng tăng, lực kéo tỷ lệ nghịch với vận tốc.

Sau cùng, nghiên cứu so sánh kết quả tính toán thiết kế với hộp số K50 của Toyota [15] có cùng kết cấu thông số động cơ 4AGE và hộp số đã có như sau:



Hình 2: Đồ thị so sánh giữa hộp số tính toán và hộp số K50

Theo đồ thị hình 2 cho thấy đường cong lực kéo P_k ứng với từng tay số và đường cong Hyperbola lực kéo lý tưởng gần như nhau. Điều này cho thấy các tỷ số truyền của hộp số cần tính toán được xác định gần giống với thực tế.

4 KẾT LUẬN

Việc tính toán xác định được tỷ số truyền của hộp số góp phần vào công cuộc phát triển lĩnh vực thiết kế chế tạo các bộ phận của ô tô tại các nhà máy, xí nghiệp trong nước. Với kết quả nghiên cứu được so sánh với thông số thực tế thông qua giá trị đường cong Hyperbola lực kéo lý tưởng cho thấy độ chính xác của các tỷ số truyền hộp số được tính toán là phù hợp với hãng sản xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Asha Rani.A, Mohammed Rafi.H Kerur. “*Design and performance Analysis of a 5 Speed Manual Transmission System for Indian drive cycle*”. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2017.
- [2] Priyank Chauhan, Ankur Tiwari, Rishabh Singh, Sunil Kumar, V. K. Saini. “*Design, analysis, and development of transmission system for an all-terrain vehicle*”. International Journal of Advance Research and Development. 2018.
- [3] Rolan Siregar, Fuad Zainuri, Muhammad Adhitya, Danardono. A. Sumarsono. “*Design a New Generation of Synchromesh Mechanism to Optimization Manual Transmission's Electric Vehicle*”. The 15th International Conference on QIR (Quality in Research). 2017.
- [4] Piotr Bera. “*A design method of selecting gear ratios in manual transmissions of modern passenger cars*”. Mechanism and Machine Theory 132. 2019.
- [5] Hicri Yavuz, Hüseyin Bayrakçeken and Faruk Emre Aysal, Comparison of Ideal Traction Hyperbola Curves with Matlab-Simulink in Vehicles, *International Journal of Automotive Science And Technology*, vol. 4, no. 4, pp. 244-247, 2020.
- [6] S. A. Lechelle, Z. S. Mouneimne. “*OptiDrive: A Practical Approach for the Calculation of Energy Optimised Operating Speed Profiles*”.
- [7] Anton Rassolkin, Hardi Hoimoja. “*Calculation of the Traction Effort of Switching Locomotive*”. Tallinn University of Technology. 2016.
- [8] Nedzad Repcic, Isad Saric, Vahid Avdic. “*Tractive effort curves in gearbox analyse*”. 15th International Research/Expert Conference. 2011.
- [9] Prathamesh D Patil, S. D. Yadav. “*Analysis of Gear Box Performance Curves & Optimal Selection of Gear Ratios*”. Karpagam Journal of Engineering Research. 2015.
- [10] Jiageng Ruan, Paul David Walker, Nong Zhang, Jinglai Wu. “*An investigation of hybrid energy storage system in multi-speed electric vehicle*”. Australia. 2007.
- [11] Ye Myint, Zaw Maw Oo, Myint Myint Thein. “*Study and Analysis of Manual Gear Transmission System for Automobile*”. International Journal of Scientific and Research Publications. 2019.
- [12] Alexei Morozov, Kieran Humphries, Ting Zou and Jorge Angeles, Performance evaluation criteria for the analysis of class-4 electric truck, *Proceedings of The Canadian Society for Mechanical Engineering International Congress*, 2016.
- [13] Harald Naunheimer, Bernd Bertsche, Joachim Ryborz and Wolfgang Novak, *Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application*, Springer, 2011.

- [14] Dejan Matijević, Ivan Ivanković, Dr Vladimir Popović, MODERN DESIGN AND CONTROL OF AUTOMATIC TRANSMISSION AND THE PROSPECTS OF DEVELOPMENT, *Journal of Applied Engineering Science*, 13, 313, pp. 51 - 59, 2015.
- [15] Medicine Man, Tech:Engine/K Series/Gearboxes, 2015. Available: https://www.rollaclub.com/wiki/index.php?title=Tech:Engine/K_Series/Gearboxes

YSC5.F217

THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÔ HÌNH LY HỢP KẾT HỢP VỚI HỘP SỐ CƠ KHÍ

VÕ LÂM KIM THANH¹, NGUYỄN XUÂN NGỌC^{1*}, NGUYỄN DUY TÂM¹, TRẦN THANH TÂM²

¹Khoa Công nghệ Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

²Khoa Điện – Điện tử, Trường Cao đẳng Công nghệ Thủ Đức

*nguyensexuanngoc@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Trong quá trình giảng dạy các môn thực hành, kết quả quan sát cho thấy sinh viên có biểu hiện không hứng thú với môn học. Do đó, các mô hình thực hành gần giống với thực tế cho sinh viên học tập là rất cần thiết. Vì vậy mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng mô hình học tập gồm có hệ thống ly hợp và hộp số cơ khí 5 cấp dẫn động cầu sau. Trước tiên, phần mềm Solidworks được sử dụng để thiết kế khung 3D chịu lực cho các hệ thống trên, sau đó phần mềm Ansys được dùng để phân tích phần tử hữu hạn nhằm kiểm nghiệm bền cho khung. Kết quả mô phỏng cho thấy với tổng tải trọng 160 kg đặt trên khung thì chịu ứng suất 59.875 MPa thỏa mãn điều kiện ứng suất cực đại cho phép của vật liệu. Sản phẩm của nghiên cứu có thể chuyển giao công nghệ hoặc nhân rộng số lượng lớn phục vụ cho công tác đào tạo ngành công nghệ kỹ thuật ô tô.

Từ khóa. Mô hình ly hợp, Mô hình hộp số, Phần tử hữu hạn, Solidworks, Ansys.

DESIGN AND MANUFACTURING MODEL CLUTCH COMBINED WITH MANUAL TRANSMISSION

Abstract. In the process of teaching practical subjects, the results showed that students showed no interest in the subject. Therefore, practical models that resemble reality for students to learn are essential. So the goal of this study is to build a learning model including a clutch system and a 5-speed mechanical transmission for rear-wheel drive. First, Solidworks software was used to design 3D bearing frames for the above systems, then Ansys software was used for finite element analysis to test the frame's strength. Simulation results show that with a total load of 160 kg placed on the frame, it is subjected to a stress of 59.875 MPa, satisfying the maximum allowable stress condition of material. The products of the research can be transferred to technology or replicated in large quantities for training in automotive engineering.

Keywords. Clutch Model, Manual Transmission Model, Finite Element, Solidworks, Ansys.

1 GIỚI THIỆU

Ly hợp và hộp số là một trong những hệ thống quan trọng nhất của một chiếc ô tô, nó đóng vai trò quan trọng trong việc truyền mô men từ động cơ đến bánh xe. Vì vậy ngày nay có nhiều công trình khoa học nghiên cứu về ly hợp và hộp số nhằm giúp mọi người hiểu rõ hơn về nguyên lý cũng như việc cải thiện hiệu quả truyền lực của nó. Cụ thể trong nghiên cứu [1] hướng đến việc xây dựng mô hình 3D của hộp số 5 cấp để có thể sử dụng như một công cụ hỗ trợ việc giảng dạy cho các sinh viên kỹ thuật. Đối với nhóm tác giả [2] đã thiết kế, phát triển, sản xuất và thử nghiệm một hệ thống hộp số truyền dẫn 5 cấp độ có thể giảng dạy và mô hình hóa trong các phòng học kỹ thuật. Trong bài báo [3] cũng đã chỉ ra bộ truyền động là một trong những bộ truyền lực có ảnh hưởng rất lớn đến hoạt động của xe, kết quả tài liệu và thiết kế đã đưa ra thiết kế bộ truyền lực tối ưu với mục đích là để tiết kiệm tiêu hao nhiên liệu. Bên cạnh đó thì công trình khoa học [4] đã thiết kế hộp số thường cho một chiếc xe tải cỡ trung. Dữ liệu được thu thập từ các chi tiết khác nhau của hệ thống truyền lực và được mô hình hóa bằng Solidworks. Kết quả cho thấy việc áp dụng các dữ liệu, thiết kế và bố trí phù hợp cho phép sử dụng hộp số một cách hiệu quả để cải thiện tính năng động lực học và tiết kiệm nhiên liệu của xe. Ngoài ra trong nghiên cứu [5] đã ứng dụng phần mềm

Anslys và phân tích phần tử hữu hạn để xác định tần số dao động tự nhiên và biên dạng chế độ dao động của vỏ hộp số. Để ngăn sự cộng hưởng của vỏ hộp số thì cần phải tìm ra tần số dao động tự nhiên và biên dạng chế độ dao động. Và từ các kết quả phân tích có thể giúp ta biết được dải tần số phù hợp với vỏ hộp số để có thể giảm được biên độ dao động tối đa khi hoạt động. Nhóm tác giả [6] thì tập trung vào việc xây dựng một hộp số thường có hệ thống truyền động có thể tạo ra moment xoắn và công suất cần thiết do động cơ tạo ra để giúp cho các bánh xe hoạt động theo đúng yêu cầu và mục đích của người điều khiển, nghiên cứu hướng đến việc đơn giản hóa về mặt kinh tế trong việc chế tạo mà không ảnh hưởng đến các tiêu chí an toàn và hiệu suất, bao gồm cả lựa chọn vật liệu, thiết kế mô hình hộp số, chế tạo hộp số, phân tích phần tử hữu hạn và kiểm tra mô phỏng. Quan trọng nhất là kết quả thử nghiệm đã chứng minh sự đúng đắn của phân tích lí thuyết về mặt thống kê, điều này rất cần thiết và có ý nghĩa đối với nghiên cứu về hiệu suất truyền động được đề cập trong công trình [7], tài liệu đã trình bày phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất truyền động và công thức tính hiệu suất truyền động, nghiên cứu sử dụng phần mềm máy tính Matlab để tính toán sự biến đổi của hiệu suất truyền theo moment đầu vào, bên cạnh đó một bộ băng thử hộp số thường được thiết kế và sử dụng để kiểm tra các kết quả mô phỏng lí thuyết, mặc dù kết quả thử nghiệm có xu hướng biến thiên của hiệu suất truyền nhưng nó tương đối đáng tin cậy với sai số đi kèm dưới 2%. Các nghiên cứu trên đã mang đến những thông tin cơ bản cũng như cách thức hoạt động dựa trên mô hình mô phỏng. Tuy nhiên, các nghiên cứu chỉ dừng lại ở việc mô phỏng bằng phần mềm máy tính hoặc mô hình in 3D. Vì vậy, trong nghiên cứu này sẽ xây dựng mô hình hộp số - ly hợp thực tế có thể điều khiển đóng ngắt ly hợp và sang số để hỗ trợ việc đào tạo hoặc kiến thức tổng quát nhất một cách thực tế và sinh động hơn.

2 TÍNH TOÁN CƠ BẢN

Để xây dựng mô hình ly hợp kết hợp với hộp số cơ khí thì cần tính toán các thông số kích thước cơ bản của chúng. Từ các kết quả nghiên cứu trong [8-10] xác định các giá trị trên như sau:

Mô men ma sát ly hợp:

$$M_{ms} = \beta M_{emax} \quad (1)$$

Bán kính ngoài đĩa ma sát:

$$R_2 = \sqrt[3]{\frac{3M_{ms}}{2Z_{ms}\mu\pi p(1-K_R^3)}} \quad (2)$$

Bán kính trong đĩa ma sát:

$$R_1 = K_R R_2 \quad (3)$$

Bề rộng của phần ma sát:

$$b = R_2 - R_1 \quad (4)$$

Với: M_{emax} – Mô men xoắn tối đa;

β – Hệ số dự trữ của ly hợp được xác định bằng phương pháp thực nghiệm;

Z_{ms} – Số bề mặt ma sát;

μ – Hệ số ma sát của ly hợp;

p – Áp suất pháp tuyến của các bề mặt ma sát;

K_R – Hệ số tỷ lệ giữa bán kính trong và ngoài của đĩa ma sát.

Đối với hộp số cơ khí thì xác định giá trị các tỷ số truyền theo tốc độ cực đại của xe [11] được trình bày trong công thức (5):

$$i_0 = \frac{\pi \cdot r_{bx} \cdot n_N \cdot \lambda}{30 \cdot i_{hm} \cdot i_p \cdot v_{max}} \quad (5)$$

$$r_{bx} = (W.P + r_V 25.4) 10^{-3} \quad (6)$$

Trong đó: i_0 – Tỷ số truyền lực chính;

r_{bx} – Bán kính bánh xe;

n_N – Số vòng quay động cơ tại công suất cực đại;

λ – Hệ số tỷ lệ số vòng quay;

- i_{hn} – Tỷ số truyền của hộp số ứng với số cao nhất;
- i_p – Tỷ số truyền hộp số phụ (nếu có);
- v_{max} – Vận tốc cực đại của xe;
- W – Bề rộng lốp;
- P – Tỷ lệ giữa chiều cao so với bề rộng;
- r_v – Bán kính vành lốp.

Dựa theo điều kiện trong công thức (7) [12] để chọn tỷ số truyền số 1 như sau:

$$\frac{G \cdot r_{bx} \cdot \Psi_{max}}{M_{e_{max}} \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{tl}} \leq i_{h1} \leq \frac{G \cdot r_{bx} \cdot \varphi}{M_{e_{max}} \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{tl}} \quad (7)$$

$$G = mtt * g \quad (8)$$

Với: i_{h1} – Tỷ số truyền số 1;

- G – Trọng lượng toàn bộ của xe;
- mtt – Khối lượng toàn tải của xe;
- g – Gia tốc trọng trường;
- Ψ_{max} – Hệ số cản chuyển động lớn nhất;
- φ – Hệ số bám đường;
- $M_{e_{max}}$ – Mô men cực đại của động cơ;
- η_{tl} – Hiệu suất của hệ thống truyền lực.

Việc thiết kế tính toán tỷ số truyền hộp số được thực hiện dựa trên động cơ xe du lịch vì vậy để xác định tỷ số truyền các số theo kết quả nghiên cứu [8,13] được thể hiện trong phương trình (9,10):

$$\varphi_S = \left(\frac{1}{i_{hn}} - \frac{1}{i_{h1}} \right) \frac{1}{n-1} \quad (9)$$

$$i_{Shm} = \frac{i_{h1}}{1+(m-1)\varphi_S i_{h1}} \quad (10)$$

Với: φ_S – Công bội của hộp số tương ứng với xe tải và du lịch; i_{Shm} – Tỷ số truyền trung gian từng số cần tính tương ứng với cấp n ; n – Cấp số; m – Tương ứng với từng cấp số.

3 XÂY DỰNG MÔ HÌNH

Giá trị các ký hiệu trong các phương trình trên dựa trên động cơ 2ZR-FE [14] của ô tô để đi thiết kế tính toán các thông số cơ bản của mô hình ly hợp và hộp số.

Bảng 1: Ký hiệu và giá trị các đại lượng của động cơ 2ZR-FE

Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
$M_{e_{max}}$	173	Nm	mtt	1630	Kg	V_{max}	195	Km/h
n_M	4000	vòng/phút	W	195	mm	r_v	15/2	inch
$N_{e_{max}}$	103	kW	P	65%	-	g	9.81	m/s ²
n_M	6400	vòng/phút						

Các thông số còn lại được tham khảo từ các nghiên cứu như trong tài liệu [8] đã đề cập.

Bảng 2: Ký hiệu và giá trị các thông số tham khảo

Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
β	1.5	-	φ	0.8	-	λ	1.2	-
μ	0.22	-	Ψ_{max}	0.39	-	i_{hn}	0.86	-
p	$1.6 \cdot 10^5$	N/m ²	λ	1.2	-	K_R	0.6	-
Z_{ms}	2	-	η_{tl}	0.93				

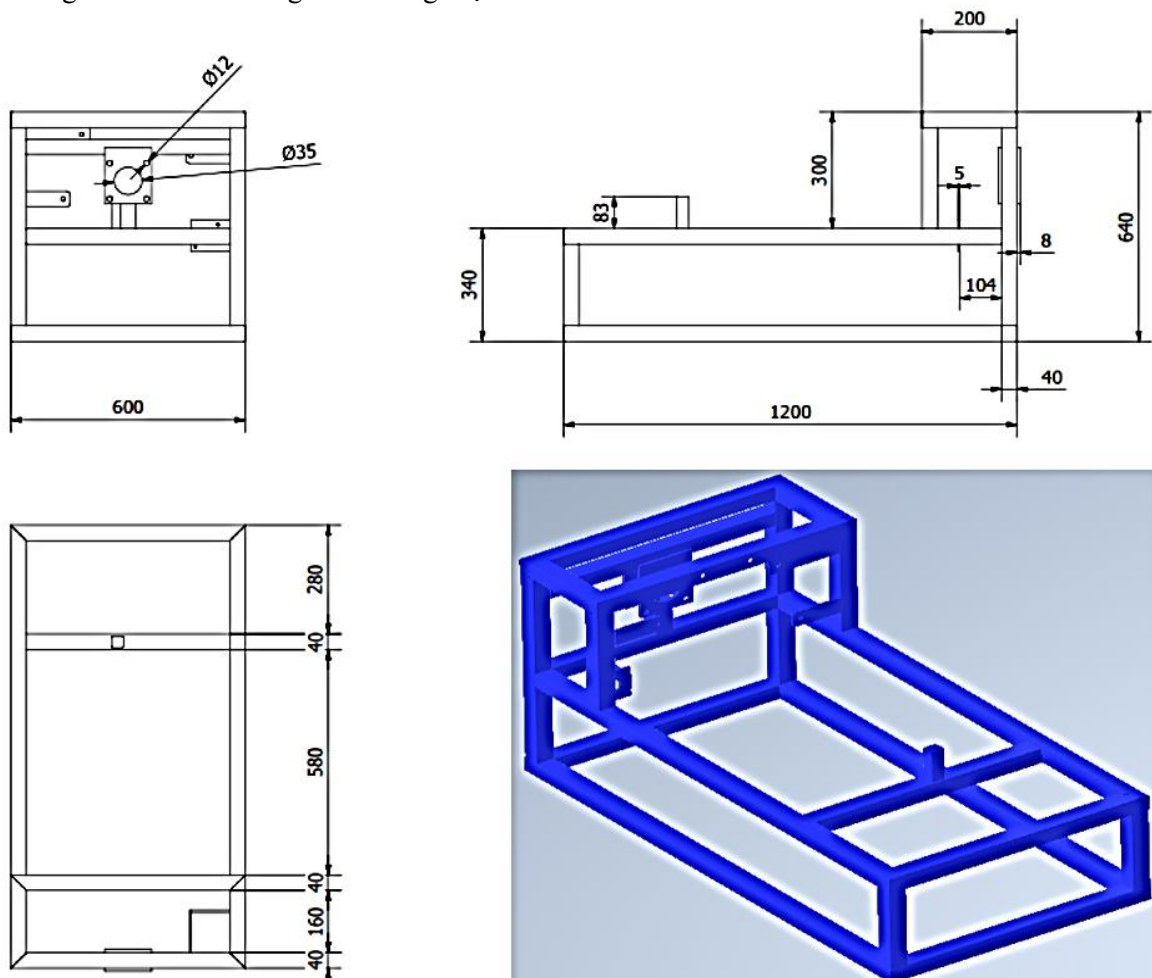
Các giá trị cơ bản của ly hợp và hộp số cần tính toán được thống kê trong bảng 3 như sau:

Bảng 3: Giá trị của ly hợp và hộp số

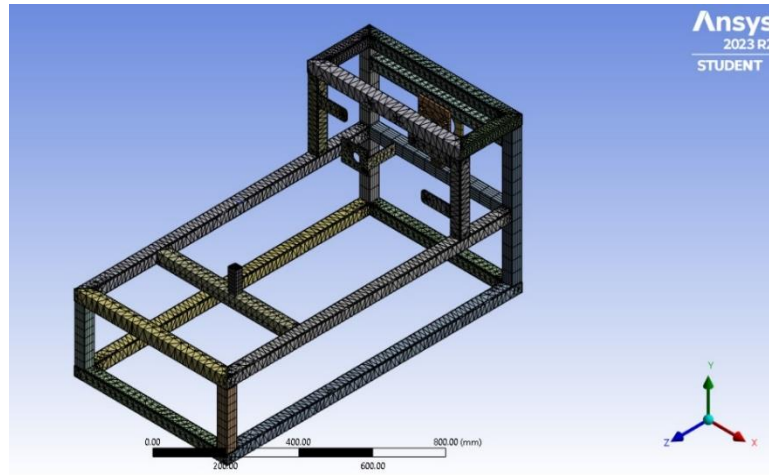
Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
R_1	78	mm
R_2	130.9	mm
b	52.9	mm
i_0	5.6965	
i_{h1}	3.5870	
i_{h2}	2.0009	
i_{h3}	1.3874	
i_{h4}	1	
i_{h5}	0.86	

Từ các kết quả của bảng 3 so sánh với các loại hộp số và ly hợp ô tô trong [15] thì xác định được chúng loại gần giống với hộp số T50 của Toyota. Vì vậy nghiên cứu sử dụng Solidworks để xây dựng mô hình khung 2D và 3D với các vị trí lỗ tròn dùng để cố định ly hợp và hộp số như hình 1.

Với mô hình 3D đã được hình thành, sử dụng vật liệu là thép ASTM A36 [15], khối lượng đặt lên khung bao gồm luôn cả người ngồi trên đó là 160 kg, nhập các dữ liệu này vào Ansys để phân tích phần tử hữu hạn khung mô hình để đánh giá khả năng chịu tải của mô hình.

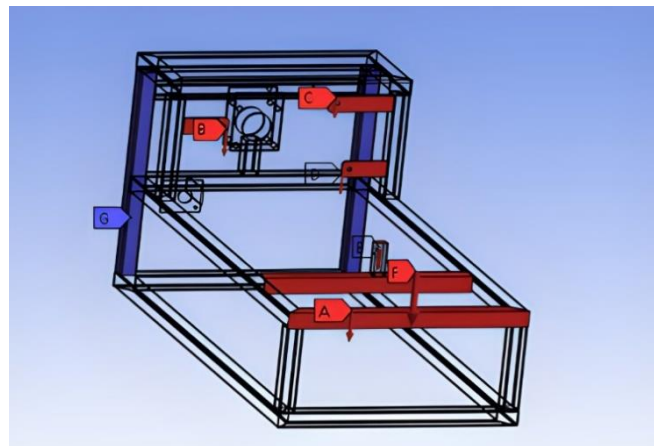


Hình 1: Mô hình khung 2D và 3D



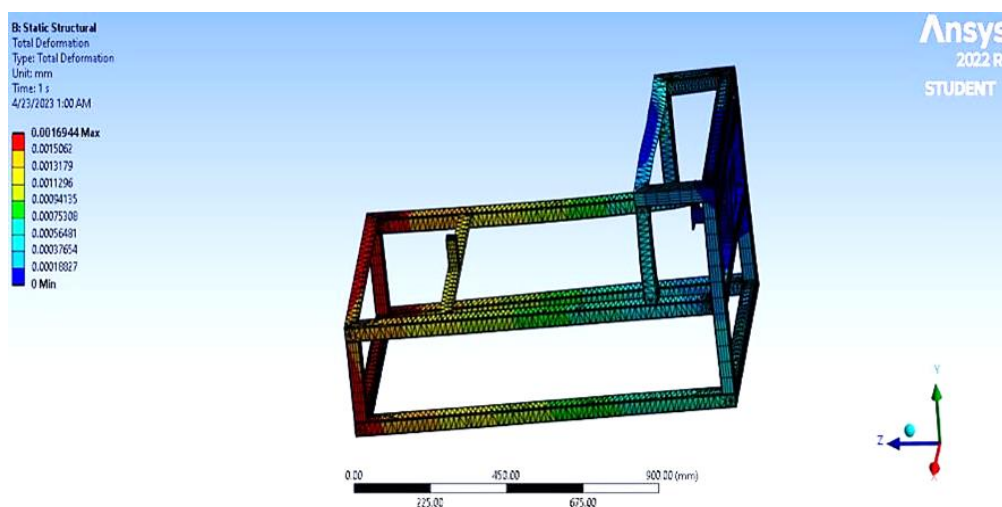
Hình 2: Chia lưới cho khung mô hình

Dựa vào từng vị trí lắp ráp bộ phận ly hợp và hộp số cơ khí để đặt các lực tác dụng vào từng vị trí đó trong Ansys.

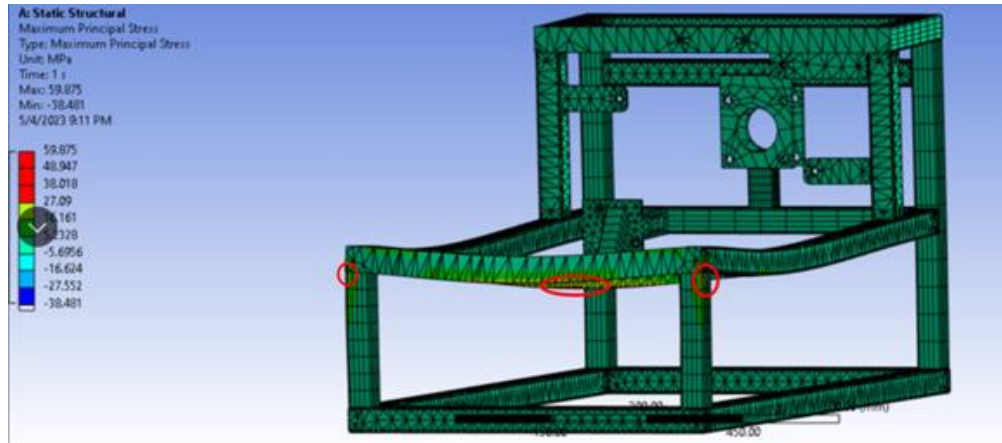


Hình 3: Các vị trí đặt lực tác dụng của mô hình

Sau khi khai báo xong tất cả dữ liệu cần thiết cho mô hình thì tiến hành phân tích độ bền khung mô hình.

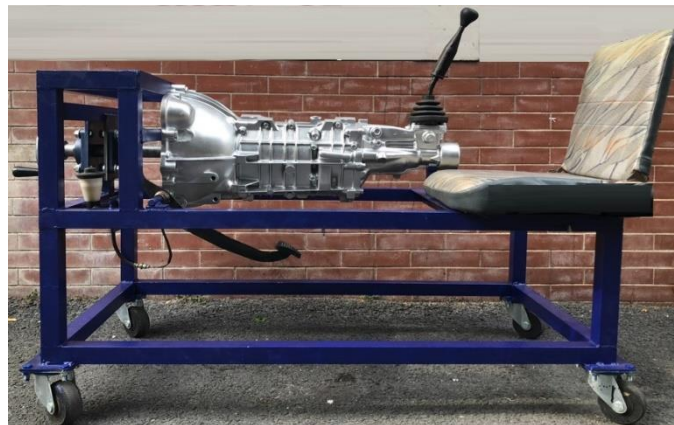


Hình 4: Mô phỏng chuyển vị của khung mô hình



Hình 5: Mô phỏng ứng suất của khung mô hình

Từ kết quả phân tích trong hình 4 và 5 cho thấy vị trí nguy hiểm nhất là vị trí đặt phần trọng tâm của hộp số vào khung và phân khối lượng của người điều khiển. Tại đây tất cả khối lượng của hộp số và ly hợp đều tập trung tại điểm này. Tuy nhiên giá trị này rất nhỏ điển hình chuyển vị gần bằng 0.24 mm, ứng suất gần 59.875 MPa. Giá trị cho phép của thép ASTM A36 là 245 Mpa [16], vì vậy khung mô hình đảm bảo độ bền cho phép.



Hình 6: Mô hình thực tế ly hợp kết hợp với hộp số sau khi hoàn thiện

Mô hình sau khi hoàn thiện như hình 6 được ứng dụng vào thực tế đào tạo cho sinh viên vì vậy trong quá trình thực hành có thể di chuyển tới lui hoặc 2 hoặc 3 sinh viên trực tiếp tác động vào mô hình có thể gây nên lực cộng hưởng. Do đó trong quá trình chế tạo, mô hình đạt giá trị ứng suất như trên ngăn ngừa được khả năng gây hư hỏng do sinh viên.

4 KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã tính toán thiết kế được các thông số kết cấu cơ bản của ly hợp và hộp số, từ đó xây dựng được khung mô hình 3D với các kích thước phù hợp bằng Solidworks. Ứng dụng Ansys để phân tích phần tử hữu hạn khung mô hình cho thấy ứng suất tối đa của khung là 59.875 Mpa, giá trị này vẫn nhỏ hơn giá trị ứng suất cho phép của vật liệu chế tạo. Do đó mô hình ly hợp kết hợp với hộp số cơ khí được chế tạo hoàn thiện. Kết quả của nghiên cứu phục vụ cho việc đào tạo kỹ năng nghề hoặc ứng dụng trong việc thao tác ngoại kỹ năng sang số dành cho người mới tập lái xe ô tô giống với thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Swe Zin Nyunt, Theinghi, Aung Hein Latt, 3D Modeling of Five Speed Manual Transmission System for Teaching Aid Vehicles, *International Journal of Science and Engineering Applications*, vol. 7, pp. 148 – 152, 2018.

- [2] Yang Zhou, Liwei Zhao, Kenneth O'Brien, Design and Development of a Transmission System, In *Proceedings of the 2016 ASEE North Central Section Conference*, 2016.
- [3] Fuad Zainuri, Danardono Agus Sumarsono, Mohammad Adhitya and Rolan Siregar, Design a New Generation of Synchromesh Mechanism to Optimization Manual Transmission's Electric Vehicle, In *The 15th International Conference on QiR (Quality in Research)*, 2017.
- [4] Ma Mingchuan, Automobile Transmission Design, *Degree Programme thesis, Saimaa University of Applied Sciences*, 2014.
- [5] Ganesha.B, et al, Dynamic Vibration Analysis of Gear Box Casing Using ANSYS Software, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 6, pp. 13354 – 13362, 2017.
- [6] K N Umesh, G Raghavendra Setty and Santhosh Naik, Design, analysis, and development of transmission system for an all-terrain vehicle, *International Journal of Advance Research and Development*, vol. 3, pp. 248 – 255, 2018.
- [7] Shu Yan, Geng Li, Shaopeng Tian, Qingxing Zheng, Research on the relationship between transmission efficiency and input torque of manual transmission, *Mechanics & Industry*, vol. 20 (611), 2019.
- [8] Đặng Quý, Đỗ Văn Dũng và Dương Tuấn Tùng, Giáo trình Thiết kế ô tô, *NXB Đại học Quốc Gia TP HCM*, 2021.
- [9] Sunny Narayan, Ivan Grujic, Nadica Stojanovic, Kaisan Muhammad Usman, Abubakar Shitu and Faisal O. Mahroogi, Design and Analysis of an Automotive Single Plate Clutch, *Mobility & Vehicle Mechanics*, vol. 44, no. 1, pp. 13-26, 2018.
- [10] Kartik Virmani, Tanishq Madhogaria and P. Baskar, Design optimization of friction lining of a clutch plate, *Materials Today: Proceedings*, vol. 46, part 17, pp. 8009-8024, 2021.
- [11] Hicri Yavuz, Hüseyin Bayrakçeken and Faruk Emre Aysal, Comparison of Ideal Traction Hyperbola Curves with Matlab-Simulink in Vehicles, *International Journal of Automotive Science And Technology*, vol. 4, no. 4, pp. 244-247, 2020.
- [12] Alexei Morozov, Kieran Humphries, Ting Zou and Jorge Angeles, Performance evaluation criteria for the analysis of class-4 electric truck, *Proceedings of The Canadian Society for Mechanical Engineering International Congress*, 2016.
- [13] Harald Naunheimer, Bernd Bertsche, Joachim Ryborz and Wolfgang Novak, Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application, *Springer*, 2011.
- [14] Sagar Parikh, 2017 Toyota Corolla Altis launched in India, starts at INR 15.88 lakh, *IndianAutosBlog.com (IAB)*, India, 2017. Available: <https://indianautosblog.com/2017-toyota-corolla-altis-launched-india-p260803>.
- [15] Toyota Motor Corporation, Toyota T Transmission, *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, 2022. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_T_transmission.
- [16] Maziar Ramezani and Zaidi Mohd Ripin, Analysis of deep drawing of sheet metal using the Marform process, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 59, pp. 491–505, 2012.

YSC5.F218

THIẾT KẾ CHẾ TẠO ĐẦU KÉO XE LĂN TAY CHO NGƯỜI KHUYẾT TẬT

NGUYỄN NGỌC HUYỀN TRANG ^{1*}, NGUYỄN QUANG ANH ², NGUYỄN VĂN HOÀNG ²,
NGUYỄN HẢI HỒ ²

¹*Giảng viên Khoa Công nghệ Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

²*Sinh viên Khoa Công nghệ Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh
nguyenngochuyentrang@iuh.edu.vn, nguyenhaiho@gmail.com*

Tóm tắt. Hiện nay có rất nhiều loại xe lăn ra đời, có các kiểu xe lăn như xe lăn tay thông thường, xe lăn điện,... nhưng hầu hết những người khuyết tật có thu nhập thấp ở Việt Nam đều sử dụng xe lăn tay do xe lăn điện chưa phổ biến nhiều cũng như giá thành cao. Để hỗ trợ những người sử dụng xe lăn tay cần có một thiết bị hỗ trợ như đầu kéo xe lăn tay chạy điện. Từ đó nhóm muốn nghiên cứu, thiết kế, chế tạo ra một đầu kéo xe lăn tay giá thành rẻ hơn cũng như đáp ứng được các yêu cầu sử dụng, di chuyển dễ dàng hơn cho người khuyết tật. Nhóm thiết kế theo kiểu đầu kéo sử dụng động cơ điện của xe đạp điện cũ, điều khiển bằng tay lái, phần đầu được gắn vào sườn bánh trước xe lăn tay. Khối lượng tải mà xe chịu được khoảng 100kg, các vật tư sẵn có trong nước và dễ tìm làm giá thành chế tạo xe rẻ. Hệ thống phanh, chiếu sáng, tín hiệu giúp cho người khuyết tật tham gia giao thông dễ dàng, an toàn và tiện dụng. Sản phẩm đáp ứng được yêu cầu sử dụng cho người khuyết tật.

Từ khóa. Đầu kéo xe lăn tay, xe lăn tay, động cơ điện...

DESIGN AND MANUFACTURING TRUCKER FOR PEOPLE WITH DISABILITIES

Abstract. Currently, there are many types of wheelchairs available, there are wheelchair models such as conventional manual wheelchairs, electric wheelchairs, etc., but most of the low-income disabled people in Vietnam use wheelchairs. due to the fact that electric wheelchairs are not very popular and expensive. To assist people with manual wheelchairs an assistive device such as a powered wheelchair tow is required. Since then, the group wants to research, design, and manufacture a manual wheelchair trailer that is cheaper as well as meets the requirements of use and mobility more easily for people with disabilities. The group designed a tractor using the electric motor of an old electric bicycle, controlled by the handlebar, the head part was attached to the front wheel of the manual wheelchair. The weight of the load that the vehicle can withstand is about 100kg, the materials are available in the country and easy to find, making the trucker cost cheap. The system of brakes, lighting and signals makes it easy, safe and convenient for people with disabilities to join traffic. In the process of implementation, it is difficult to avoid mistakes. Products that meet the requirements of use for people with disabilities

Keywords. Manual wheelchair tractor, manual wheelchair, electric motor...

1 GIỚI THIỆU

Với sự phát triển của khoa học kỹ thuật như ngày nay, nhiều ngành nghề đã có được những sự phát triển nhất định, nhiều công nghệ mới được tạo ra cũng như loại bỏ đi không ít những công nghệ cũ, thô sơ lạc hậu để góp phần nâng cao chất lượng cuộc sống của con người, trong đó có nhiều những thiết bị hỗ trợ con người.

Việt Nam trong quá khứ từng trải qua nhiều cuộc chiến tranh khốc liệt, những mất mát đau thương có thể qua đi nhưng những di chứng để lại thì còn mãi. Nhiều người mất đi khả năng di chuyển của đôi chân làm cho cuộc sống bình thường của họ khó khăn hơn bao giờ hết, hiện nay có nhiều người mất khả năng di chuyển do tai nạn lao động hoặc do bẩm sinh. Biện pháp hỗ trợ cho những người khuyết tật này là xe lăn có thể giúp họ có khả năng tự mình di chuyển dễ dàng hơn.

Nhiều người khuyết tật không thể đi lại được, phương pháp tốt nhất cho những người bị hạn chế di chuyển như vậy là xe lăn, nhưng nó lại chỉ phù hợp với người còn khả năng sử dụng sức tay hoặc có người giúp đỡ. Có những người còn phải tự đẩy xe lăn mưu sinh trên đường.

Với những sự phát triển nhanh chóng đó, cũng đã có nhiều kiểu thiết kế xe lăn ra đời như xe lăn điện, xe lăn đi lên xuống cầu thang, xe lăn điều khiển bằng sóng não,... nhưng hầu hết vẫn khó tiếp cận đến nhiều người khuyết tật ở Việt Nam do có giá thành cao.

Từ những vấn đề trên và để có thể giúp đỡ những hoàn cảnh như vậy nhóm nghiên cứu mong muốn sẽ chế tạo ra một thiết bị hỗ trợ người khuyết tật gặp khó khăn về kinh tế, một thiết bị có giá thành rẻ như đầu kéo xe lăn tay, gắn vào xe lăn có sẵn để hỗ trợ người khuyết tật di chuyển.



Hình 1: Đầu kéo xe lăn tay cho người khuyết tật

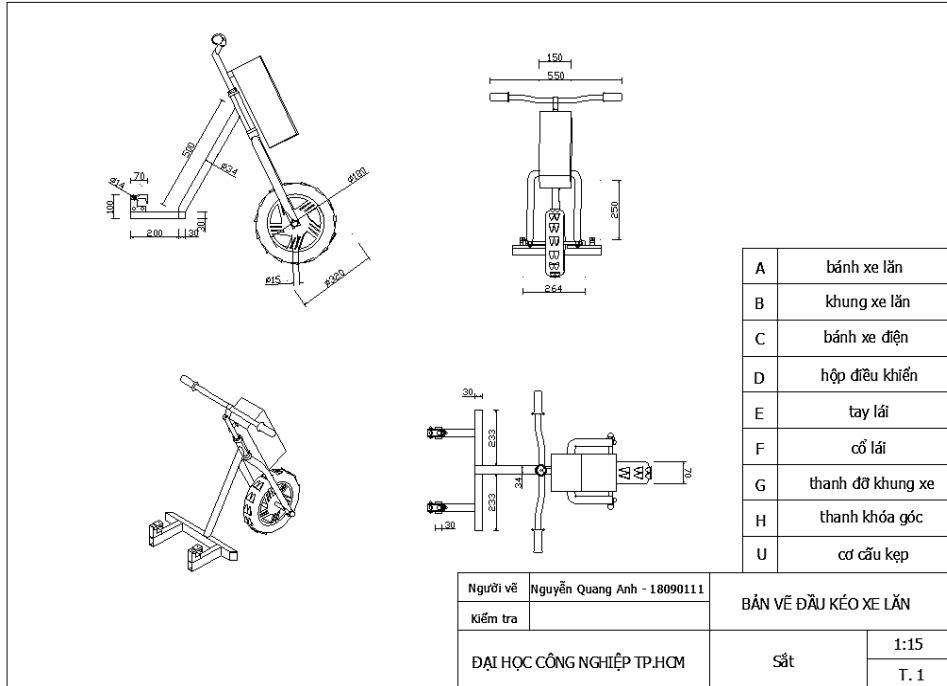
Trên cơ sở thiết kế cơ khí, tính toán sức kéo, sức bền khung và tính toán động cơ điện để lựa chọn vật liệu và các linh kiện tối ưu nhất. Sản phẩm nghiên cứu đảm bảo các yếu tố kỹ thuật và điều kiện vận hành thực tế. Thiết bị vận hành ở tốc độ tối đa 25 km/h, thời gian vận hành đạt được 65 phút đã hỗ trợ những người ngồi xe lăn có thể đi lại dễ dàng hơn cũng như phù hợp hơn với nhiều loại đối tượng khác nhau, giúp họ cải thiện chất lượng cuộc sống.

Sản phẩm sau khi hoàn thiện đạt các yêu cầu như sau:

- Tính toán các thông số kỹ thuật của đầu kéo và có bản vẽ 2D
- Tính toán lựa chọn động cơ điện cho đầu kéo
- Thời gian vận hành của thiết bị xấp xỉ 65 phút
- Tốc độ vận hành của thiết bị từ 20 km/h – 25 km/h
- Thời gian sạc của thiết bị là 5 giờ.

2 TÍNH TOÁN THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO THIẾT BỊ

Thiết kế, chế tạo đầu kéo cho xe lăn tay chạy bằng điện, có bộ phận điều khiển bằng tay lái, có động cơ điện, đèn chiếu sáng và đèn tín hiệu, có giá kẹp vào xe lăn làm thành xe lăn có đầu kéo. Phương án thiết kế này có ưu điểm là giá thành khá rẻ, dễ dàng chế tạo phù hợp với nhiều loại đối tượng người khuyết tật khác nhau.



Hình 2: Bản vẽ thiết kế phần đầu kéo xe lăn tay cho người khuyết tật

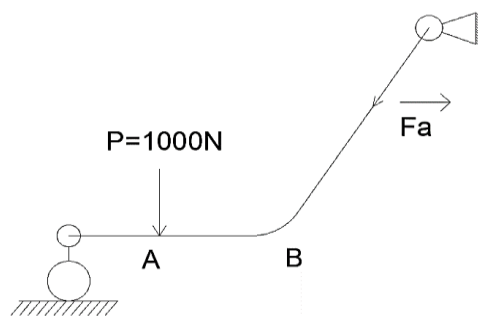
2.1 Tính toán lực cho thanh kẹp

Mục đích thiết kế khung xe chịu tối đa khối lượng cơ thể là 100kg. Khối lượng của khung xe được bỏ qua vì không đáng kể. Ngoài ra tốc độ tối đa của xe là 20 km/h.

Thanh kẹp có cấu tạo là một thanh có góc cong 120° một đầu sẽ được nối với trục lái qua khớp xoay, mục đích để nâng hai bánh trước xe lăn lên, đầu còn lại nối với cơ cấu kẹp để khóa cứng vào khung xe lăn khi lắp đầu kéo.

Lực chính được tính như sau:

- Khi vật cố định: $m = 100$ (kg)
- Để tính toán lực ta cần chuyển khối lượng $m = 100$ kg thành đơn vị lực (N).
- Khái niệm: 1 N là lực gây ra cho một vật có khối lượng là 1kg trong điều kiện gia tốc là $1m/s^2$
- $m = 100kg$ tương đương $F = 1000$ (N)



Hình 3: Phân tích lực trên thanh kẹp

Phương trình cân bằng lực

Xác định phản lực liên kết

$$\sum F_y = 0 \Leftrightarrow -P - F_a \cdot \cos(30^\circ) = 0 \Leftrightarrow F_a = \frac{-P}{\cos(30^\circ)} = -1154.7 \text{ (N)} \quad (1)$$

Vẽ biểu đồ nội lực bằng phương pháp mặt cắt

Dùng mặt cắt 1/1 cắt toàn bộ cơ cấu ra làm hai phần, lấy phần bên trái của đoạn AB ta được:

$$\sum F_{x1} = 0 \Leftrightarrow X1 = 0 \quad (2)$$

$$\sum F_{y1} = 0 \Leftrightarrow -Y1 - P = 0 \Leftrightarrow Y1 = -P = -1000 \text{ (N)}$$

$$\sum M_1 = 0 \Leftrightarrow P \cdot m + M1 = 0 \Leftrightarrow M1 = -P \cdot m \quad (3)$$

(0 < m < 0.25)

Dùng mặt cắt 2/2 trên thanh BC

$$\sum F_{x2} = 0 \Leftrightarrow X1 + \sin(30^\circ) \cdot Fa = 0 \quad (4)$$

$$\Rightarrow X1 = -\sin(30^\circ) \cdot Fa = -500 \text{ (N)}$$

$\Rightarrow X1$ có chiều ngược lại so với chiều trên hình vẽ.

$$\sum F_{y2} = 0 \Leftrightarrow -Y2 + \cos(30^\circ) \cdot Fa - P = 0 \quad (5)$$

$$\Rightarrow Y2 = \cos(30^\circ) \cdot Fa - P$$

$$\Rightarrow Y2 = -134 \text{ (N)}$$

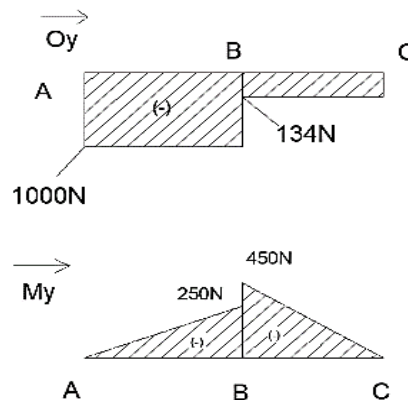
Phương trình moment mặt cắt 2/2

$$\sum M_{2/2} = 0 \Leftrightarrow P \cdot (m + K) + M2 = 0 \Leftrightarrow M2 = -P \cdot (m + K) \quad (6)$$

(0 < m < 0.25)

(0 < K < \sin(30^\circ) \cdot n) \cdot (0 < K < 0.2)

Biểu đồ nội lực



Hình 4: Biểu đồ nội lực

Kết luận mặt cắt ở B là nguy hiểm nhất.

$$M_x (\max) = 450 \text{ N}$$

Diện tích của thanh chịu lực là: chiều rộng $b = 3 \text{ cm}$, chiều dài $h = 3 \text{ cm}$

$$S = S_a - S_b = (3 \cdot 3) - (2,7 \cdot 2,7) = 9 - 7,29 = 1,71 \text{ (cm}^2\text{)} \quad (7)$$

$$\Rightarrow S = 0,0171 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\sigma_z^{\max} = \frac{|M_x|}{S} = \frac{450}{0,0171} = 26315,8 \text{ n/m}^2 \quad (8)$$

$$\sigma_z^{\min} = -\frac{|M_x|}{S} = -\frac{450}{0,0171} = -26315,8 \text{ n/m}^2 \quad (9)$$

Để đạt điều kiện bền đối với vật liệu dẻo.

$$\sigma_z^{\max} \leq [\sigma]$$

Và

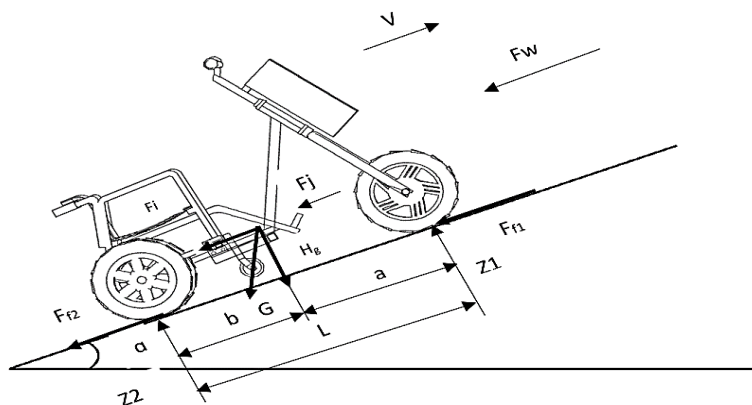
$$|\sigma_z^{\min}| \leq [\sigma]$$

Với: $[\sigma]$ là ứng suất cho phép trong khoảng 200Mpa đến 500Mpa đối với sắt hộp.

⇒ Chọn vật liệu có ứng suất cho phép lớn hơn 26315,8 N/m² tương đương với 0,026315Mpa.

2.2 Tính toán công suất động cơ điện

Công suất cần thiết của động cơ điện có thể tạo ra lực kéo FM dùng để thắng lực cản lăn của mặt đường FL, lực cản lên dốc FD, lực cản gió FG và lực quán tính khi tăng tốc FQ.



Hình 5: Các lực tác dụng lên xe trên đường nghiêng

Phương trình cân bằng lực như sau:

$$FM = FL + FD + FG + FQ \quad (10)$$

Lực cản lăn được tính:

$$FL = f.G \quad (11)$$

Trong đó:

f là hệ số cản lăn. Theo phạm vi hoạt động thường xuyên của xe là đường bằng, hệ số cản lăn được tính cho đường nhựa với $f = 0,025 \div 0,035$.

Chọn $f = 0,03$;

G là tổng trọng lượng của xe, ở đây $G = 100.10 = 1000(N)$

Suy ra: $FL = 1000.0,03 = 30(N)$

Lực cản lên dốc được tính:

$$FD = G.\sin\alpha \quad (12)$$

Trong đó:

α là góc dốc của mặt đường, chọn $\alpha = 180$ (tương ứng với độ dốc 33%)

Suy ra: $FD = 1000.0,33 = 330(N)$

Lực cản gió được tính:

$$FG = k.S.v^2 \quad (13)$$

Trong đó:

k là hệ số cản không khí. $k = 0,4 \div 0,5 (Ns^2/m^4)$; chọn $k = 0,4 (Ns^2/m^4)$

S là diện tích cản chính diện: $S = 0,8.B.H$

B là chiều rộng toàn bộ xe: $B = 0.639(m)$

H là chiều cao toàn bộ xe: $H = 0.77(m)$

$$\text{Nên } S = 0,8.0,639.0,77 = 0.393(m^2)$$

V là vận tốc lớn nhất của xe, vận tốc lớn nhất của xe được chọn là

$$v = 20 (km/h) = 5.55(m/s)$$

$$\text{Suy ra: } FG = 0,4.0,393. (5.55)^2 = 4.84(N)$$

Lực quán tính:

$$FQ = M.a \quad (14)$$

Trong đó:

M là khối lượng toàn bộ, $M = 100$ (kg)
 a là gia tốc của xe. Chọn gia tốc $a = 1$ (m/s²)
 Suy ra: $F_Q = 100.1 = 100$ (N).

Từ những tính toán trên, thay các giá trị vừa tính được vào công thức trên ta được:

$$F_M = 100 + 30 + 4.84 + 330 = 464.84(N)$$

Tuy nhiên, để hạn chế công suất cho động cơ điện ta không cho phép xe hoạt động ở chế độ có cả hai lực cản xảy ra cùng lúc. Chẳng hạn, khi xe lên dốc ta chỉ cho phép xe chạy đều và vận tốc nhỏ nên bỏ qua lực quán tính và lực cản gió, hoặc khi xe đang chạy ở tốc độ tối đa thì xem như không tồn tại lực cản lên dốc và lực quán tính. Như vậy, lực cần thiết của động cơ điện ở hai trường hợp này được tính lại là:

$$F_{MD} = F_L + F_D = 30 + 330 = 360 (N)$$

$$F_{MG} = F_L + F_G = 30 + 4.84 = 34.84 (N)$$

Cả hai trường hợp này đều có lực cản chung nhỏ hơn trường hợp tổng quát và phù hợp với chế độ hoạt động thực tế của xe. Ta chọn trường hợp xe vượt dốc để xác định momen yêu cầu tại bánh xe và chạy ở tốc độ tối đa để xác định cân bằng công suất cho động cơ điện.

Khi xe vượt dốc momen yêu cầu tại bánh xe được tính:

$$M_{bx} = F_{MD}.R_{bx} = 360.0,16 = 57,6 (Nm) \quad (15)$$

Và công suất cần của xe khi chạy ở tốc độ tối đa lúc này là:

$$P_{CG} = F_{MG}.v = 34,84.5,55 = 193,362(W) \quad (16)$$

Công suất cần thiết của động cơ điện để cân bằng với công cản của xe trong trường hợp này là:

$$P_M = P_{CG}/h \quad (17)$$

với h là hiệu suất của hệ thống truyền lực, chọn sơ bộ $h = 0,93$

Suy ra:

$$P_M = 193,362/0,93 = 207,92 (W)$$

Vậy ta chọn động cơ điện một chiều có công suất tại số vòng quay lớn nhất của nó lớn hơn 207,92 (W). Và momen yêu cầu phải đảm bảo khả năng vượt dốc lớn nhất của xe.

2.3 Nghiên cứu, chọn động cơ điện

Chọn động cơ là công việc quan trọng và không dễ dàng vì các thông số đó là do bản thân tự tính toán từ các dữ liệu biết trước của các tiêu chí được đưa ra lúc đầu. Mặt khác các thông số động cơ đó không có trên thị trường. Nhưng việc chọn động cơ vẫn cho phép sai lệch trong một giới hạn nhất định thường là chọn động cơ có công suất vừa đủ nếu có hoặc cao hơn.

Các tiêu chí thông số động cơ cần chọn

- + Công suất: 193,362W trở lên.
- + Điện áp hoạt động thông dụng: 24V
- + Động cơ DC.
- + Không chổi than (3 pha).
- + Động cơ tích hợp trong bánh xe
- + Kích thước không quá lớn từ 16 inch trở xuống.

Từ các thông số và các tiêu chí được đưa ra ở trên nhóm chọn động cơ xe đạp điện cũ loại 24V, bán kính 20 cm.

Trên thị trường có rất nhiều loại động cơ bánh xe điện với nhiều loại mẫu mã và thông số khác nhau. Các loại động cơ này thường có giá thành không quá cao vì loại động cơ này rất thông dụng. Thường sẽ thấy các động cơ này sản xuất nhiều ở Trung Quốc. Động cơ kiểu này có nhiều ưu điểm như khỏe, tiết kiệm điện, dễ lắp đặt, sửa chữa, thay thế và giá thành rẻ. Chính vì thế chúng được ứng dụng nhiều trong cuộc sống như xe đạp điện, xe máy điện, xe lăn điện, xe hơi điện.

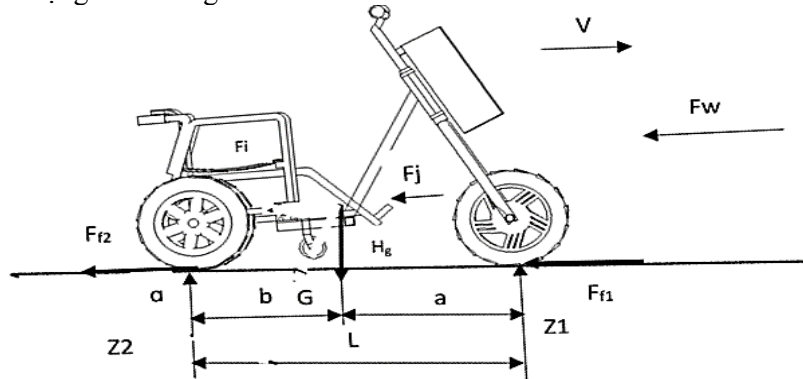
- Chọn động cơ: động cơ xe đạp điện 24V
- Thông số bánh xe điện:
- Kích thước: loại bánh 20 cm (bán kính), đường kính 40 cm, bề rộng của lốp bánh. 4cm, đường kính của lõi động cơ 15 cm, đường kính của trục động cơ 1,5 cm.
- Khối lượng: khối lượng toàn bộ bánh xe là 5 kilogam.
- Xuất xứ: Được sản xuất tại Trung Quốc, dùng làm động cơ cho bánh xe đạp điện.

- Loại động cơ: thuộc loại động cơ 3 pha không chổi than
- Công suất: công suất hoạt động định mức do nhà sản xuất đưa ra là 250W, điện áp hoạt động định mức là 24v. Từ đó tìm được dòng tiêu hao định mức là 10,4 A.

2.4 Tính toán tải trọng phân bố trên xe

Do khối lượng của xe chủ yếu ở người vận hành ngồi trên xe lăn. Nên trọng tâm khối lượng của xe sẽ lệch về phía bánh sau xe.

- Khoảng cách giữa 2 tâm bánh xe là $L = 0.9$ m.
- Trọng tâm khối lượng của xe cách đường tâm bánh xe sau là: $b = 0,35$ m.
- Khoảng cách từ trọng tâm khối lượng của xe đến đường tâm bánh xe trước là $a = 0,55$ m.
- Chiều cao trọng tâm xe $H_g = 0.3$ m



Hình 6: Tải trọng phân bố khi xe đi trên đường bằng

Dựa theo tính toán của môn lý thuyết ô tô, phân lực của mặt đường tác dụng lên bánh xe trước (Z_1) và bánh xe sau (Z_2)

$$Z_1 = \frac{G \cdot b}{L} = \frac{1000 \cdot 0,35}{0,9} = 388,89 \text{ N} \quad (18)$$

$$Z_2 = \frac{G \cdot a}{L} = \frac{1000 \cdot 0,55}{0,9} = 611,11 \text{ N} \quad (19)$$

Từ kết quả tính như trên ta có

Tải trọng phân bố khi gắn đầu kéo vào xe lăn

- Bánh xe trước: $Z_1 = 388,89 \text{ N} = 38,889 \text{ kg}$
- Bánh xe sau: $Z_2 = 611,11 \text{ N} = 61,111 \text{ kg}$

2.5 Thiết kế, chế tạo sản phẩm đầu kéo xe lăn tay



Hình 7: Phần Khung cơ khí



Hình 8: Nguồn và bộ điều khiển

Từ kết quả của việc tính toán, nhóm nghiên cứu sử dụng thanh kẹp khung sắt vuông có chiều rộng 3cm, chiều dài 3cm, dày 1mm. Động cơ điện được lựa chọn là động cơ điện 1 chiều 24V, công suất 250W. Mạch

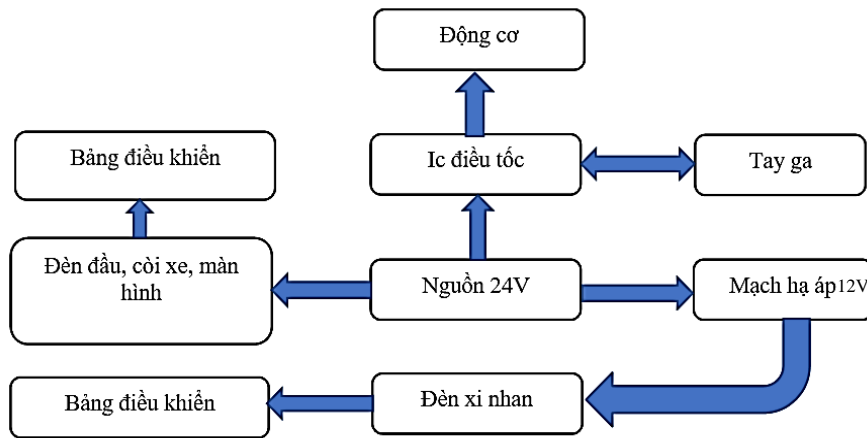
điều khiển dùng IC TL494 (IC tạo xung điều biến độ rộng PWM). Bộ nạp accu có điện áp vào AC220V, ra DC 24V-30.5V, dòng nạp 2.5A. Chọn bình accu xe đạp điện 12V 9Ah.



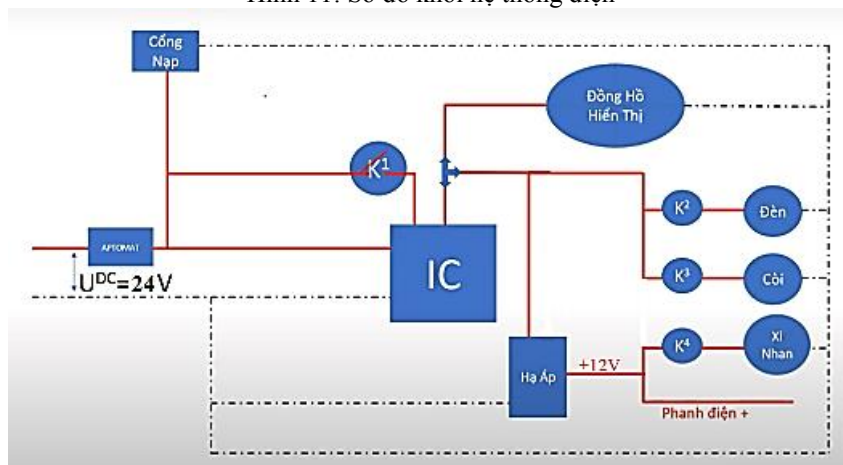
Hình 9: Đầu kéo xe lăn tay



Hình 10: Sản phẩm đầu kéo xe lăn tay hoàn thiện



Hình 11: Sơ đồ khối hệ thống điện



Hình 12: Sơ đồ đi dây mạch điều khiển

2.6 Vận hành mô hình

- Tốc độ tối đa của xe trên đường bằng khoảng từ 20 km/h đến 25 km/h

- Thử nghiệm tải trọng người ngồi từ 40 kg đến 70 kg nhưng xe vẫn đứng vững, chắc chắn
- Thử nghiệm cho xe leo dốc, xe chạy ổn định
- Thử nghiệm cho xe chạy trên đường lộ, xe chạy êm, không có tiếng kêu lớn
- Thử nghiệm cho xe chạy qua địa hình gồ ghề, xe đi dễ dàng, giảm xóc hoạt động tốt, ít bị rung lắc khi đi chuyên
- Thời gian sử dụng pin khác so với tính toán, do tiêu hao qua các hệ thống phụ
- Xe có hệ thống đèn chiếu sáng, đèn xi nhan, phanh, còi đảm bảo an toàn cho người khuyết tật vận hành

2.7 Tính kinh tế của mô hình

- Tổng chi phí cho việc sản xuất mô hình là 3.050.000 đồng, có nhiều tính năng hơn và rẻ hơn rất nhiều so với đầu kéo xe lăn tay được bán ngoài thị trường (từ 8.625.000-22.000.000 đồng)

3 KẾT LUẬN

Sản phẩm hoàn thiện đáp ứng được cơ bản các yêu cầu đặt ra, có thể hỗ trợ cho những người khuyết tật trong cuộc sống hàng ngày.

- Cơ cấu gọn nhẹ, đơn giản, dễ dàng thao tác lắp đặt.
- Độ tin cậy, an toàn tương đối ổn định.
- Có tính năng lùi xe an toàn.
- Có đèn pha, thắng, còi, xi nhan giúp người sử dụng có thể thuận tiện đi lại trên đường lớn mà vẫn đạt được các tiêu chí an toàn.
- Có màn hình thân thiện, dễ nhìn, trạng thái đèn pha, báo dung lượng pin. Giúp người sử dụng dễ dàng theo dõi hệ thống.
- Pin lưu trữ tuổi thọ cao, thân thiện với môi trường.
- Hệ thống có vẻ ngoài đẹp.
- Vì sử dụng một bánh xe điện nên tiêu thụ điện ít hơn xe điện nguyên chiếc.
- Khối lượng nhẹ, kích thước nhỏ.
- Sản phẩm có giá thành rẻ, chất lượng đảm bảo. (Rẻ hơn 1/3 so với thị trường)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Quang Tuyên. *Tìm hiểu động cơ một chiều không chổi than (BLDC)*. Trường Đại học Hải Phòng (2015)
- [2] Đỗ Kiến Quốc. *Giáo trình Sức bền vật liệu*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP.HCM (2016)
- [3] Nguyễn Hữu Lộc. *Thiết kế máy và chi tiết máy*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP.HCM (2014)
- [4] Nguyễn Tấn Phước. *Giáo trình Mạch điện tử*. Nhà xuất bản TP.HCM (2010)
- [5] Nguyễn Hữu Cần. *Lý thuyết ô tô máy kéo*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật (2012)
- [6] Đỗ Văn Dũng. *Điện động cơ và điều khiển động cơ*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP.HCM (2013)
- [7] Design and Manufacture of a Combined Wheelchair and Tricycle, Supervisor: Dr Phil Harrison.

YSC5.F219

DESIGN OF PNEUMATIC ENGINE STARTER

TRẦN HOÀNG KIÊN TRUNG^{1*}, LÊ VĂN HIỆU², NGUYỄN HỮU TÀI³, ĐẶNG MINH HUY⁴,
PHẠM TRƯỜNG THỊNH⁵, TS. HỒ THANH THO^{6*}

^{1,2,3,4,5}Lớp DHOT15B, Khoa Công nghệ Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

⁶Khoa Công nghệ Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

*19490331.trung@student.iuh.edu.vn, hothanhtho@iuh.edu.vn

Abstract. The car starter is an extremely important part of the working system. In the current automotive field, pneumatic starters can be said to have not been widely and commonly used. This article introduces specifically about the operation, functions and necessary parameters to be able to start the Toyota 3C-TE diesel engine with a pneumatic starter. Through studying with reference materials, theoretically calculate the components of the starter machine and then accurately draw the details based on the calculated parameters. From there, analyze and assemble the details and simulate the operation of the pneumatic engine starter. Along with the durability of details through 3D simulation software, it helps to define and concretize the ability to design a complete pneumatic starter system. The research results show that with the input torque of the Toyota 3C-TE diesel engine of 22.5 N.m, the contact strength between the bendix gear and the flywheel, between the sun gear and the planetary gear and the end The durability of the turbine blades ensures safety when working.

Keywords. Pneumatic engine starter, engine starting power, impulse turbine, pneumatic motor, planetary gear reducer

THIẾT KẾ MÁY KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ BẰNG KHÍ NÉN

Tóm tắt. Máy khởi động trên ô tô là bộ phận vô cùng quan trọng trong hệ thống làm việc. Trong lĩnh vực ô tô hiện tại thì máy khởi động bằng khí nén có thể nói chưa được sử dụng rộng rãi và phổ biến. Bài báo này giới thiệu cụ thể về cách vận hành, chức năng và các thông số cần thiết để có thể khởi động được động cơ diesel Toyota 3C-TE bằng máy khởi động khí nén. Thông qua việc nghiên cứu bằng các tài liệu tham khảo, tính toán lý thuyết các chi tiết cấu thành máy khởi động và sau đó vẽ chính xác các chi tiết dựa trên những thông số đã tính. Từ đó tiến hành phân tích lắp ráp các chi tiết và mô phỏng hoạt động của máy khởi động động cơ bằng khí nén. Cùng với việc tính bền các chi tiết thông qua phần mềm mô phỏng 3D giúp xác định và cụ thể hoá khả năng thiết kế nên một hệ thống máy khởi động khí nén hoàn chỉnh. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng với mô men đầu vào của động cơ diesel Toyota 3C-TE là 22,5 N.m thì độ bền tiếp xúc giữa bánh răng bendix và bánh đà, giữa bánh răng mặt trời và bánh răng hành tinh và cuối cùng là độ bền của cánh tuabin đều đảm bảo an toàn khi làm việc.

Từ khoá. Máy khởi động động cơ bằng khí nén, công suất khởi động động cơ, tuabin xung lực, động cơ khí nén, hộp giảm tốc bánh răng hành tinh

1 INTRODUCE

Currently, the starting system consists of an electric engine start system, a hydraulic engine start system, a pneumatic engine start system and the system commonly used in cars today is an electric start system. This is the optimal system to help the car engine start well and stably, but the operation still has certain limitations: easily damaged electrical parts, complex structure. This led us to come up with a new idea, which was to design a starting system with a pneumatic starter in a car. A system not yet used in automobiles, most of which are designed and built for ships and aircraft. So this paper solves the above problem with the starter

design applied to the Toyota 3C-TE. The calculation parameters required for a starter and how to operate the details are clearly shown by the article. From there, it can be used in universities to serve the training process at low cost and can be manufactured for practical use.

2 THEORETICAL BASIS AND RESEARCH HYPOTHESIS

2.1 Determine the torque to rotate the motor

Choosing a Toyota 3c-te electronic oil injection engine

Sequence number	Parameter name	Ampersand	Value	Unit
1	Number of engine cylinders	i	4	
2	Number of periods of the engine	τ	4	Period
3	Compression ratio	ε	22,6	
4	Piston stroke	S	94	mm
5	Cylinder diameter	D	86	mm

Calculating the average indicator pressure p_i [1]

$$p_i' = p_a \frac{\varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} \left[\lambda \cdot (\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] \quad (1)$$

In there:

- p_i' [N/m²]: Theoretical average indicator pressure
- p_a [N/m²]: Pressure at the end of the charging process
For non-turbocharged four-stroke engines: $p_a = (0,8 \div 0,9) \cdot p_k$ [1]
With p_k [N/m²] is the medium pressure in front of XupaP intake
For non-turbocharged engines can be considered approximately:
 $p_k \approx p_0 = 0,1$ (MN/m²) = 10^5 (N/m²)
- ε : Compression ratio of the engine
- n_1 : Average multivariate compression index
- n_2 : Average multivariate expansion index
For diesel engines, cars, tractors then $n_2 = 1,14 \div 1,23$
- λ : Combustion turbocharger coefficient of the engine
For diesel engines $\lambda = 1,2 \div 2,4$.
- ρ : Coefficient of combustion expansion of the engine
For diesel engines $\rho = 1,2 \div 1,7$.
- δ : Coefficient of expansion during engine expansion
We have: $\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}$

Actual average indicator pressure [1]

With a public graph fill coefficient $\varphi_d = 0,92 \div 0,97$.

$$p_i = \varphi_d \cdot p_i' \left[\frac{N^2}{m} \right] \quad (2)$$

Calculate the indicator power [1]

$$P_i = \frac{p_i \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30 \cdot \tau} \quad (w) \quad (3)$$

In there:

- P_i (w): Indicator power
- p_i (N/m²): Actual average pressure
- V_h (m³): Volume of work of cylinders [3]

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S \quad (m^3) \quad (4)$$

- i : Number of cylinders of the engine. $i = 4$

- n (v/ph): The smallest number of revolutions for the engine to start.
- τ : Number of periods of the engine.

Useful power calculation P_e [1]

With mechanized performance $\eta_m = 0,63 \div 0,69$.

$$P_e = \eta_m \cdot P_i \quad (w) \quad (5)$$

Calculation of mechanized loss power P_m [1]

$$P_m = P_i - P_e \quad (w) \quad (6)$$

Calculation of starter power

Power required for start-up: [2]

$$P_{kd} = \frac{P_m}{\eta_m} \quad (w) \quad (7)$$

Starter capacity: [3]

$$P_{mkd} = \frac{P_{kd}}{\eta_{mkd}} \quad (w) \quad (8)$$

With starter performance $\eta_{mkd} = 0,7 \div 0,75$

Number of starter revolutions

$$\begin{aligned} N_{bd} \cdot t_{bd} &= N_{bendix} \cdot t_{bendix} \\ \Rightarrow N_{bendix} &= \frac{N_{bd} \cdot t_{bd}}{t_{bendix}} \quad (rpm) \end{aligned} \quad (9)$$

Calculate the torque required for starting [1]

$$\begin{aligned} P_{mkd} &= \frac{2\pi \cdot N_{bendix} \cdot T_{mkd}}{60} \\ \Rightarrow T_{mkd} &= \frac{P_{mkd} \cdot 60}{2\pi \cdot N_{bendix}} \quad (N \cdot m) \end{aligned} \quad (10)$$

- T_{mkd} : starter torque

2.2 The minimum number of revolutions to start the engine

The crankshaft needs to rotate faster than the minimum rotational speed to start the engine. The minimum rotational speed of each motor is different according to the operating condition and structure of each motor. For gasoline engines will usually from 40 – 60 rpm and for diesel is from 70 – 120 rpm [3].

2.3 Lever design principle

Control Valve: Using the principle of leverage

Drive lever (lever) is connected to the push rod of the cylinder making the Bendix gear match the flywheel

Choosing a cylinder:

Determine the cylinder stroke

Acceleration $a = 10 \text{ m/s}^2$

Bendix gear set mass

The minimum applied force pushes the bendix gear to match the flywheel

$$F \geq m \cdot a \quad (N) \quad (11)$$

Choose F, Choosing a cylinder

Pressure supply to cylinder [4]

$$P \geq \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)} \quad (MPa) \quad (12)$$

2.4 Calculation of bedix gear sets

2.4.1 Bendix gears

Determine the permissible contact stress [5]

$$[\sigma_H] = \sigma_{0Hlim} \cdot \frac{0,9 \cdot K_{KL}}{s_H} \quad (MPa) \quad (13)$$

In there:

$[\sigma_H]$: Permissible contact stress (Mpa)

s_H : Safety factor looked up the table

K_{HL} : Life expectancy factor

$\sigma_{H\ lim}^o$: Contact fatigue limits correspond to the number of baseline cycles

$\sigma_{H\ lim}^o = 2HB + 70$ (Mpa)

Permissible contact stress under overload

$$[\sigma_H]_{max} = 2,8 \cdot \sigma_{ch} \text{ (MPa)} \quad (14)$$

Axis spacing

$$a_w = k_a(u + 1) \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot k_{Hb}}{(\sigma_H)^2 \cdot u \cdot \Psi_{ba}}} \text{ (mm)} \quad (15)$$

Modun

$$m = (0,01 - 0,02)a_w \quad (16)$$

Table 1. Formula table for calculating Bendix gear size [6]

Parameter	Dimension (mm)
Tooth height	$h = 2,25m$
Glass direction gap	$C = 0,25m$
Root angle	$\varphi_r = m/3$
Dividing ring diameter	$d1 = m \cdot Z1 / \cos\beta$
Peak ring diameter	$da = d1 + 2m$
Bottom ring diameter	$df = d1 - 2,5m$

2.4.2 Torsion gear set

Table 2. Table of formulas for calculating the size of the set of helical gears [6]

Parameter	Dimension (mm)
Tooth height	$h = 2,25m$
Glass direction gap	$C = 0,25m$
Root angle	$\varphi_r = m/3$
Dividing ring diameter	$d1 = m \cdot Z1 / \cos\beta, d2 = m \cdot Z2 / \cos\beta$
Peak ring diameter	$da1 = d1 + 2m, da2 = d1 - 2m$
Bottom ring diameter	$df1 = d1 - 2,5m, df2 = a_w + da1 + 0,5m$

2.4.3 One-way clutch

Roller contact strength and two clutch halves [6]

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{\frac{8 \cdot K \cdot T_{max} \cdot E}{z \cdot D \cdot d \cdot l}} \quad (17)$$

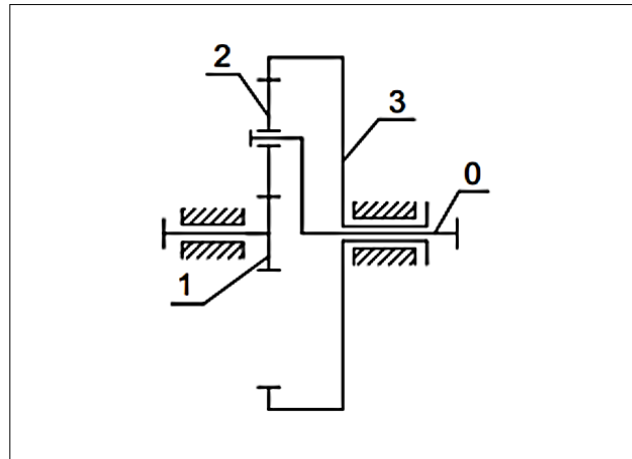
2.5 Actuators

2.5.1 Coaxial conditions of planetary gears

The axis of rotation of wheels 1 and 3 coincide when axial spacing a_{12} between center gear 1 and planetary gear 2 and axial spacing a_{23} between ring gear 3 and planetary gear 2 equal, that is [5]:

$$a_{12} = a_{23}$$

Or: $r_1 + r_2 = r_3 - r_2$



Form 1. Diagram of the planetary gear reducer
 0-Guide rod 1-Mooncakes 2-Planetary cake 3-Ring gear
 With gears of the same modulus, the number of teeth: $Z_1 + 2Z_2 = Z_3$

Table 3. Calculation formula [6]

Parameter	Dimension (mm)
Glass direction gap	$C = 0,25m$
Diameter of the top of the tooth	$d_d = m \cdot (z_1 + 2)$
Root diameter	$d_c = d_w - 2 \cdot (m + c)$

2.5.2 Introduction of planetary gear transmissions

The primary assembly receives torque from the gas turbine, through the coupling to the No. 1 central gear shaft, the No. 1 central gear drives the No. 2 planetary gear as the rotary lever and the No. 3 gear ring is fixed. The planetary gear transmission is calculated according to [5].

Gear ratio of the gearbox.

The input rotational velocity is determined as follows:

$$u_{10} = \frac{n_1}{n_0} \Rightarrow N_{turbine} = u_{10} \cdot N_{bendix} \text{ (rpm)} \quad (18)$$

In there: $N_{turbine}$ is the number of revolutions inlet from the turbine.

N_{bendix} is the number of revolutions in gear output Bendix.

Determine the permissible contact stress $[\sigma_H]$ and permissible bending stress $[\sigma_F]$

Improved tempered C45 steel for external gear pairs:

Number of periods of change of base stress

$$N_{H0} = 30 \cdot H_{HB}^{2,4} = 30 \cdot 340^{2,4} = 3,57 \cdot 10^7 \text{ (cycle)} \quad (19)$$

(N_{H0} – number of baseline stress change cycles when testing on contact)

Equivalent number of stress change cycles

$$N_{H1} = 60ct_{\Sigma} N_{bendix} e \text{ (cycle)} \quad (20)$$

$$N_{H2} = \frac{N_{H1}}{u_{12} \cdot c} \text{ (cycle)} \quad (21)$$

Number of solar gear revolutions:

$$N_1 = (1 + e) \cdot N_{bendix} \text{ (ring)} \quad (22)$$

Number of planetary gear revolutions:

$$N_2 = \frac{2e \cdot N_{pendix}}{(1 - e)} + N_{bendix} \text{ (ring)} \quad (23)$$

The sign (-) appears because the planetary gear rotates in the opposite direction to the solar gear.

$$u_{12} = \frac{N_2}{N_1} \quad (24)$$

Because $N_{H1} > N_{H0}$ should $K_{HL1} = 1$, even:

$$K_{HL2} = \sqrt[6]{\frac{N_{H0}}{N_{H2}}} = \sqrt[6]{\frac{3,57 \cdot 10^7}{2,037 \cdot 10^7}} = 1,1 \quad (25)$$

$$[\sigma_H] = [\sigma_{H1}] = \sigma_H^o \lim \cdot \frac{0,9K_{HL1}}{S_H} \text{ (MPa)} \quad (26)$$

Permissible bending stress of gears 1 [6]

$$[\sigma_F]_1 = \sigma_F^o \lim \cdot K_{FL} \cdot \frac{K_{FC}}{S_F} \text{ (MPa)} \quad (27)$$

In there:

K_{FC} : The coefficient considers the effect of two-dimensional rotation on fatigue strength. Here 1-way rotation should be $K_{FC} = 1$

K_{FL} : Life expectancy factor

S_F : Safety factor

$\sigma_F^o \lim$: Gbending fatigue limit

$\sigma_F^o \lim = 1,8 \text{ HB}$

Permissible bending stress of gears 2

$$[\sigma_F]_2 = [\sigma_F]_1 \cdot 0,75 \text{ (MPa)} \quad (28)$$

Permissible overload stress [5]:

$$[\sigma_H]_{max} = 2,8 \sigma_{ch} \text{ (MPa)} \quad (29)$$

$$[\sigma_F]_{max} = 0,8 \sigma_{ch} \text{ (MPa)} \quad (30)$$

For C45 steel I improved to make internal gears

$$N_{H0} = 30 \cdot H_{HB}^{2,4} \text{ (cycle)} \quad (31)$$

$$N_{H3} = \frac{N_{H2} \cdot c}{u_{23}} \text{ (cycle)} \quad (32)$$

In there:

$$u_{23} = \frac{u_{10}}{u_{12}} \quad (33)$$

$$\sigma_F^o \lim = 1,8 \cdot \text{HB} \text{ (MPa)} \quad (34)$$

Therefore:

$$[\sigma_H]_3 = \sigma_H^o \lim \cdot \frac{0,9 \cdot K_{HL3}}{S_H} \text{ (MPa)} \quad (35)$$

$$[\sigma_F]_3 = \sigma_F^o \lim \cdot K_{FL} \cdot \frac{K_{FC}}{S_F} \text{ (MPa)} \quad (36)$$

Calculation of transmitters

External articulation

Determination of the diameter of the solar wheel ring

$$d_{w1} = K_d \sqrt[3]{\frac{T_1 K_{H\Sigma}(u+1)}{[\sigma_H]^2 u \psi_{ba} c}} \quad (37)$$

T_1 determined by formula

$$T_1 = \frac{T_0}{e+1} \text{ (N.mm)} \quad (38)$$

Determination of matching parameters

Tooth rim width:

$$b_w = \psi_{ba} \cdot d_{w1} \text{ (mm)} \quad (39)$$

Modun tooth:

$$m = \frac{b_w}{12 \dots 15} \quad (40)$$

Axis spacing:

$$a_w = 0,5 \cdot d_{w1} \cdot (u_{12} + 1) \text{ (mm)} \quad (41)$$

Total number of teeth:

$$z_t = \frac{2 \cdot a_w}{m} \quad (42)$$

Hence the number of central gear 1 and satellite wheel 2 would be:

$$z_1 = \frac{z_t}{(u_{12} + 1)} \quad (43)$$

Number of teeth:

$$z_2 = u_{12} \cdot z_1 \quad (44)$$

Thus, the gear ratio of the pair of external gears is:

$$u_{12} = \frac{z_2}{z_1} \quad (45)$$

Dividing ring diameter:

$$d_{w1} = \frac{2 \cdot a_w}{(u_{12} + 1)} (mm) \quad (46)$$

$$d_{w2} = u_{12} \cdot d_{w1} (mm) \quad (47)$$

Toothtip diameter:

$$d_{d1} = m \cdot (z_1 + 2) (mm) \quad (48)$$

$$d_{d2} = m \cdot (z_2 + 2) (mm) \quad (49)$$

Cleft apex of the tooth:

$$c = (0,1 \div 0,3) m \quad (50)$$

Root diameter:

$$d_{c1} = d_{w1} - 2 \cdot (m + c) (mm) \quad (51)$$

$$d_{c2} = d_{w2} - 2 \cdot (m + c) (mm) \quad (52)$$

Calculate the centric coefficient according to:

$$Y = \frac{a_w}{m} - 0,5 \cdot (z_1 + z_2) (mm) \quad (53)$$

Thus, the adjustment coefficient on the pair of external joints is equal to 0 (mm)

Calculate the pair of gears that fit in:

Determination of the matching parameters of gears with internal teeth 3:

Number of gear teeth 3

$$z_3 = e \cdot z_1 \quad (54)$$

$$e = 2 \cdot u_{12} + 1 \quad (55)$$

Conditional testing

$$k = \frac{z_1 + z_3}{c} \quad (2.56)$$

With the number of teeth satisfying the mounting condition to keep the calculated shaft distance and since gears 1 and 2 do not align, gear 3 does not adjust.

Actual gear ratio of the gear pair 2-3

$$u_{23} = \frac{z_3}{z_2} \quad (57)$$

Gear divider ring diameter 3:

$$d_{w3} = \frac{2 \cdot a_w \cdot u_{23}}{u_{23} - 1} (mm) \quad (58)$$

Toothtip diameter:

$$d_{d3} = m \cdot (z_3 - 2) (mm) \quad (59)$$

Cleft apex of the tooth:

$$c = (0,1 \div 0,3) m \quad (60)$$

Root diameter:

$$d_{c3} = d_{w3} + 2 \cdot (m + c) (mm) \quad (61)$$

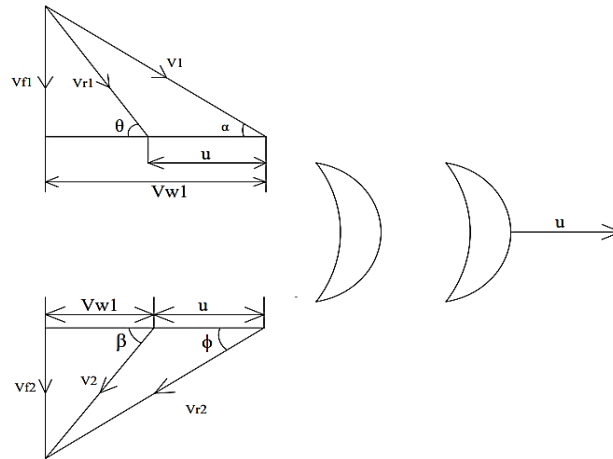
Number of widths of the rim of the tooth $\psi_{bd} = 0,15 \dots 0,25$. The tooth rim width 3 is determined as follows:

$$b_{w3} = \psi_{bd} \cdot d_{w3} \quad (62)$$

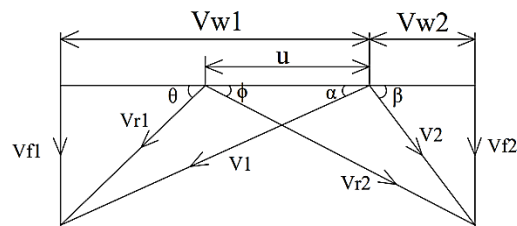
2.6 Pneumatic motor

2.6.1 Velocity triangle

To determine the relative velocity of air as it moves in the rotor blade, a velocity triangle is used to determine the velocity values of air.



Form 2. Velocity triangle of impulse turbine



Form 3. Combined velocity triangle

From the velocity triangle, the velocity components of air are determined

$$U = \frac{2\pi r \cdot N}{60} \quad (63)$$

$$V_{f1} = V_1 \cdot \sin \alpha \quad (64)$$

$$V_{w1} = \sqrt{V_1^2 - V_{f1}^2} \quad (65)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{V_{f1}}{V_{w1} - U} \quad (66)$$

$$V_{r1} = \sqrt{(V_{w1} - U)^2 + V_{f1}^2} \quad (67)$$

$$V_{w2} = \sqrt{V_{r2}^2 - V_{f2}^2} - U \quad (68)$$

$$V_2 = \sqrt{V_{w2}^2 + V_{f2}^2} \quad (69)$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{V_{f2}}{V_{w2}} \quad (70)$$

In impulse turbines

$$V_{r2} = V_{r1}$$

$$\theta = \phi$$

$$V_{f1} = V_{f2}$$

2.6.2 Turbine design

Ratio of inner and outer radius

$$v = \frac{r_h}{r_t} \quad (71)$$

The ratio between the inner and outer radius of the rotor also plays an important role in influencing turbine efficiency. In previous work [7] The turbine is designed with a ratio $v = 0,7$ shows high performance compared to other ratios. Yongyao Luo In research [8] tried values $v = 0,6-0,75$ It was also concluded that the proportion $v \approx 0,7$ is optimal for turbine design.

Outer radius of the rotor

$$r_t = r_m + \frac{h}{2} \quad (72)$$

Inner radius of the rotor

$$r_h = r_m - \frac{h}{2} \quad (73)$$

The ratio between the number of guide blades of the stator and the number of blades on the rotor

$$\Omega = \frac{Z_s}{Z_r} \quad (74)$$

The right ratio for impulse turbines is [9] given is 0,63

The number of blades on the rotor

$$Z = \frac{\pi \cdot D_m}{S_r} \quad (75)$$

The distance between the blades on the rotor [10]

$$S_r = k \cdot \frac{D_m}{\sin(\theta)} \quad (76)$$

With $k = (0,075-0,1)$

θ The angle of air entering the wing

Axial length of the wings

$$l_r = 2S_r \quad (77)$$

The clearance between the rotor and the housing is denoted h , this value is equal to about 1% of the axial length of the rotor scene. This is necessary so that when the rotor is operating, it does not get stuck to the housing, because when the rotor rotates at high speed under centrifugal force, the rotor blades tend to throw out of the center [11].

2.6.3 Momentum moment law

In the early 18th century, Euler's basic principles were used for most turbine engines [12]. The torque at the turbine shaft is equal to the rate at which the tangential momentum of air passing through the turbine's rotor changes.

With V_{w1} is the tangential component of the gas at the inlet and calls V_{w2} is the tangential component of the absolute velocity of the gas at the exit. Call r_1 and r_2 is the entry and exit radius that $r_1=r_2=r_m$.

Gaseous momentum at the inlet

$$P_v = \dot{m} \cdot V_{w1} \quad (78)$$

Tangential momentum of the gas at the outlet

$$P_r = \dot{m} \cdot V_{w2} \quad (79)$$

Momentum moment at input

$$M_{pv} = \dot{m} \cdot V_{w1} \cdot r_1 \quad (80)$$

Angular momentum at the outlet

$$M_{pr} = \dot{m} \cdot V_{w2} \cdot r_2 \quad (81)$$

Torque

$$T_t = \dot{m} \cdot r_m \cdot (V_{w1} + V_{w2}) \quad (Nm) \quad (82)$$

With \dot{m} is the mass flow of air (Kg/s)

Turbine capacity

$$P = T_t \cdot \omega = \dot{m} \cdot (V_{w1} \cdot r \cdot \omega + V_{w2} \cdot r \cdot \omega) = m \cdot U \cdot (V_{w1} + V_{w2}) \quad (w) \quad (83)$$

2.6.4 Rotor shaft calculation

The shaft diameter is determined only by the torque according to [6]:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]}} \quad (mm) \quad (84)$$

In there:

T – Input torque

$[\tau] = 15...30$ Mpa

Solid circular cross section [5]:

$$W_p = \frac{I_p}{R} = \frac{\pi \cdot R^3}{2} \quad (85)$$

Durable conditions:

$$\tau_{max} = \frac{T}{W_p} \leq [\tau] \tag{86}$$

3 RESEARCH METHODOLOGY

The theoretical research paper is based on references. From there, build a process for calculating and theoretically designing the components of the pneumatic engine starter. Finally, analyze the durability of the parts in the starter machine using 3D design software and build the operation simulation process of the device after designing based on simulation software.

4 RESEARCH RESULTS

4.1 Bendix gear durability test in contact with flywheel

Import metrics: Torque durability control

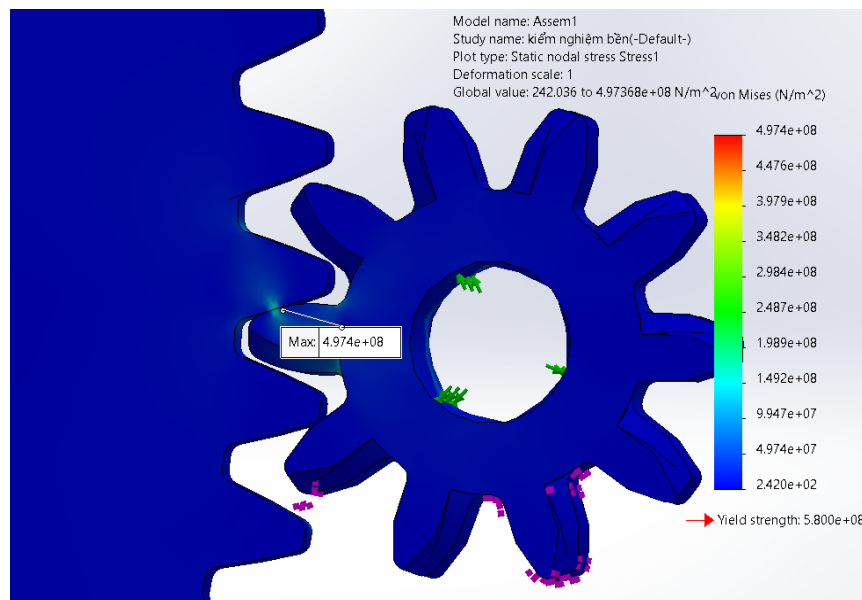
Torque: 22,25 N.m

Steelmaking materials C45

Table 4. Material parameters for making bendix gears

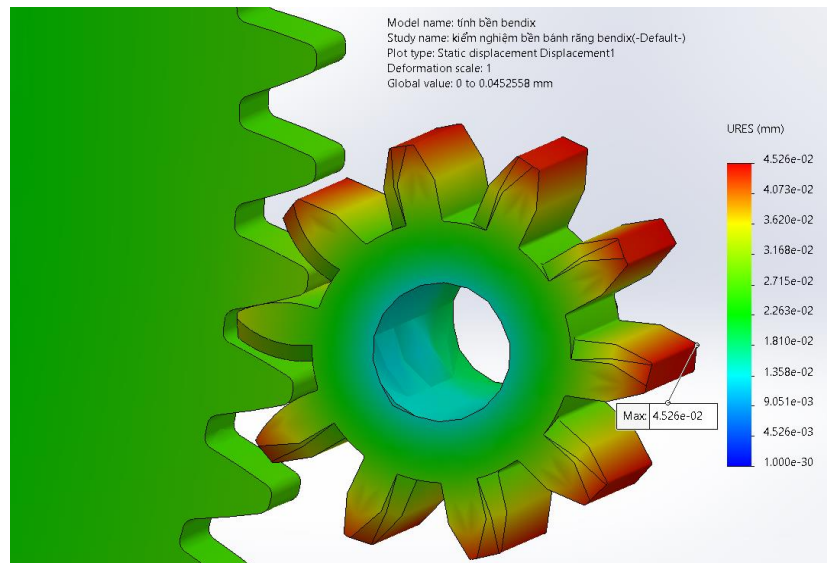
Characteristic	Value	Unit
Modulus of elasticity	210000.0031	N/mm ²
Poisson coefficient	0.28	N/A
Cutting module	79000	N/mm ²
Mass density	7800	kg/m ³
Tensile strength	750	N/mm ²
Compressive strength		N/mm ²
Flow limits	580	N/mm ²
Expansion coefficient	1.1e-05	/K
Thermal conductivity coefficient	14	W/(m·K)
Specific heat capacity	440	J/(kg·K)
Material vibration resistance coefficient		N/A

Stress



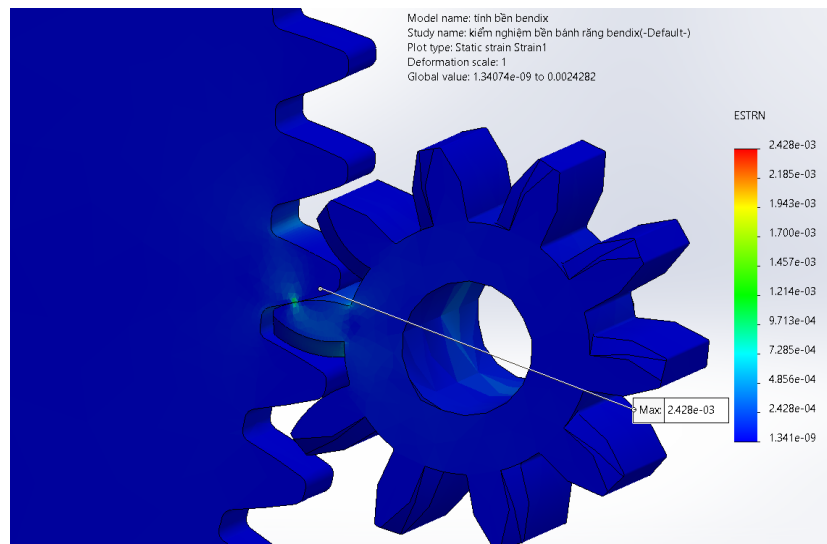
Form 4. Bendix gear stress

Displacement



Form 5. Bendix gear displacement

Distortion



Form 6. Bendix gear distortion

Observe

Table 5. Bendix gear test results match flywheel

	Test results	Material (steel C45)	Unit	Observe
Stress	$4,974.10^8$	$7,5.10^8$	N/m ²	The stress value is less than the stress of the material, ensuring the material is not destroyed when working. A safety factor of 1 ensures contact safety.
Displacement	$0 - 4,526.10^{-2}$		mm	
Deformation	$1,341.10^{-9} - 2,428.10^{-3}$			
Safety factor	1	1		

4.2 Solar gear durability test in contact with planetary gears

Import metrics: Torque Strength Test

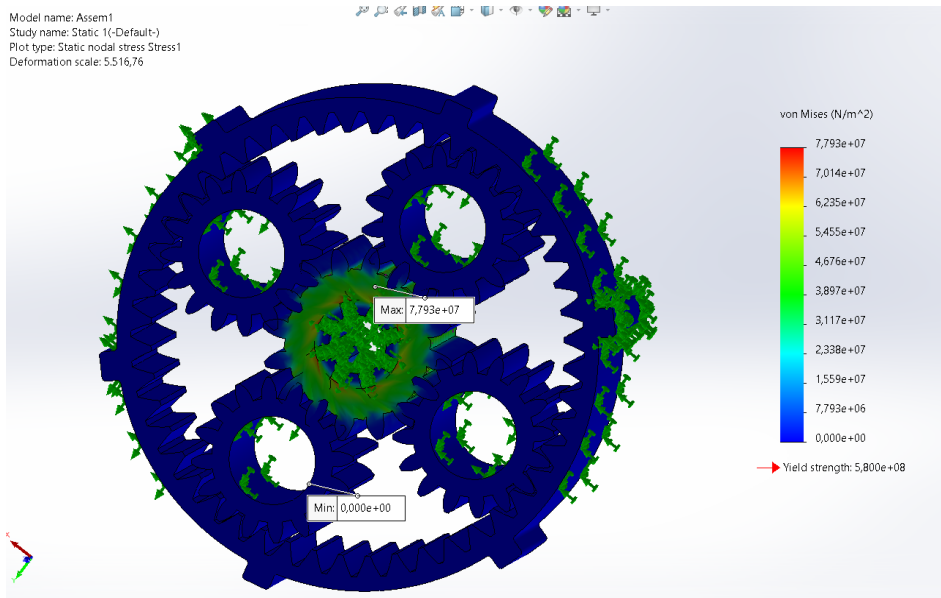
Torque: 7,417 N.m

Steelmaking materials C45

Table 6. Material parameters for making the bendix gear set

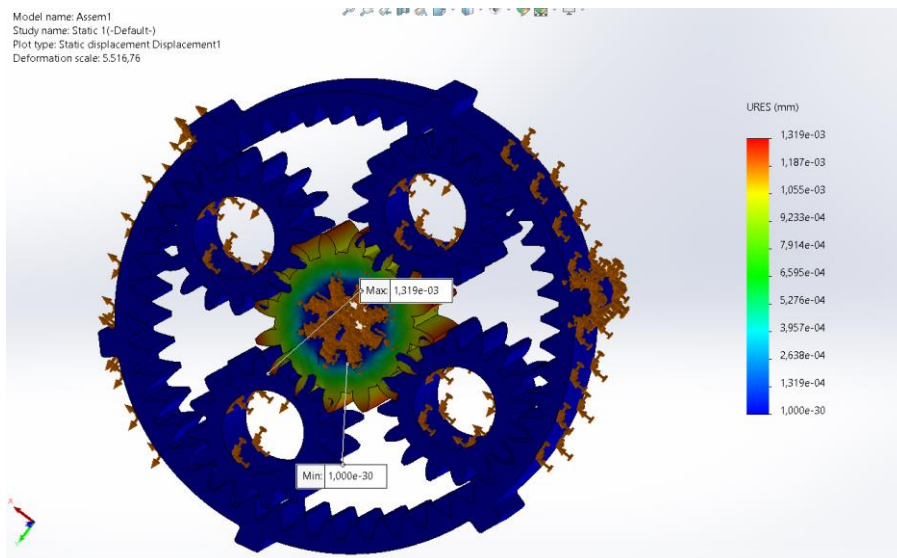
Characteristic	Value	Unit
Modulus of elasticity	210000.0031	N/mm ²
Poisson coefficient	0.28	N/A
Cutting module	79000	N/mm ²
Mass density	7800	kg/m ³
Tensile strength	750	N/mm ²
Compressive strength		N/mm ²
Flow limits	580	N/mm ²
Expansion coefficient	1.1e-05	/K
Thermal conductivity coefficient	14	W/(m·K)
Specific heat capacity	440	J/(kg·K)
Material vibration resistance coefficient		N/A

Stress



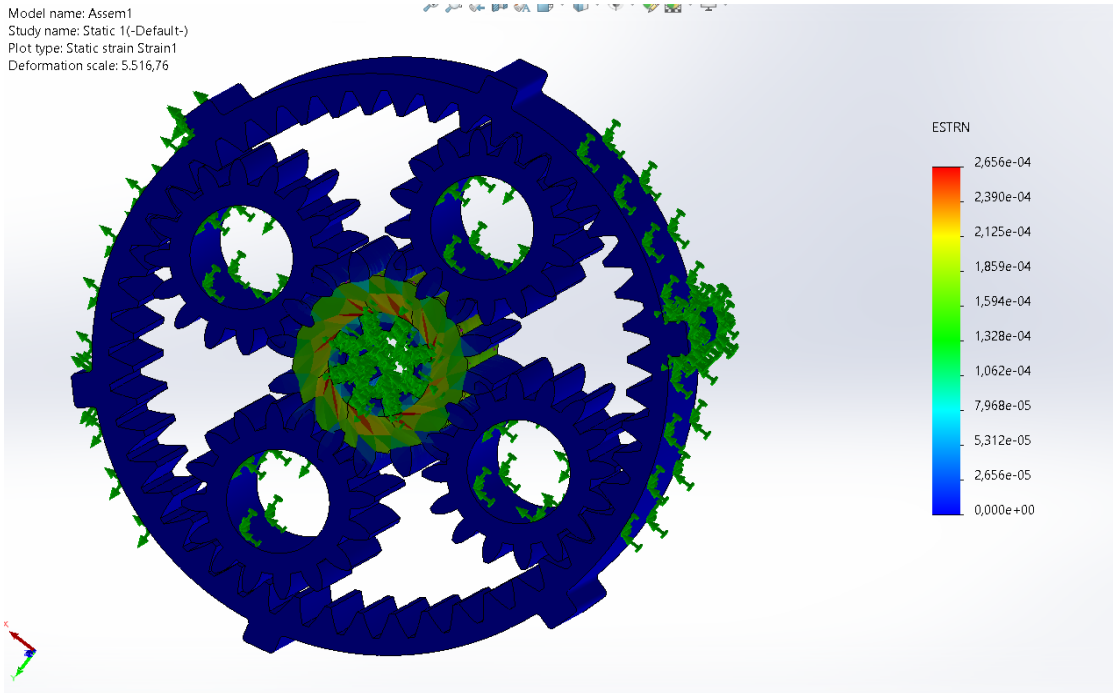
Form 7. Solar gear stress in contact with planetary gear

Displacement



Form 8. Solar gear in contact with planetary gear

Distortion



Form 9. Solar gear deformation in contact with planetary gears

Observe

Table 7. Test results of solar gears in contact with planetary gears

	Test results	Unit	Observe
Stress	$7,793.10^7$	N/m^2	Maximum stress value of gear $7,793.10^7$ less than the destructive stress of the material $5,8.10^8$ It is recommended to ensure that the material is not destroyed when working.
Displacement	$0 - 1,319.10^{-3}$	mm	
Deformation	$0 - 2,656.10^{-4}$		

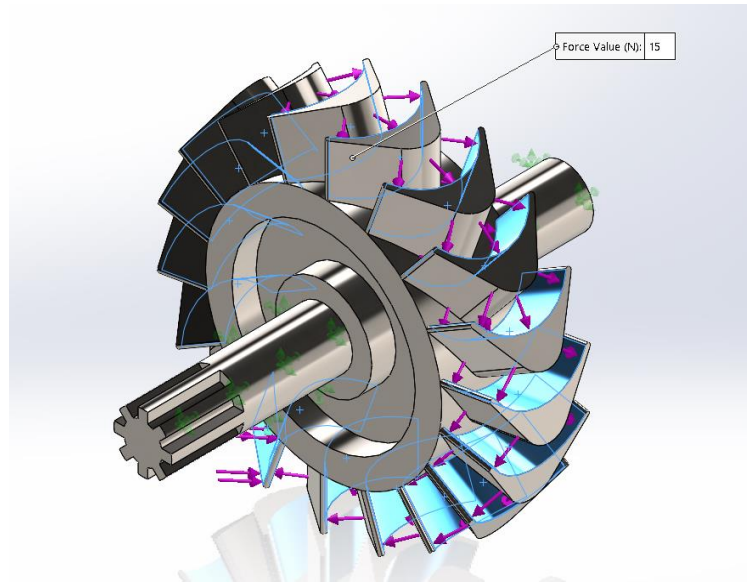
4.3 Wing durability test from rbine

Entry conditions: The force applied to each wing 15N

Material: Stainless steel

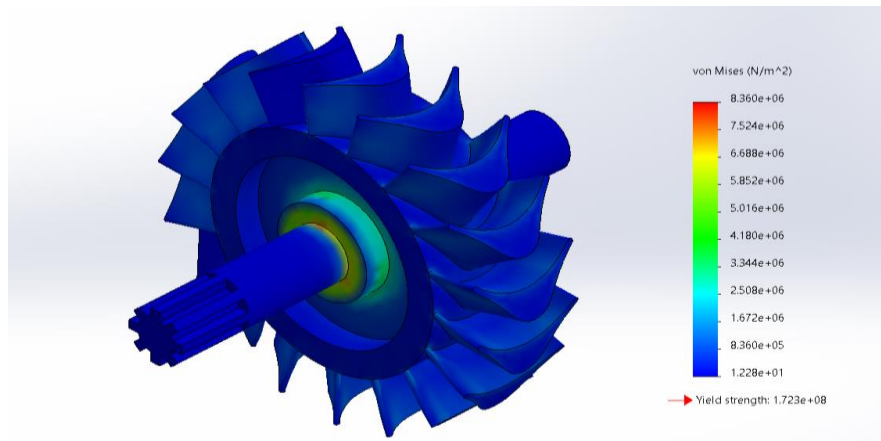
Table 8. Turbine material parameters

Characteristic	Value	Unit
Modulus of elasticity	200000	N/mm^2
Poisson coefficient	0.28	N/A
Cutting module	77000	N/mm^2
Mass density	7800	kg/m^3
Tensile strength	513.613	N/mm^2
Compressive strength		N/mm^2
Flow limits	172.339	N/mm^2
Expansion coefficient	$1.1e-05$	/K
Thermal conductivity coefficient	18	$W/(m \cdot K)$
Specific heat capacity	460	$J/(kg \cdot K)$



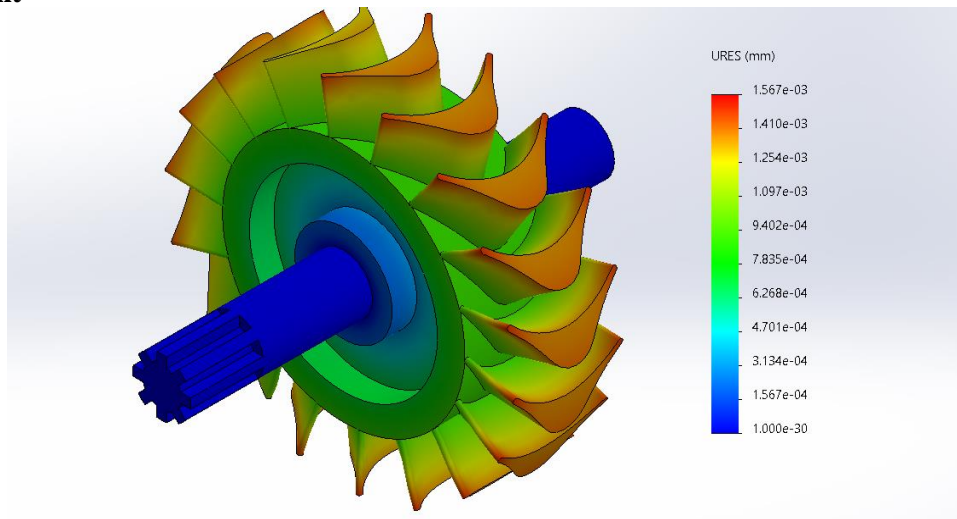
Form 10. Assign parameters to turbine blades

Stress



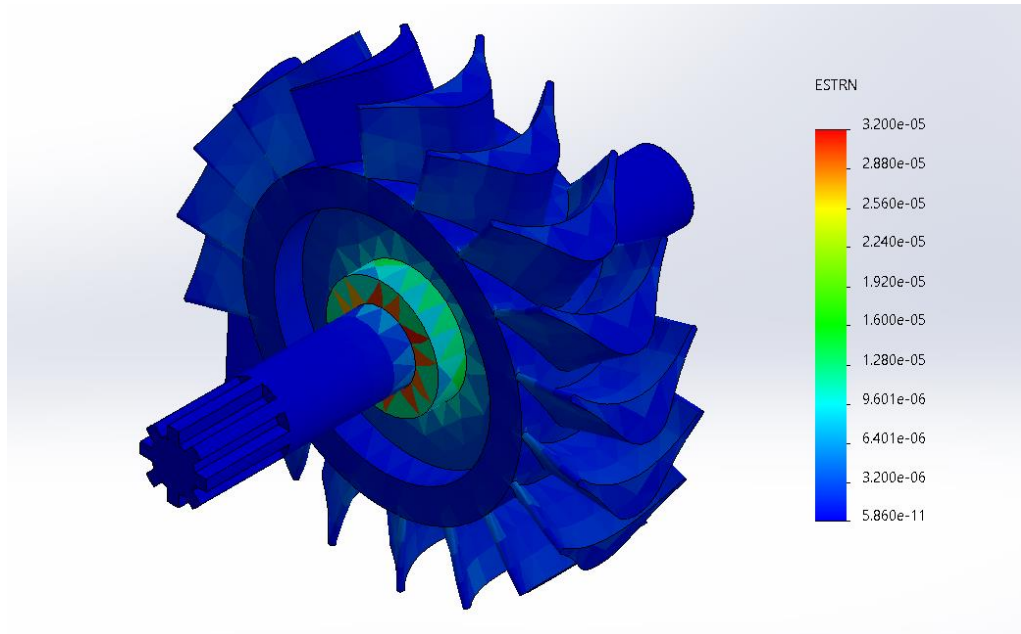
Form 11. Turbine blade stress

Displacement



Form 12. Turbine blade displacement

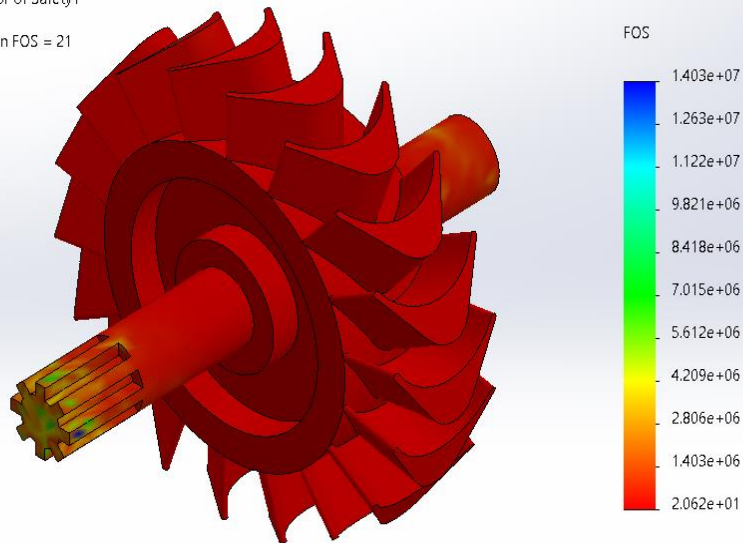
Strain



Form 13. Turbine blade deformation

Factor of Safety

Model name: rotor1205
 Study name: Static 1(-Default-)
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
 Criterion : Automatic
 Factor of safety distribution: Min FOS = 21



Form 14. Turbine blade safety factor

Observe

Table 9. Turbine blade durability test results

	Test results	Unit	Observe
Stress	$8,360.10^6$	N/m^2	Maximum stress value of the wing $8,360.10^6$ less than the destructive stress of the material $1,723.10^8$. It is recommended to ensure that the material is not destroyed when working.
Displacement	$0 - 1,567.10^{-3}$	mm	
Deformation	$0 - 3,2.10^{-5}$		

5 GOVERNANCE IMPLICATIONS

From the article, it can be drawn from the conclusion that successful calculation, design and simulation of the pneumatic starter has been completed. The research has helped to understand the operating principle and the importance of the starter for the engine. Also from here, it can be seen that the pneumatic starter is a useful option for the engine starting process in cars.

The application of pneumatic starters in cars helps to limit electrical failures when using electric starters, increasing engine safety when operating,.... At the same time, this is also a little contribution to the development of science and technology.

However, in practice, pneumatic engine starters are not yet commonly used in cars. Through this article, it is possible to have an in-depth understanding of the pneumatic starter and from there it is possible to make weightso use in practice.

BIBLIOGRAPHY

- [1] Nguyen Tat Tien, The principle of the internal combustion engine, Education Publishing House, 2000.
- [2] L. Q. Khanh, Computational Start-up System Design, University of Technology, 2014.
- [3] Do Van Dung, Modern Automobile Electrical and Electronic Systems, Ho Chi Minh City University of Education HCM, 2007.
- [4] ASS. Dr. Bui Hai Trieu, PhD. Nguyen Ngoc Que, PhD. Do Huu Quyet, PhD. Nguyen Van Huu, Hydraulic and Pneumatic Drive Textbook, Ministry of Education and Training, Hanoi University of Agriculture, 2006.
- [5] ASS. Dr. Trinh Substance, PhD. Le Van Uyen, Calculation of Mechanical Drive System Design, Education Publishing House, 2006.
- [6] ASS. Dr. Nguyen Huu Loc, Machine Design Foundation, Vietnam National University Ho Chi Minh City, 2013.
- [7] S. H., M. K. T. Setoguchi, "A review of impulse turbines for wave energy conversion," *Renewable Energy*, vol. 23, no. 2, pp. 261-292, 2001.
- [8] A. P. a. Z. W. Yongyao Luo, "Numerical Analysis of the Influence of Design Parameters on the Efficiency of an OWC Axial Impulse Turbine for Wave Energy Conversion," *Energies*, p. 939, 12 2019.
- [9] Y. C. a. Z. Liu, "Effects of Solidity Ratio on Performance of OWC Impulse Turbine," *Advances in Mechanical Engineering*, 2014.
- [10] P. D. J. c. Tamil Chandran, "Design Methodology and Structural analysis of Cross flow Turbine," *Innovative Solutions in Flow Measurement and Control - Oil, Water and Gas*, pp. 28-30, 8 2017.
- [11] P. A. Cashman, Design and Optimisation of the Impulse Turbine with an Internal Variable-Pitch Controlled Guide Vane System using Computational Fluid Dynamics and Experimental Analysis, Ireland: University of Limerick, 2012.
- [12] W. W. a. N. Anton, Aerodynamic design of a gas turbine rotor blade for the KTH test turbine, Sweden: Division of Thermal Power Engineering Department of Energy Sciences Lund Institute of Technology, 2013.

YSC5.F220

TÍNH TOÁN KIỂM TRA HỆ THỐNG VRV KẾT HỢP COMBINE MEP BẰNG REVIT CHO DỰ ÁN JAMONA CITY

NGUYỄN TRUNG HIẾU¹, PHẠM QUANG PHÚC¹, CHÂU NGUYỄN¹, ĐẶNG HIẾU NHÂN¹,
NGUYỄN CAO NGỌC ÁNH¹, VÕ LONG HẢI^{1*}

¹Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

*volonghai@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Việc tính toán thiết kế hệ thống thông gió và điều hòa không khí không còn quá mới mẻ đối với các kỹ sư nhiệt lạnh nhưng việc tính toán kiểm tra cũng như đưa ra phương án tối ưu hóa hệ thống, cũng như Combine Mep cũng đóng vai trò quan trọng nhưng ít được áp dụng rộng rãi hiện nay. Nội dung bài báo cáo là đưa ra phương án thiết kế lại, phân tích đặc điểm công trình, định hướng thiết kế lại; chọn thông số tính toán lại; chọn hệ thống điều hòa và Combine Mep cho dự án JAMONA CITY qua việc áp dụng các phần mềm thiết kế phổ biến hiện nay như AutoCad, Fantech, Heatload, Revit, theo tiêu chuẩn thiết kế TCVN, catalogue của hãng Panasonic, tiêu chuẩn Ashrae,....

Từ Khóa. điều hòa không khí và thông gió, JAMONA CITY, Combine Mep.

CALCULATION AND TEST OF VRV SYSTEM COMBINED COMBINE MEP WITH REVIT FOR JAMONA CITY PROJECT

Abstract. The calculation and design of ventilation and air-conditioning systems is not too new for refrigeration engineers, but the calculation and testing as well as the system optimization plan, as well as Combine Mep also plays an important role but is less widely applied today. The content of the report is to give a redesign plan, analyze the project characteristics, and orient the redesign; select recalculation parameters; selected the air conditioning system and Combine Mep for the JAMONA CITY project through the application of today's popular design software such as AutoCad, Fantech, Heatload, Revit, according to design standards TCVN, Panasonic catalog, Ashrae standard,....

Keywords. air conditioning and ventilation, JAMONA CITY, Combine Mep.

1 GIỚI THIỆU

Ngành điều hòa không khí (HVAC - Heating, Ventilation, and Air Conditioning) là một lĩnh vực kỹ thuật liên quan đến việc kiểm soát và cải thiện chất lượng không khí, nhiệt độ, độ ẩm và sự thông gió trong các tòa nhà và hệ thống công nghiệp. Hệ thống HVAC được thiết kế để tạo ra môi trường thoải mái và lành mạnh cho con người, đồng thời cung cấp điều kiện lý tưởng cho các quá trình công nghiệp và thương mại. Ngành điều hòa không khí có vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực, bao gồm xây dựng dân dụng, công nghiệp, y tế và hệ thống giao thông. Mục tiêu chính của ngành này là tạo ra một môi trường sống và làm việc thoải mái, an toàn và hiệu quả về mặt năng lượng, đồng thời giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường.

Bài báo cáo này trình bày kết quả kiểm tra tính toán thiết kế hệ thống thông gió và điều hòa không khí cho dự án JAMONA CITY, cũng như việc Combine Mep cho dự án này. JAMONA CITY có diện tích 105.953 m² cung cấp cho thị trường 2049 căn hộ + 201 căn biệt thự. Tọa lạc tại địa điểm đắc địa tại Quận 7, TP. HCM hứa hẹn sẽ là nơi ở lý tưởng cho một số lượng người có nhu cầu an cư tại TP. HCM.

Nội dung của bài báo là trình bày cấu trúc công trình, kiểm tra tính toán các thông số nhiệt, ẩm cùng thể hiện năng suất lạnh, tính toán, thiết kế đường ống gió và tiến hành lựa chọn thiết bị phù hợp với công trình nhằm tối ưu vốn đầu tư, tăng cường tiện ích cho dự án. Sử dụng kiến thức chuyên ngành cùng sự trợ giúp

của các phần mềm tính toán hiện nay như Revit, Auto Cad, Trace 700, VRV Express, theo các tiêu chuẩn như TCVN 5678-2010, ASHRAE và kết hợp với Catalog của các hãng như DAIKIN, FANTECH. Ngoài ra bài báo còn giới thiệu việc combine các hệ thống MEP trên Revit để xử lý xung đột giữa các hệ thống trong tòa nhà.

2 NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1 Tổng quan về công trình

a) Giới thiệu công trình

Công trình khu dân cư JAMONA CITY tọa lạc tại Đường Đào Trí, Phường Phú Thuận, Quận 7, TP. HCM. Dự án Jamona City có tổng diện tích rộng 105.953 m², mật độ xây dựng chỉ 35 % cung cấp các sản phẩm sở hữu lâu dài. Toàn bộ dự án cung cấp cho thị trường 2049 căn hộ + 201 căn biệt thự. Dự án Jamona City có tổng diện tích 10,6 ha cung cấp các sản phẩm với quy hoạch như sau:

Liên kề phố: với các sản phẩm với diện tích 5x15.4m; 7x15.4m; 5x20.9m; 7x20.9m, số lượng 179 căn trong đó 56 nhà liền kề vườn + 123 nhà liền kề phố

Biệt thự song lập: 9x16m; 10 x16m; 9x17m; 10 x17m, số lượng 22 căn biệt thự

Căn hộ thấp tầng - Sky Villas: 100 căn với diện tích 124 m² - 173 m²

Căn hộ cao tầng: quy mô bao gồm 2 tòa tháp căn hộ cao 26 tầng, có tổng số 1400 căn hộ 1-2PN, diện tích từ 46m²-69m²

b) Đặc điểm cấu trúc kính

Đặc điểm kính được thể hiện dưới bảng 1 công trình sử dụng 2 loại kính có hệ số truyền nhiệt khác nhau:

Bảng 1. Đặc tính bức xạ kính

Loại kính	Hệ số truyền nhiệt (U), W/m ² .C
Single clear 3/8"	5.90512
Single clear 3/8"	5.90512

c) Đặc điểm cấu trúc tường và mái

Tường bên ngoài được quét một lớp sơn màu sáng chống thấm với các số liệu kỹ thuật được tra theo bảng 2

Bảng 2. Thống kê vật liệu phần mái và tường

Vật liệu	Hình ảnh mô tả
Roof - 8" Conc, 1.36"Ins	
Wall – Frame Wall, No Ins	

d) Đặc điểm cấu trúc sàn

Sàn có cấu trúc bê tông cốt thép trên mặt sàn được lót gạch chống thấm chống trượt. Cấu trúc của sàn như sau:

Bảng 3. Thống kê số liệu kỹ thuật sàn

STT	Vật liệu	Hệ số truyền nhiệt (U), W/m ² .C
1	8" HW Concrete	2,78789

2.2 Lựa chọn thông số tính toán

a) Chọn thông số tính toán bên ngoài

Thông số tính toán ngoài trời được sử dụng để tính tải nhiệt căn cứ vào tầm quan trọng của công trình. Đối với trung tâm thương mại thông số khí hậu ngoài trời được lấy theo Template trong phần mềm Trace700, cụ thể như sau:

- Nhiệt độ trung bình: $t_N = 36,8 \text{ }^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ bầu ướt: $t_w = 28,6 \text{ }^\circ\text{C}$

b) Tra đồ thị không khí ẩm I-d ta có:

- Độ ẩm trung bình = 54.45 %
- $IN = 92.19 \text{ kJ/kg}$
- $dN = 0,02149 \text{ kg/kg}$

c) Thông số tính toán bên trong

Việc chọn thông số tính toán trong nhà như sau:

- Nhiệt độ trung bình: $t_T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
- Độ ẩm tương đối: $\phi = 60\%$

d) Lựa chọn phương án thiết kế

Do công trình này là trung tâm thương mại với quy mô nhỏ (chỉ ở tầng 1) và không có không gian lắp đặt AHU, phòng bơm chiller,... nên ta sử dụng hệ thống VRV/VRF là thích hợp nhất.

Với những ưu nhược điểm riêng biệt đã phân tích ở trên kết hợp với đặc điểm công trình là nhà ở và trung tâm thương mại thì ta chọn sơ đồ một cấp tuần hoàn không khí 1 cấp là phù hợp. Chọn hệ thống điều hòa không khí cấp 3 để tính toán cho công trình này.

3 KẾT QUẢ

3.1 Kết quả tính toán kiểm tra hệ thống thông gió

Kết quả tính toán khi sử dụng phần mềm

Bảng 4. Tổng hợp tính toán kiểm tra hệ thống thông gió

STT	Công suất lạnh (kW)	IDU	ODU	Bộ chia gas	Liquid/gas
1	88,81	FCU-1F-01 (FXMQ200MVE9)	CU-2F-01 RXQ50TASYM (RXQ20TAYM RXQ18TAYM RXQ12TAYM)	BHFP22P151	19,1/34,9
		FCU-1F-02 (FXMQ200MVE9)		BHFP22P151	19,1/41,3
		FCU-1F-03 (FXMQ200MVE9)		KHRP26A72T	12,7-28,6
		FCU-1F-04 (FXMQ200MVE9)		KHRP26A72T	15,9/28,6
	31,19	FCU-1F-06 (FXMQ200MVE9)		KHRP26A72T	12,7/28,6
		FCU-1F-05 (FXMQ125PVE)			
2	65,40	FCU-1F-09 (FXMQ200MVE9)	CU-2F-02 RXQ42TANYM RXQ16TAYM RXQ14TAYM	BHFP22P151	19,1/34,9
		FCU-1F-10 (FXMQ200MVE9)		BHFP22P151	19,1/41,3
		FCU-1F-11 (FXMQ200MVE9)		KHRP26A72T	12,7-28,6
	33,89	FCU-1F-07 (FXMQ200MVE9)		KHRP26A72T	15,9/28,6

		FCU-1F-08 (FXMQ125PVE)	RXQ12TAYM	KHRP26A72T	12,7/28,6
3	11,49	FCU-1F-12 (FXMQ125PVE)	CU-2F-03 RXQ14TAYM	KHRP26A72T	12,7/28,6
	11,54	FCU-1F-13 (FXMQ125PVE)			
	10,78	FCU-1F-14 (FXMQ125PVE)		KHRP26A33T	9,5/22,2
Phần mềm sử dụng	Trace 700	VRV Express	VRV Express	VRV Express	VRV Express

Bảng 5. Lưu lượng gió tươi

Khu vực	A _z	R _a	Mật độ người	P _z	R _p	Lưu lượng gió tươi	Hệ số an toàn 20%	Lưu lượng chọn quạt
	(m ²)	(L/s/m ²)	(m ² /người)	người	(L/s/người)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
FAF-1F-01						356		435
Thương mại 01	155,0	0,30	7,50	21	3,80	126	152	155
Thương mại 02	284,0	0,3	7,5	38	3,8	230	276	280
FAF-1F-02						356		435
Thương mại 03	155,0	0,30	7,50	21	3,80	126	152	155
Thương mại 02	284,0	0,30	7,50	38	3,80	230	276	280

Bảng 6. Bảng trở lực trên đường ống

Đoạn ống	Ống gió /fitting/Miếnggió	Kích thước ống gió (miếng gió)		Chiều dài ống L(m)	Tổn thất áp ống gió (Pa)
		Dài (Đường kính) (mm)	Rộng (mm)		
	FAF-1F-01				
1	Ống gió	200	200	17,0	15,90
2	CO 90	200	200		3,00
3	Giảm vuông-vuông	400	200		15,21
4	ỐNG GIÓ	400	200	13,9	12,38
5	Gót giày	400	200		4,04
6	Gót giày	400	200		3,64
7	Giảm vuông-vuông	500	200		3,17
8	ỐNG GIÓ	500	200	5,4	4,63
9	Gót giày	500	200		14,63
10	ATT				19,00
11	Louver+LCCT	700	350		1,00
12	HS an toàn 30%				28,94
					125,41

	FAF-1F-02				
1	ỐNG GIÓ	200	200	9,0	8,45
2	CO 90	200	200		1,00
3	Gót giày	300	200		8,63
4	Giảm vuông-vuông	300	200		4,21
5	ỐNG GIÓ	300	200	7,5	6,66
6	Gót giày	400	200		2,96
7	Giảm vuông-vuông	400	200		11,17
8	ỐNG GIÓ	400	200	9,5	8,14
9	Gót giày	450	200		30,92
10	Giảm vuông-vuông	450	200		0,95
11	ỐNG GIÓ	450	200	14,6	12,51
12	Giảm vuông-vuông	650	200		5,82
13	Gót giày	650	200		3,45
14	ỐNG GIÓ	650	200	4,8	4,10
15	Louver+LCCT	700	350		1,00
16	HS an toàn 30%				26,30
					135,91

Bảng 7. Kết quả chọn quạt bằng FanTech

Tên	Lưu lượng gió tươi	Tổn thất đường ống
	L/s	Pa
FAF-1F-01	435	150,11
FAF-1F-02	435	179,61

3.2 Kết quả tính toán hệ thống thông gió phòng cháy chữa cháy

a) Tính toán tạo áp cho thang máy dịch vụ

Bảng 8. Kết quả tính toán điều áp thang máy dịch vụ

Tiêu chuẩn thiết kế				
BS 5588-4:1998				
BS 5655-6-2002				
CP 13				
QCVN 06:2010				
Dữ liệu đầu vào				
n	Số điểm dừng	27		
n1	Số tầng cháy	1		
n2	Số cửa đóng	26		
DP	Áp suất trực thang máy khi có 1 cửa mở	20	Pa	QCVN 06:2010 - Mục D11
v	Vận tốc gió qua cửa mở	2	m/s	BS 5588 - 4 -1998 - Trang 54
H	Chiều cao cửa thang	2.1	m	
W	Chiều rộng cửa thang	0.9	m	
Al	Diện tích khe hở trên 1 cửa đóng	0.06	m ²	Bảng A.3 - BS_EN 12101-6:2005, trang 89
Ae	Tổng diện tích khe hở cửa đóng	1.56	m ²	
Tính toán				

Qe	Tổng lưu lượng rò rỉ qua cửa đóng	5.79	m ³ /s	BS5588-4, mục 14.2.2, trang 58
Qo	Lưu lượng gió qua cửa mở	3.78	m ³ /s	
f	Hệ số an toàn (từ 15%~20%)	1.15		Chọn hệ số an toàn 1 cho quạt tạo áp
Q	Lưu lượng tính toán	11.01	m ³ /s	
Chọn Quạt				
Qf	Lưu lượng gió cấp cho 1 giếng	11,000	l/s	
Qc	Lưu lượng gió cấp cho 3 giếng	33,000	l/s	

b) Tính toán tạo áp cho thang máy PCC

Bảng 9. Kết quả tính toán tạo áp cho thang máy dịch vụ PCCC

Tiêu chuẩn thiết kế				
BS 5588-4:1998				
BS 5655-6-2002				
CP 13				
QCVN 06:2010				
Dữ liệu đầu vào				
n	Số điểm dừng	27		
n1	Số tầng cháy	1		
n2	Số cửa đóng	26		
DP	Áp suất trực thang máy khi có 1 cửa mở	20	Pa	QCVN 06:2010 - Mục D11
v	Vận tốc gió qua cửa mở	2	m/s	BS 5588 - 4 -1998 - Trang 54
H	Chiều cao cửa thang	2.1	m	
W	Chiều rộng cửa thang	1.1	m	
Al	Diện tích khe hở trên 1 cửa đóng	0.06	m ²	Bảng A.3 - BS_EN 12101-6:2005, trang 89
Ae	Tổng diện tích khe hở cửa đóng	1.56	m ²	
Tính toán				
Qe	Tổng lưu lượng rò rỉ qua cửa đóng	5.79	m ³ /s	BS5588-4, mục 14.2.2, trang 58
Qo	Lưu lượng gió qua cửa mở	4.62	m ³ /s	
f	Hệ số an toàn (từ 15%~20%)	1.15		Chọn hệ số an toàn 1 cho quạt tạo áp
Q	Lưu lượng tính toán	11.97	m ³ /s	QCVN 06:2010 - Mục D11
Chọn Quạt				BS 5588 - 4 -1998 - Trang 54
Qc	Lưu lượng quạt cấp cho 1 giếng thang	12,000	l/s	

3.3 Kết quả tính toán hút khói cục bộ

Bảng 10. Tính toán hút khói cục bộ cho khu vực thương mại

BẢNG TÍNH HÚT KHÓI KHÔNG GIAN	
DỰA VÀO MỤC L.2 TCVN 5687-2010	
1. Công thức tính toán	

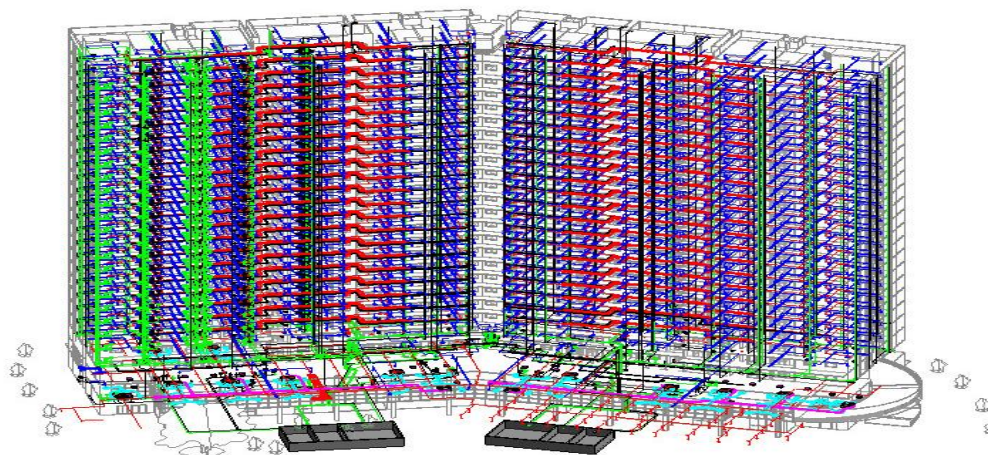
G = 678.8*Pf*Y1.5*Ks (kg/h)									
Ký hiệu	Đơn vị	Diễn giải						Giá trị	
G	l/s	Lưu lượng khói thải (tính trên 1600 m ² sàn)						14,907	
Pf	m	Chu vi vùng cháy trong giai đoạn đầu						12	
Y	m	Khoảng cách tính từ mép dưới vùng khói đến sàn						2.5	
Ks		Hệ số						1	
ρ	kg/m ³	Khối lượng riêng khói						0.6	
2. Chi tiết									
STT	Diễn giải	Diện tích sàn (m ²)	Lưu lượng khói/1m ² (l/s.m ²)	Lưu lượng khói (l/s)	Lưu lượng khói chọn (l/s)	Số không gian cháy/tầng	Tổng lưu lượng khói/tầng (l/s)	Lưu lượng chọn quạt (l/s)	Ghi chú
1	Cánh phải	314	9.3	2925	2950	1	2950	2950	
2	Cánh trái	283	9.3	2637	2650	1	2650	2650	

4 ỨNG DỤNG REVIT TRONG XỬ LÝ XUNG ĐỘT CÁC HỆ MEP

Một xung đột xảy ra khi các phần tử của các mô hình khác nhau chiếm cùng một không gian. Lúc này xung đột có thể là về mặt hình học (ví dụ như đường ống đi qua tường), về mặt tiến độ (khi các khía cạnh khác nhau của công việc phải được lên kế hoạch một cách tuần tự mà để xảy ra cùng nhau hoặc ngược lại), hoặc thay đổi/cập nhật không được thể hiện trên bản vẽ.

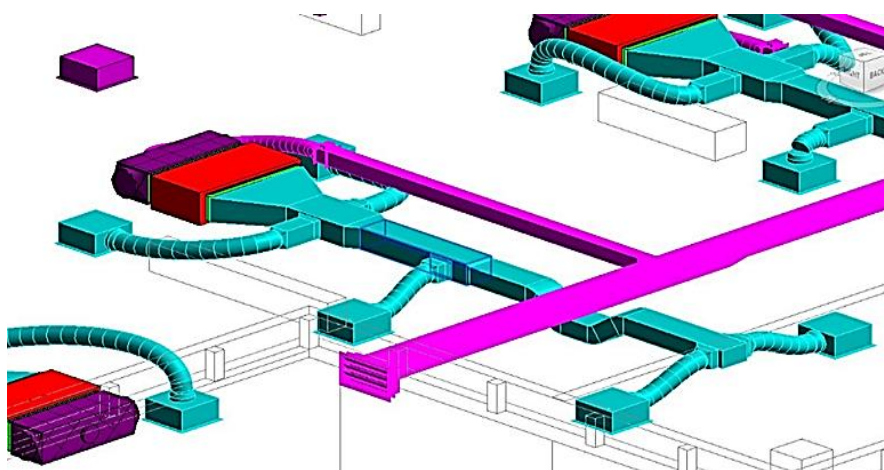
Có 3 loại xung đột chính được tìm ra:

- Hard Clash: khi hai đối tượng đi qua nhau.
- Soft Clash: để phát hiện các đụng độ xảy ra khi các đối tượng xâm nhập vào dung sai hình học đối với các vật thể khác (ví dụ tòa nhà được mô phỏng quá gần đường dây điện cao áp hoặc không đảm bảo các kích thước thông thủy khác).
- 4D/Workflow Clash: giải quyết các xung đột về tiến độ cũng như các kế hoạch chuyển giao (thí dụ nhân công đến công trường mà vẫn không có thiết bị tại chỗ).
- Combine hệ thống: Là bản vẽ phối hợp các bộ môn trên cùng một mặt bằng, từ đó đưa ra vị trí, cao độ chính xác cho từng hệ: Tránh tình trạng phá đi làm lại gây lãng phí vật tư và nhân công ảnh hưởng tiến độ chung của dự án.

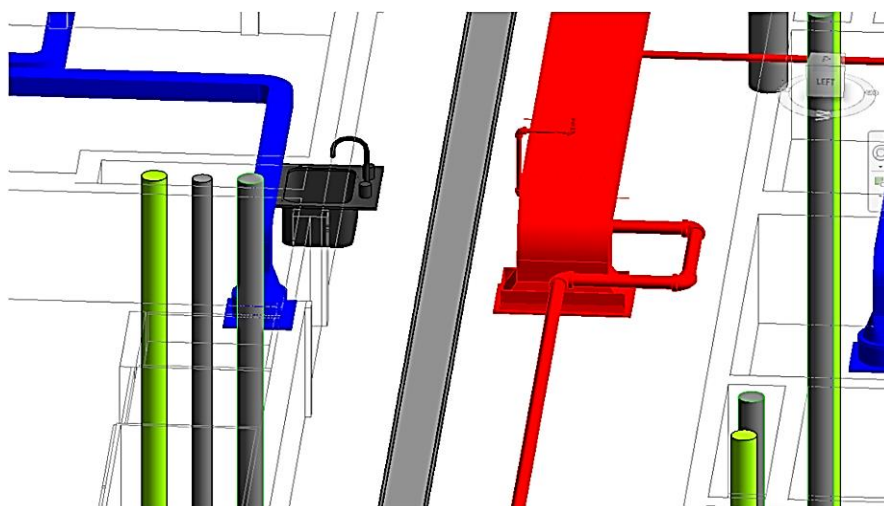


Hình 1. Tổng thể dự án đã được xử lý xung đột

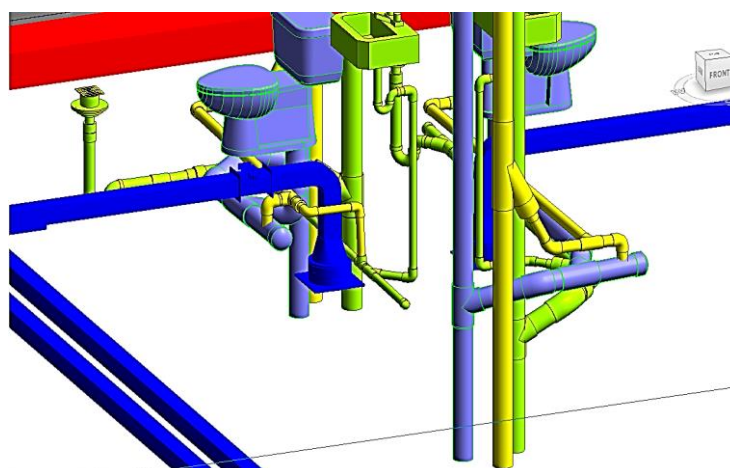
Một số chi tiết của dự án đã được xử lý xung đột:



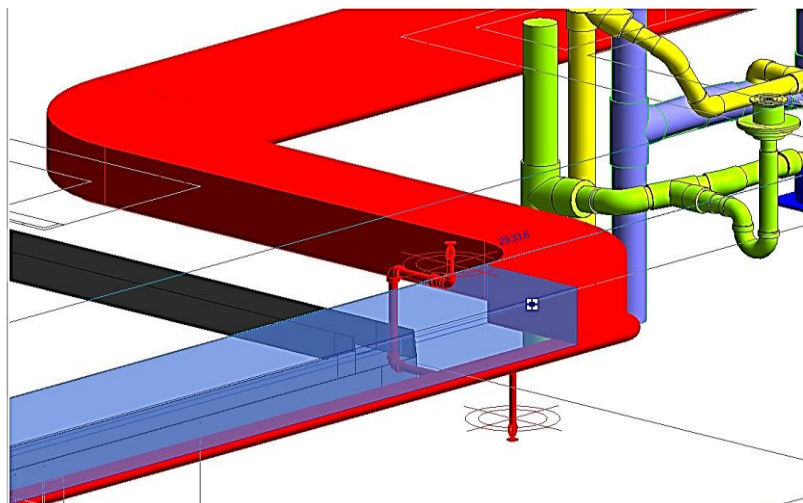
Hình 2. Sau khi xử lý và chạm các ống gió



Hình 3. Sau khi xử lý và chạm ống gió và thang máng cáp



Hình 4. Sau khi xử lý và chạm ống gió và ống nước



Hình 5. Sau khi xử lý và chạm ống hút khói và ống nước chữa cháy

5 KẾT LUẬN

Trong bài báo này ngoài việc nhóm đã tính toán kiểm tra hệ thống thông gió điều hòa không khí bằng kiến thức chuyên ngành cùng với sử dụng một số phần mềm tính toán để tính toán và lựa chọn những thiết bị phù hợp cùng với một thiết kế ưu việt giúp mang lại sự thoải mái nhất, tối ưu nhất cho người sử dụng.

Nhóm còn tính toán thiết kế hệ thống thông gió cho công tác phòng cháy chữa cháy cũng như sử dụng phần mềm Revit để giải quyết xung đột trong hệ Mep cho dự án JAMONA CITY.

Với việc đất nước ngày càng phát triển các công trình xây lên ngày càng nhiều việc xảy ra xung đột các chi tiết, thiết bị trong nhiều hệ thống với nhau là không thể tránh khỏi. Công nghệ ngày càng phát triển, vấn đề này ngày càng được tối ưu hóa qua các phần mềm mô phỏng trong đó Revit là tiêu biểu. Qua mô hình BIM các mặt xung đột được phát hiện sớm và cải thiện để nâng cao hiệu suất và chất lượng cho công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Catalogue Daikin IVS.
- [2] Catalogue miệng gió Asli.
- [3] Tiêu chuẩn ASHRAE - Fundamentals Handbook 2001 (chương 34: Thiết kế ống gió).
- [4] Tiêu chuẩn CIBSE Guide B – HVAR 2005. Heating, ventilation, airconditioning and refrigeration.
- [5] Tiêu chuẩn ANSI/ASHRAE 62.1-2010 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
- [6] QCVN-06-2022/BXD: Quy chuẩn quy định các yêu cầu chung về an toàn cháy cho gian phòng, khoang cháy, nhà và các công trình xây dựng (khoang cháy, nhà và các công trình xây dựng sau đây gọi chung là nhà).
- [7] Tiêu chuẩn TCVN 5687-2010: Thông gió - Điều hòa không khí tiêu chuẩn thiết kế.
- [8] Tiêu chuẩn BS 5588-4:1978 Fire precautions in the design and construction of buildings.
- [9] Tiêu chuẩn AS 1668.2-2002 The use of ventilation and airconditioning in buildings.
- [10] Tiêu chuẩn BS_EN 12101-6:2005 Smoke and heat control systems.
- [11] Hướng dẫn thiết kế điều hòa không khí – Nguyễn Đức Lợi. Nhà xuất bản Giáo dục, 1996.

YSC5.F221

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG DÍNH BẮM CỦA ASPHALT MASTIC SỬ DỤNG BỘT KHOÁNG LÀ BỘT ĐÁ VÔI

ĐỖ CAO PHAN*

Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh.

** docaophan@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Hiện tượng ổ gà là hư hỏng phổ biến trên mặt đường láng nhựa với nguyên nhân chủ yếu là sự dính bám giữa cốt liệu và bitum. Ở Việt Nam, mặt đường láng nhựa có cấu tạo chủ yếu là nhiều lớp cốt liệu (không có bột khoáng), giữa mỗi lớp cốt liệu này được dính bám với nhau bằng lớp bitum. Bài báo này so sánh sự dính bám giữa bitum và asphalt mastic (hỗn hợp bitum và bột khoáng) và so sánh hiệu quả dính bám giữa hai loại chất kết dính này. Kết quả cho thấy khi sử dụng bột khoáng đá vôi với hàm lượng thấp (4-5%) sẽ làm tăng sự dính bám lên 1.03 lần so với bitum.

Từ khóa. Sự dính bám, bitum, asphalt mastic, bê tông nhựa, thí nghiệm Vialit.

STUDY ON ADHESION CAPACITY OF ASPHALT MASTIC USING LIMESTONE FILLER.

Abstract. The pothole is typical damage on asphalt pavement, with the main cause being the adhesion between aggregate and bitumen. In Vietnam, asphalt pavement is mainly composed of many layers of aggregate (without mineral powder), between each layer of these aggregates is bonded together by a bitumen layer. This paper compares the adhesion between bitumen and asphalt mastic (a mixture of bitumen and mineral powder) and the adhesion efficiency between these two adhesives. The results showed that the adhesion of limestone mineral powder with low content increased by 1.03 times compared with bitumen.

Keywords. Adhesion, bitumen, asphalt mastic, asphalt concrete, Vialit test.

1 GIỚI THIỆU CHUNG

Mặt đường láng nhựa là một loại kết cấu áo đường mềm, được cấu tạo từ một hoặc nhiều lớp chất kết dính nhựa đường (bitum) với một hoặc nhiều lớp cốt liệu và được đầm lèn để đảm bảo lớp bitum này liên kết chặt chẽ các lớp cốt liệu với nhau [1]. Với tính chất dễ thiết kế, thi công, cũng như chi phí đầu tư ban đầu thấp nên kết cấu mặt đường láng nhựa được xây dựng rất nhiều trên các con đường liên xã, liên tỉnh,... Trong hơn 20 năm, số km đường láng nhựa đã tăng gần gấp đôi, từ 3713 km lên 6029 km [2]. Lớp kết cấu láng nhựa của mặt đường có tác dụng bảo vệ chống thấm cho lớp nền và móng đường, cung cấp một bề mặt nhẵn nhưng có độ dính bám cao để tạo êm thuận cho tài xế trong khi khai thác tuyến đường[4].

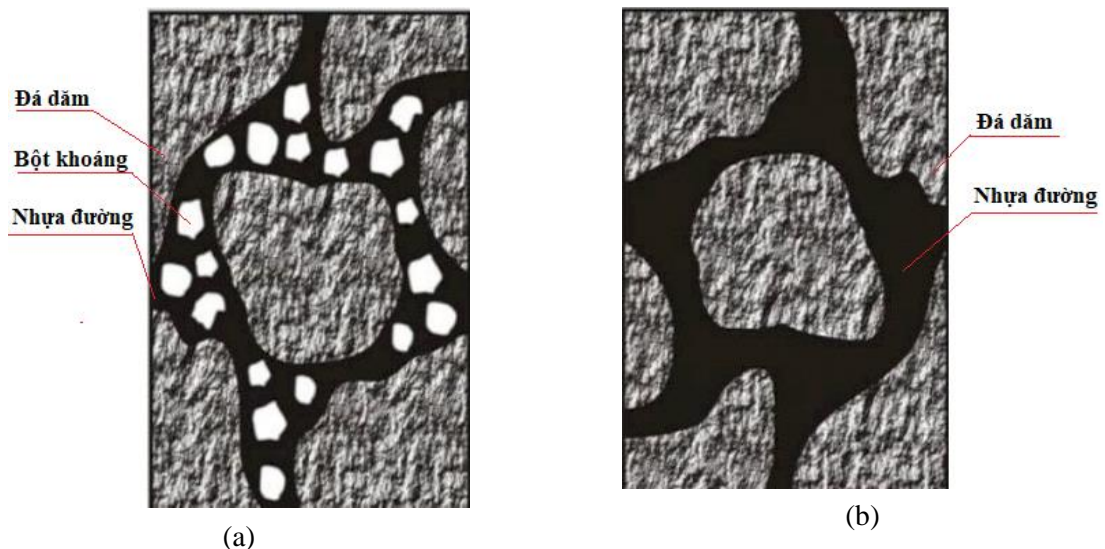


Hình 1: Ổ gà trên mặt đường láng nhựa [3]

Tuy nhiên, khác với kết cấu áo đường là bê tông asphalt (BTN), kết cấu áo đường láng nhựa không có sự phân bố đều chất kết dính nhựa đường xung quanh từng hạt cốt liệu nên loại mặt đường láng nhựa này thường gặp nhiều hư hỏng hơn mặt đường BTN. Các hư hỏng chủ yếu thường gặp trong mặt đường láng nhựa là sự bong tróc giữa lớp dính bám nhựa đường và lớp cốt liệu tạo nên các ổ gà, ổ trâu trên mặt đường

như Hình 1.

Nguyên nhân của hiện tượng hình thành ổ gà trên đường láng nhựa là do chưa đánh giá chính xác sự dính bám của bitum và cốt liệu, còn nguyên nhân mặt đường láng nhựa có nhiều ổ gà hơn mặt đường BTN có thể do thành phần cấu tạo chất kết dính giữa hai loại mặt đường này. Ở mặt đường láng nhựa, bitum được đun nóng đến nhiệt độ thi công và được công nhân tưới trực tiếp nhựa đường lên bề mặt lớp cốt liệu, sau đó rải lớp cốt liệu tiếp theo lên trên lớp dính bám vừa được tưới và lu lèn. Với BTN, bitum cùng cốt liệu (cốt liệu lớn và bột khoáng) được nung nóng ở 160°C trong 4 giờ, sau đó được trộn trực tiếp với nhau tạo thành hỗn hợp bê tông nhựa nóng (BTNN). Sau đó, hỗn hợp BTNN này được rải và lu lèn ở nhiệt độ trên 150°C. Trong quá trình trộn chất kết dính nhựa đường và cốt liệu, bitum và bột khoáng được trộn lẫn vào nhau tạo nên hỗn hợp asphalt mastic. Bột khoáng có tác dụng làm cho chất kết dính nhựa đường cứng lại và cải thiện nhiều tính năng so với hỗn hợp BTN không có bột khoáng, đó là bột khoáng lấp đầy các lỗ rỗng và tăng diện tích tiếp xúc giữa các hạt cốt liệu lớn, làm cho màng bitum trên bề mặt cốt liệu càng mỏng và như vậy làm tăng độ dính bám (tăng lực tương tác/lực dính bám) giữa các hạt cốt liệu lớn với nhau, giúp tăng độ ổn định và tăng cường độ cho hỗn hợp BTN [5]. Hình 2 mô tả cấu tạo lớp màng bitum giữa các hạt cốt liệu với nhau khi có bột khoáng và không có bột khoáng.



Hình 2: Cấu tạo lớp màng bitum xung quanh các hạt cốt liệu khi có bột khoáng hoặc không có bột khoáng, (a): Asphalt mastic (Bột khoáng và bitum) lấp đầy lỗ rỗng các hạt cốt liệu lớn ở BTN có dùng bột khoáng, (b): Bitum lấp đầy lỗ rỗng các hạt cốt liệu lớn (BTN không dùng bột khoáng) [6]

Hiện nay, ở Việt Nam chỉ có duy nhất một tiêu chuẩn để đánh giá sự dính bám giữa bitum và cốt liệu, đó là TCVN 7504:2005 [7]. Tuy nhiên, phương pháp xác định độ dính bám của tiêu chuẩn này là định tính, dựa hoàn toàn vào trực giác của thí nghiệm viên khi thực hiện thí nghiệm để quan sát và kết luận độ dính bám, chứ không phải là phương pháp định lượng với những tính toán cụ thể, và tiêu chuẩn này không bao gồm việc kiểm tra sự dính bám của asphalt mastic với cốt liệu.

Trên thế giới, hiện nay cũng có nhiều tiêu chuẩn để đánh giá sự dính bám của bitum hoặc asphalt mastic với cốt liệu với cả hai phương pháp là quan sát định tính và tính toán theo định lượng. Ở đây, tác giả nói về các tiêu chuẩn quan sát bằng định lượng, do các tiêu chuẩn này có thể sử dụng để tính sự kết dính được cả cho bitum và asphalt mastic. Tiêu biểu là các tiêu chuẩn AASHTO T283 [9], EN 12272-3 [10], ASTM D700 [11]. Tiêu chuẩn AASHTO T283 [9] dùng để đánh giá sự mất mát lực dính của hỗn hợp BTN và đánh giá tác dụng của phụ gia chống bong tróc giữa bitum và cốt liệu, qua đó xác định lực sự gia tăng lực dính trong hỗn hợp. Tiêu chuẩn ASTM D700 là thí nghiệm quét để đánh giá lực dính khi bitum hình thành một lớp màng nhựa bằng cách dùng một bàn chải để quét trên bề mặt cốt liệu đã dính bám với tấm thép thông qua lớp màng bitum. Tiêu chuẩn EN 12272-3 [10] là phương pháp xác định sự dính bám cơ học của cốt liệu và bitum bằng cách tạo lực va đập giữa viên bi sắt và tấm thép có dính bám cốt liệu thông qua màng bitum. Kết quả của tiêu chuẩn EN 12272-3 và tiêu chuẩn ASTM D700 [11] là tính số hạt cốt liệu văng ra khỏi bề mặt tấm kim loại (tính số liên kết không bền chặt giữa cốt liệu và màng bitum).

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá sự dính bám giữa asphalt mastic và bitum, qua đó đề xuất thay đổi

vật liệu chất kết dính đầu vào để hạn chế hư hỏng trong kết cấu mặt đường láng nhựa. Tiêu chuẩn được lựa chọn để quan sát lực dính giữa asphalt mastic và bitum với cốt liệu là TCVN 7594:2005 và EN 12272-3 - do việc thực hiện thí nghiệm rất dễ dàng và chi phí thấp.

2 VẬT LIỆU VÀ THÍ NGHIỆM

2.1 Vật liệu

2.1.1 Bi tum

Chất kết dính sử dụng trong nghiên cứu này là nhựa đường với độ kim lún 60/70, được sản xuất từ nhà máy lọc dầu Shell tại Bukom, Cộng hòa Singapore với các thông số kỹ thuật như Bảng 1.

Bảng 1: Thông số kỹ thuật của bitum

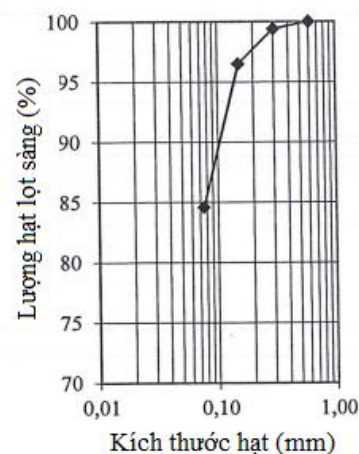
Thông số	Đơn vị	Kết quả	Giá trị theo tiêu chuẩn	Tài liệu tham khảo
Độ kim lún (25°C, 5 giây)	0.1 mm	63.7	60-70	[12]
Nhiệt độ hóa mềm	°C	48.6	46-55	
Độ giãn dài (25°C, 5cm/phút)	cm	135.5	min 100	
Khối lượng riêng (25°C)	g/cm ³	1.033	1.00-1.05	

2.1.2 Bột khoáng

Bột khoáng là bột đá vôi, được cung cấp bởi công ty Insee, có nguồn gốc từ mỏ đá Hà Tiên có thành phần hạt như Hình 3 và thông số kỹ thuật như Bảng 2.

Bảng 2: Thông số kỹ thuật của bột khoáng đá vôi

Thông số	Đơn vị	Kết quả	Giá trị theo tiêu chuẩn	Tài liệu tham khảo
Khối lượng riêng	g/cm ³	2.70	≥2.50	[13]
Độ ẩm	%	0.60	≤ 1.00	
Chỉ số dẻo		2.38	≤ 4.00	
Hệ số thích nước		0.42	≤ 0.80	



Hình 3: Thành phần hạt của bột đá vôi [13]

2.2 Asphalt mastic

Bảng 3: Tỷ lệ FB của bột khoáng và bitum

Tên mẫu	(%) trong hỗn hợp BTN	(%) trong hỗn hợp BTN	FB (theo khối lượng)	Tài liệu tham khảo
BK4	4.000	5.182	0.772	[14]
BK5	5.000	5.075	0.985	
BK6	6.000	5.128	1.170	
BK7	7.000	5.220	1.341	
BK8	8.000	5.130	1.560	

Bi tum được đặt trong tủ sấy ở nhiệt độ 120°C trong 2 giờ, bột khoáng được đặt trong tủ sấy ở nhiệt độ 140°C trong 4 giờ. Sau đó, bột khoáng và bitum được trộn đều vào nhau trong 20 phút để đảm bảo bột khoáng phân tán đều trong bitum, tạo thành hỗn hợp asphalt mastic. Tỷ lệ giữa bitum và bột khoáng trong nghiên cứu này dựa trên hàm lượng bitum và hàm lượng bột khoáng trong hỗn hợp BTN, và được xác định bởi công thức:

$$FB = \frac{P_{bột\ khoáng}}{P_{bitum}} \quad (1)$$

Trong đó: FB là tỷ số giữa hàm lượng bột khoáng $P_{bột\ khoáng}$ (%) trong hỗn hợp BTN và hàm lượng bitum P_{bitum} (%) trong hỗn hợp BTN.

Các tỷ lệ FB trong nghiên cứu này thể hiện ở bảng 3.

2.3 Thí nghiệm xác định độ dính bám giữa asphalt mastic và cốt liệu

2.3.1 Thí nghiệm theo TCVN 7504:2005

Để xác định sự dính bám của bitum và asphalt mastic với cốt liệu, TCVN 7504:2005 [8] thực hiện các bước như sau:

- Buộc chỉ vào 10 viên đá 1x2 (kích thước đá từ 20-28 mm), sau đó đưa đá đã buộc chỉ vào tủ sấy ở nhiệt độ 160°C trong 4 giờ.
- Bitum và asphalt mastic được để trong tủ sấy ở nhiệt độ 120°C trong 2 giờ.
- Nhúng đá vào bitum và asphalt mastic trong vòng 15 phút. Sau đó, lấy đá ra ngoài. Để đá đã nhúng bitum và asphalt mastic ở nhiệt độ phòng 15 phút.
- Sau đó nhúng đá vào nước sôi khoảng 15 phút.
- Lấy đá ra khỏi nước sôi, để khô ở nhiệt độ phòng và đánh giá kết quả bằng cách quan sát trực quan.

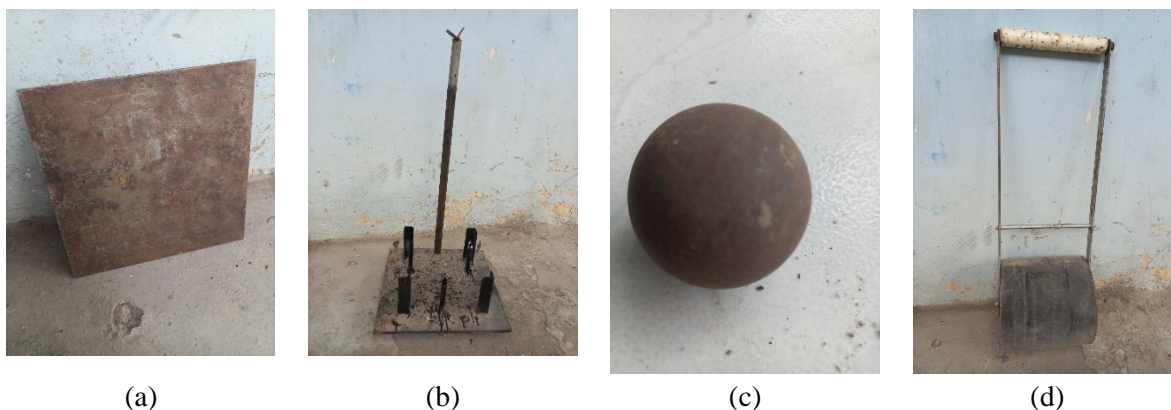
2.3.2 Thí nghiệm theo EN 12272-3:2003 (Thí nghiệm va đập Vialit)

Các thiết bị để thực hiện thí nghiệm xác định sự dính bám của bitum và asphalt mastic với cốt liệu theo tiêu chuẩn EN 12272-3:2003 [10] như Hình 4 với các bước làm như sau:

- Lựa chọn 50 viên đá cỡ hạt 11-16 mm và đặt vào tủ sấy ở 160°C trong 4 giờ.
- Đặt bitum và asphalt mastic vào tủ sấy ở nhiệt độ 120°C trong 2 giờ.
- Đặt các miếng thép trong tủ sấy ở nhiệt độ 50°C trong 5 phút.
- Đổ 40 g bitum và asphalt mastic lên các tấm thép, sau đó dàn đều bitum và asphalt mastic để tạo một lớp màng mỏng và đồng đều trên bề mặt miếng thép.
- Đặt các miếng thép có lớp màng kết dính trong tủ bảo ôn ở nhiệt độ 5°C trong 20 phút.
- Lấy đá (sau khi đặt trong tủ sấy ở 160°C sau 4 giờ) rải đều lên miếng thép có lớp màng kết dính (sau khi đặt trong tủ bảo ôn ở nhiệt độ 5°C trong 20 phút). Sau đó, dùng đầm cao su đầm lần lượt 3 lượt theo một phương và 3 lượt theo phương vuông góc.
- Đặt các miếng thép sau khi đã đầm đá vào tủ bảo ôn ở nhiệt độ 5°C trong 20 phút.
- Cuối cùng, lấy các miếng thép có liên kết với đá đổ ra làm thí nghiệm va đập, sự dính bám của đá đối với chất kết dính được tính theo công thức:

$$A = 2(b + c) \quad (2)$$

Trong đó: A là khả năng dính bám giữa chất kết dính và cốt liệu (%), b là số lượng viên đá rơi ra khỏi tấm thép nhưng có dính bitum hoặc asphalt mastic, và c là số lượng viên đá vẫn còn dính bám với tấm thép.



Hình 4: Thiết bị thí nghiệm Vialit: (a): tấm thép 200x200x2 mm, (b): giá 3 chân, (c): viên bi sắt nặng 510 g, đường kính 50 mm, (d): Lu cao su nặng 25 kg.

3 KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

3.1 Thí nghiệm theo TCVN 7504:2005



Hình 5: Kết quả thí nghiệm của mẫu BK8

Bảng 4: Kết quả thí nghiệm theo TCVN 7594:2005

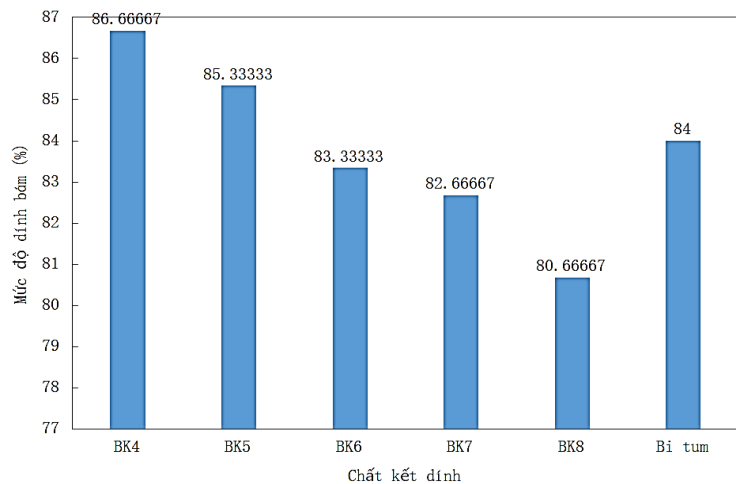
Tên mẫu	Kết quả	
	(%)	Mức độ kết dính
BK4	100	5
BK5	100	5
BK6	100	5
BK7	100	5
BK8	100	5
Bitum	100	5

Kết quả quan sát bằng mắt cho thấy, đối với tất cả các mẫu thử, các viên đá đều được bao phủ bởi lớp màng bitum hoặc asphalt mastic, điều đó chứng tỏ rằng độ bám dính giữa bitum và asphalt mastic với cốt liệu là rất tốt và độ dính bám này có thể xem đạt ở mức độ tốt nhất là cấp 5 và không có sự phân biệt về độ dính bám giữa bitum và asphalt mastic đối với cốt liệu. Điều này cho thấy bitum và asphalt mastic có sự dính bám là như nhau đối với cốt liệu.

3.2 Thí nghiệm theo EN 12272-3:2003 (Thí nghiệm va đập Vialit)



Hình 6: Kết quả thí nghiệm của mẫu BK5



Hình 7: Kết quả thí nghiệm theo EN 12272-3:2003

Từ Hình 7, ta thấy khi asphalt mastic với tỷ lệ bột khoáng nhỏ có độ kết dính tốt hơn bitum, nhưng độ kết dính lại giảm khi hàm lượng bột khoáng tăng lên. So với mẫu đối chứng bitum, BK4 và BK5 có sự tăng độ kết dính lên 1.032 và 1.016, còn BK 6, BK7 và BK8 có sự giảm độ kết dính xuống 1.008, 1.016 và 1.042 lần.

4 KẾT LUẬN

Nghiên cứu này sử dụng các thí nghiệm trong phòng để đánh giá sự dính bám của bitum và asphalt mastic với cốt liệu thông qua hai tiêu chuẩn TCVN 7594:2005 và EN 12272-3:2003. Kết quả thí nghiệm cho thấy khi sử dụng asphalt mastic với bột khoáng là bột đá vôi có hàm lượng thấp cho kết quả dính bám tốt hơn bitum thuần túy. Tác giả đề xuất có các nghiên cứu sâu hơn để biết chính xác tác dụng của bột khoáng đá vôi đối với các tính chất của asphalt mastic, qua đó có thể thay vật liệu bitum thành asphalt mastic sử dụng bột khoáng đá vôi trong công tác thiết kế và thi công mặt đường láng nhựa, để đảm bảo khả năng phục vụ của đường láng nhựa trong tương lai.

Ở Việt Nam, hiện nay chỉ có duy nhất tiêu chuẩn TCVN 7504:2005 để đánh giá độ dính bám của bitum và cốt liệu, chưa có tiêu chuẩn đánh giá sự dính bám của asphalt mastic với cốt liệu. Nhưng tiêu chuẩn TCVN 7504:2005 lại là tiêu chuẩn đánh giá trực quan, định tính, kết quả thí nghiệm phụ thuộc hoàn toàn vào cảm nhận của thí nghiệm viên (như trong nghiên cứu này, không có sự phân biệt về độ dính bám giữa asphalt mastic và bitum với cốt liệu). Vì thế, tác giả đề xuất bổ sung thêm tiêu chuẩn EN 12272-3:2003 trong đánh giá sự dính bám của bitum và asphalt mastic với cốt liệu để có thể biết chính xác hơn sự dính bám này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. MOST, *TCVN-8863-2011 về Mặt đường láng nhựa nóng - Thi công và nghiệm thu*. 2011: Việt Nam.
2. Thao, N.D. and L.X. Luu. *Research of asphalt pavement rutting on national roads in VietNam*. in *The 9th ATRANS Symposium on "Transportation for a Better Life: Safe and Smart Cities"*, . 2016. Bangkok, Thailand.
3. Đông, N.Q. *Trách nhiệm?* 2015; Available from: http://www.cgvdt.vn/trong-tuan/trach-nhiem_a2232.
4. Tuấn, N.M. and N.Đ. Hào, *Đánh giá khả năng dính bám của nhựa đường và cốt liệu bằng thí nghiệm va đập Vialit*. Tạp chí Giao thông vận tải, 2016.
5. Hung, B.N., *Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến biến dạng lún vệt bánh xe có xét đến đặc tính môi của bê tông nhựa chặt làm lớp mặt đường Việt Nam*. 2016, Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải.
6. voimienbac.com.vn. *Bột khoáng trong bê tông nhựa*. Available from: <https://voimienbac.com.vn/san-pham/bot-khoang.7>.
7. MOST, *TCVN 7504: 2005 in Bitumen - Test method for determination of adhesion with paving stone*. 2005: Ha Noi.
8. MOST, *TCVN 7493:2005 in Bitumen – Specifications*. 2005.
9. *AASHTO T 283 in Standard Method of Test for Resistance of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA) to Moisture-Induced Damage*. 2007.
10. BS, *EN 12272-3:2003 in Surface dressing -Test method -Part 3: Determination of binder aggregate adhesivity by the Vialit plate shock test method*. 2003.
11. *ASTM D700-11 in Standard test method for Sweep test of bituminous emulsion surface treatment sample*. 2011.
12. *Asphalt binder test result of Specialized construction laboratory (LAS-XD 1864) - ATS traffic construction production trading JSC*. 12 Dec 2022: Dong Nai.
13. *Mineral filler test result of Specialized construction laboratory (LAS-XD 1864) - ATS traffic construction production trading JSC*. 12 Dec 2022: Dong Nai.
14. Thăng, L.A., *Đánh giá độ bền và khả năng phục vụ của bê tông nhựa khi thay thế bột khoáng trong bê tông nhựa bằng xúc tác RFCC thải từ nhà máy lọc dầu*. 2021: Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật TPHCM.

YSC5.F222

THIẾT KẾ CHẾ TẠO ROBOT DI CHUYỂN TRÊN KÍNH CÓ VÁCH NGĂN

NGUYỄN THỊ KIM THOA^{1*}, ĐẶNG TIẾN PHÚC^{1*}, NGUYỄN TẤN PHÁT¹, SÌ HỒ PHI¹, NGUYỄN HỮU PHƯỚC¹, NGUYỄN TRUNG NGHĨA¹

¹Khoa Công nghệ Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh
dangtienphuc@iuh.edu.vn^{*}, 19429801.thoa@student.iuh.edu.vn^{*}

Tóm tắt. Bài báo trình bày nghiên cứu chế tạo robot leo kính bán tự động có khả năng di chuyển được qua vách ngăn có độ cao tối đa 20 mm. Phương pháp hút trực tiếp sử dụng 12 bộ giác hút, 2 máy bơm chân không và cơ cấu di chuyển 3 xylanh thủy lực hai trục có hành trình là 90 mm giúp robot bám được trên kính. Các chân giác hút chân không loại có lò xo được sử dụng và liên kết cố định với tấm mica có độ dày 5mm để nâng hạ giác hút giúp robot bước qua được vách ngăn. Robot hoạt động độc lập, có trang bị camera giám sát hành trình được điều khiển bởi mạch Arduino Uno R3 kết hợp với bộ điều khiển không dây PS2 tiếp nhận xử lý tín hiệu thông qua đầu thu. Kết quả, robot leo kính bán tự động được chế tạo thành công với khả năng bước qua được vách ngăn cao 20 mm, phạm vi điều khiển trong bán kính 15 m đến 20 m, có khối lượng 6kg, kích thước 32*32 cm, thời gian hoạt động 15 phút và mang theo được khối lượng 3kg. Kết quả nghiên cứu sẽ là tiền đề cho các nghiên cứu chế tạo robot bán tự động có khả năng quan sát, lau kính và di chuyển được qua vách ngăn.

Từ khóa. robot leo kính, phương pháp hút chân không, điều khiển không dây.

DESIGN AND MANUFACTURE A ROBOT MOVES ON GLASS WITH PARTITIONS

Abstract. This paper explains the design and implementation of a glass climbing robot that can move through partitions with a maximum height of 20 mm. The author used the direct suction method for the robot to stick on the glass with 12 suction cups and two vacuum pumps. The moving mechanism uses three two-axis hydraulic cylinders with a stroke of 90 mm. Spring-type vacuum cups are used and fixed with mica with a thickness of 5mm to raise and lower the suction cup to help the robot step through the partition. The robot worked independently and equipped a camera to monitor the movement using the Arduino Uno R3 circuit to program the controller combined with PS2 wireless controller receives and processes the signal through the receiver. As a result, a semi-automatic glass climbing robot has been successfully built that can step over 20 mm high, control range in a radius of 15m to 20 m, partition with a mass 6 kg, size 32x32 cm, time operating 15 minutes and carry a weight of 3 kg. The research findings will be a basis for developing semi-automatic robots to clean glass, observe surroundings, and move on glass with partitions.

Keywords. glass climbing robot, vacuum method, wireless control.

1 GIỚI THIỆU

Trong thời đại công nghiệp hoá hiện đại hoá và nền công nghệ số phát triển mạnh mẽ như hiện nay thì sự ra đời của Robot chính là chìa khoá mở ra một thời đại khoa học công nghệ tiên tiến phục vụ cho nhu cầu của con người. Robot giúp ích cho con người rất nhiều trong cuộc sống, tuy nhiên sự ra đời của nó cũng gặp phải vô số các ý kiến cho rằng “robot đã làm mất đi công việc của con người”. Điều đó là hoàn toàn không đúng, robot giúp người lao động thoát khỏi những công việc nguy hiểm, giúp con người tiết kiệm được thời gian và giảm rủi ro đáng kể trong lao động cũng như cuộc sống. Thay vào đó chúng giúp con người tập trung và điều khiển và vận dụng trí óc nhiều hơn [1]. Chính vì những lý do trên mà việc nghiên cứu chế tạo robot leo kính sẽ là động lực thúc đẩy sự ra đời và phát triển các robot tương tự trong tương lai. Robot leo kính sẽ là nền móng cho các nghiên cứu chế tạo các robot khác để ứng dụng vào cuộc sống, giúp giảm thiểu rủi ro và nguy hiểm cho các công việc ở trên cao hoặc trong điều kiện nguy hiểm.

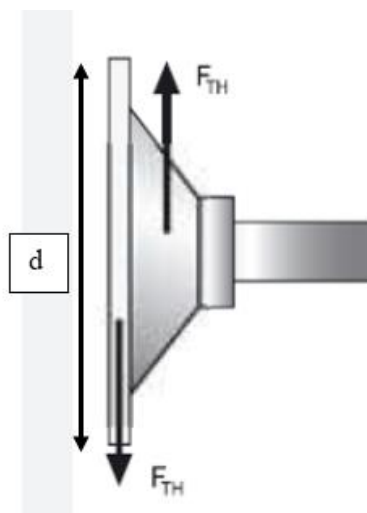
Robot lau kính thông minh cho các tòa nhà cao ốc đã được thiết kế và chế tạo thử nghiệm, trong suốt thời gian nghiên cứu tác giả [2] đã lựa chọn các công nghệ: Internet of Things, giao thức Message Queue Telemetry Transport, vi điều khiển STM32F407VG, Cloud computing và kiến trúc Android. Cuối cùng đã thu được những kết quả như sau: Nghiên cứu tổng quan về Internet of things, lập trình vi điều khiển các chuẩn giao tiếp, xây dựng mô hình thử nghiệm, một vài chức năng của robot. Nguyên lý Bernoulli đã được tác giả [3] ứng dụng để tạo ra cơ cấu hút từ đó nghiên cứu thiết kế và chế tạo Robot leo tường, trần nhà. Tác giả [4] đã phát triển và thử nghiệm robot leo tường sử dụng hai chân thông minh có thể di chuyển trên các bề mặt ngang đến góc dốc 70 độ. Tác giả [5] đã nghiên cứu về việc chế tạo robot leo tường độc lập có chức năng quét địa hình. Robot có thể đi lại trên tường khoảng 30 phút với một lần sạc pin và không gian làm việc của robot cách PHS không dưới 10 mét. Robot TRAIN WALL BOT được tác giả [6] nghiên cứu thiết kế để điều hướng di chuyển trên các bề mặt thẳng đứng với kết cấu mịn màng có khả năng tránh chướng ngại vật. MRWALLSPECT (Robot đa chức năng dành cho WALL INSPECTION) được thiết kế để quét các bề mặt bên ngoài của bình khí hoặc dầu có độ cong nhỏ để tìm các sai sót. Kết quả cho thấy robot thực hiện được các chuyển động cơ bản như di chuyển và quay, có độ bám dính tốt với các bề mặt phẳng mịn [7].

Có thể thấy rằng robot leo kính trước đó đã được nghiên cứu và phát triển rất nhiều cả trong nước lẫn ngoài nước. Tuy nhiên các robot vẫn còn hoạt động phụ thuộc vào các nguồn động lực bên ngoài và hầu hết là chưa thể bước qua được vách ngăn trên kính. Chính vì vậy bài báo này hướng đến mục tiêu nghiên cứu chế tạo robot bán tự động di chuyển trên kính có thể vượt qua được vách ngăn, hoạt động độc lập và có camera giám sát. Robot được điều khiển bởi mạch Arduino kết hợp với bộ điều khiển không dây PS2 tiếp nhận xử lý tín hiệu thông qua đầu thu.

2 THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÔ HÌNH

2.1 Thiết kế cơ cấu hút

Robot sử dụng phương pháp hút chân không với tổng cộng 12 bộ giác hút. Mỗi bộ gồm 1 cốc hút loại 1 tầng và 1 thân giác hút loại có lò xo. Bằng cách áp dụng nguyên tắc bơm chân không, cốc hút có khả năng giữ chân không bên trong nó liên tục, ngay cả khi không khí bị rò rỉ từ bên ngoài. Robot sẽ được lắp đặt với các cốc hút ở 2 cơ cấu truyền động ngang và dọc, cốc hút được kết nối với máy bơm chân không. Khi sử dụng cốc hút thì sẽ giảm được tải trọng robot bởi các thiết bị truyền động khí nén có khối lượng tương đối nhẹ. Ngay cả khi mặt kính ở các tòa cao tầng có độ cong và khe hở ở các kính cạnh nhau thì cốc hút cao su vẫn có khả năng giữ robot đứng trên mặt kính.



Hình 1: Cốc hút chân không

Tính toán các thông số của giác hút dựa trên công thức [10]:

$$\text{Lực lý thuyết cần để giữ vật: } F=(m \times \mu)+(g+a) \times S \quad (1)$$

Trong đó:

F: Lực lý thuyết cần để giữ vật

m: khối lượng vật cần nâng

g: gia tốc trọng trường

a: gia tốc vật di chuyển

μ : Hệ số ma sát

+ $\mu=0.1$: bề mặt có dầu, trơn

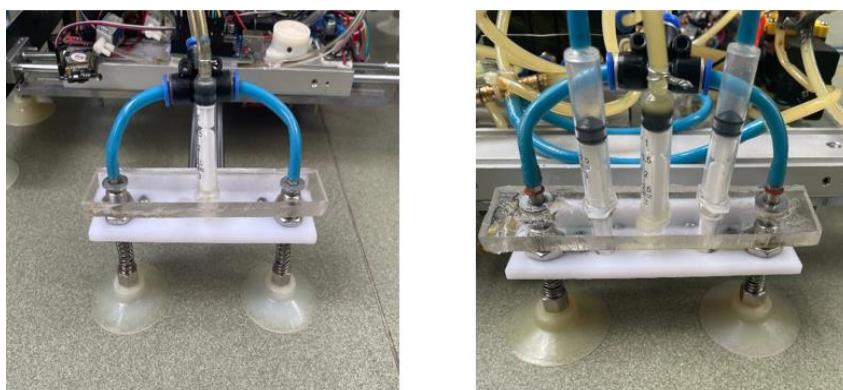
+ $\mu=0.2$; 0.3 : bề mặt ướt, ít trơn

+ $\mu=0.5$: bề mặt gỗ, thép tấm, thủy tinh, đá hoa cương

+ $\mu=0.6$: bề mặt sần sùi

S: hệ số an toàn (Có thể dùng hệ số an toàn là 1.5 hoặc 2)

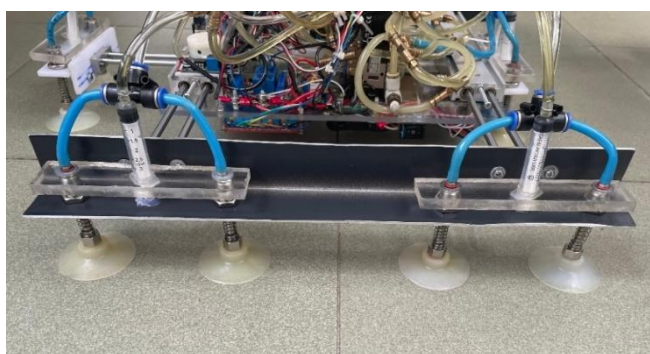
Từ công thức (1) nhóm tác giả đã tính toán ra được lực mà một cốc hút tạo ra được là 17,2 N và khối lượng mỗi cốc hút giữ được là 1.92 kg.



Hình 2: Cấu tạo hai chân của xylanh dọc.

Đối với xylanh dọc thì phần chân của robot được cố định bằng ba tấm mica. Một mica liên kết với đầu xylanh có độ dày 5mm, một mica giữ giới hạn hành trình lò xo có độ dày 5mm và một mica chịu lực nhắc phần chân robot có độ dày 7mm. Ngoài ra, do phần chân dưới của xylanh dọc chịu trọng lượng lớn nên cần bố trí thêm hai xylanh phụ điều khiển bằng khí nén để đảm bảo robot được cân bằng.

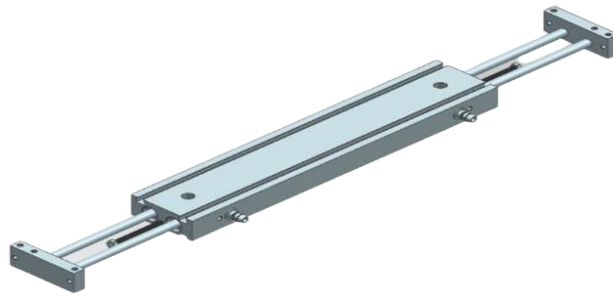
Đối với hai xylanh ngang thì phần chân robot được cố định và liên kết bằng thanh nhôm với hình dạng chữ L có độ dài 34 cm.



Hình 3: Cấu tạo phần chân của hai xylanh ngang.

2.2 Thiết kế cơ cấu di chuyển

Robot được thiết kế với 2 cơ cấu truyền động đặt vuông góc với nhau, chuyển động của robot được thực hiện bằng cách sử dụng 3 xy lanh thủy lực loại 2 trục bao gồm 1 xy lanh dọc và 2 xy lanh ngang hoạt động khi các cốc hút tương ứng tiếp xúc với bề mặt kính. Ta sẽ sử dụng tổng cộng 12 cốc hút (2 trên, 2 dưới, 4 trái, 4 phải) tương ứng với các chuyển động lên, xuống, qua trái và qua phải.



Hình 4: Xylanh thủy lực sử dụng trong cơ cấu di chuyển.

Thông số xy lanh:

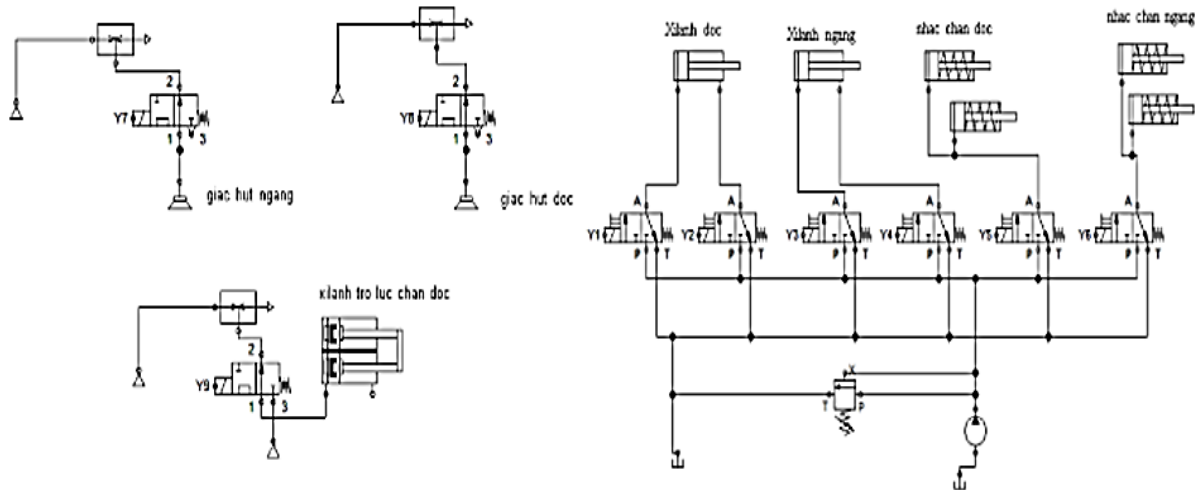
Đường kính Piston: $D = 0,017 \text{ m}$, $d = 0,006 \text{ m}$

Hành trình Piston: $L = 0,10 \text{ m}$

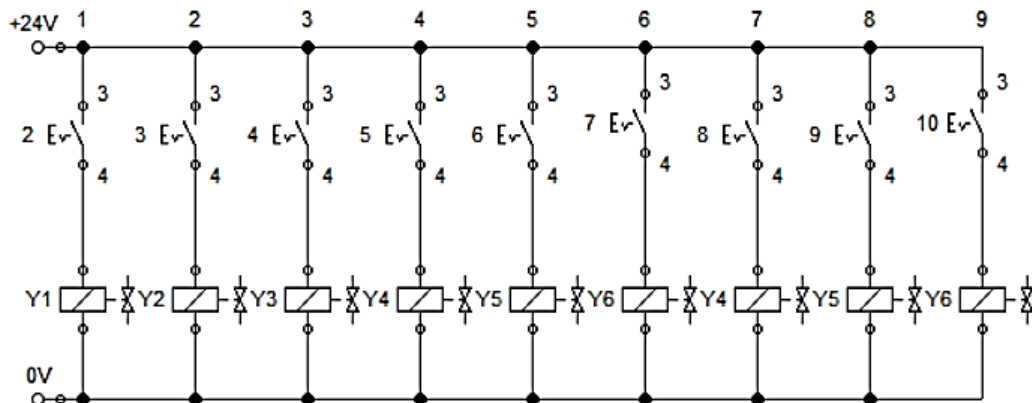
Áp suất dầu $P = 0.65 \text{ MPa} = 650000 \text{ Pa}$

2.3 Thiết kế mạch khí nén thủy lực

Vì robot hướng đến tính năng độc lập không phải phụ thuộc vào nguồn khí nén hay điện từ bên ngoài cung cấp, chính vì vậy việc sử dụng hệ thống thủy lực sẽ đáp ứng được công suất hoạt động của robot. Ngoài ra việc sử dụng hệ thống thủy lực giúp robot hoạt động được êm ái và ổn định nhờ vào đặc tính của hệ thống thủy lực. Với việc sử dụng xylanh thủy lực sẽ có ưu điểm có tỷ lệ công suất trên trọng lượng cao hơn nhiều so với xylanh sử dụng khí nén và điện [8].



Hình 5: Mạch điều khiển khí nén – thủy lực.

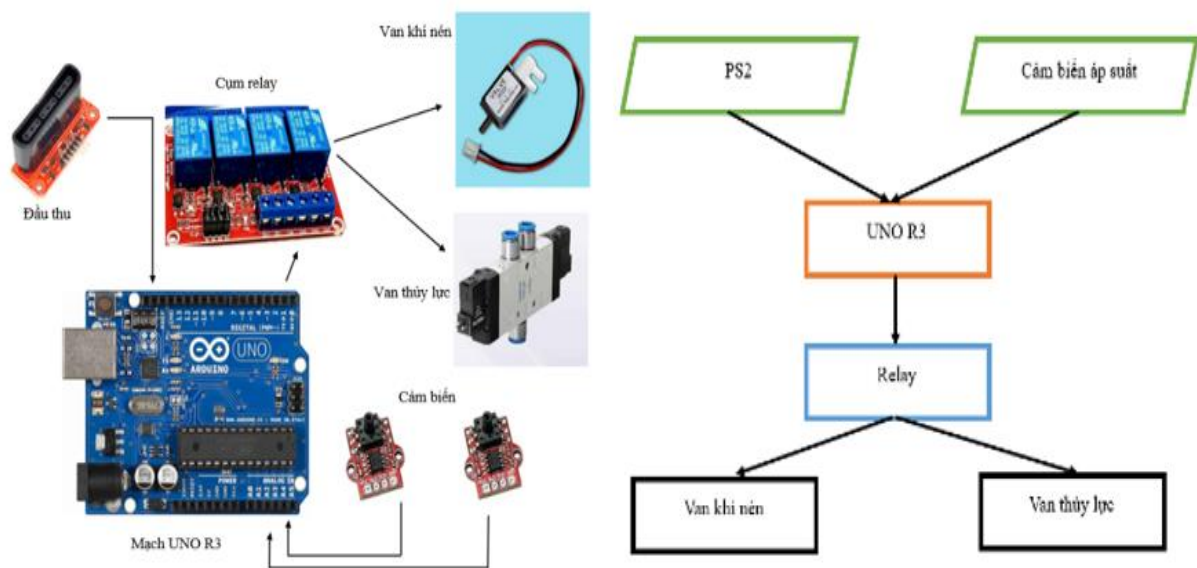


Hình 6: Mạch điện điều khiển khí nén thủy lực.

3 HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

Để cung cấp năng lượng cho robot hoạt động, tác giả sử dụng pin lithium ion battery để cung cấp năng lượng cho robot vì pin lithium ion có ưu điểm như: mật độ năng lượng cao so với khối lượng, tốc độ nạp và xả cao [9]. Ngoài ra để điều khiển các cơ cấu chấp hành hoạt động trên nhiều điện áp khác nhau, tác giả sử dụng phương pháp điều khiển gián tiếp qua relay có các modul tăng và hạ áp để phù hợp với từng thiết bị chấp hành. Các điện áp hoạt động trong hệ thống bao gồm 5V, 9V, 24V. Arduino R3 sẽ thực hiện gửi tín hiệu điều khiển đến các relay từ đó điều khiển đóng hoặc mở dòng điện và các thiết bị chấp hành để thực hiện nhiệm vụ theo yêu cầu của chương trình điều khiển.

Để thiết kế chương trình tác giả đã sử dụng biểu đồ trạng thái để biểu thị hoạt động của robot. Biểu đồ trạng thái (State Machine) là một trong năm biểu đồ UML được sử dụng để mô hình hóa bản chất động của hệ thống. Chúng xác định các trạng thái khác nhau của một đối tượng trong suốt thời gian tồn tại của nó và các trạng thái này được thay đổi bởi các sự kiện. Chương trình điều khiển robot được xây dựng theo kiểu sơ đồ trạng thái máy (State Machine), được thể hiện qua sơ đồ khép kín, nhằm mô tả cách di chuyển của robot qua các trạng thái khác nhau một cách chi tiết, rõ ràng.



Hình 7: Sơ đồ hệ thống điều khiển

Ngoài việc chương trình phải đáp ứng hoạt động theo yêu cầu của sơ đồ mô tả chương trình, tác giả còn phải xây dựng để Arduino Uno R3 giao tiếp và nhận lệnh điều khiển thông qua tay cầm PS2 và phải liên tục kiểm tra các cảm biến áp suất chân không để đảm bảo an toàn.

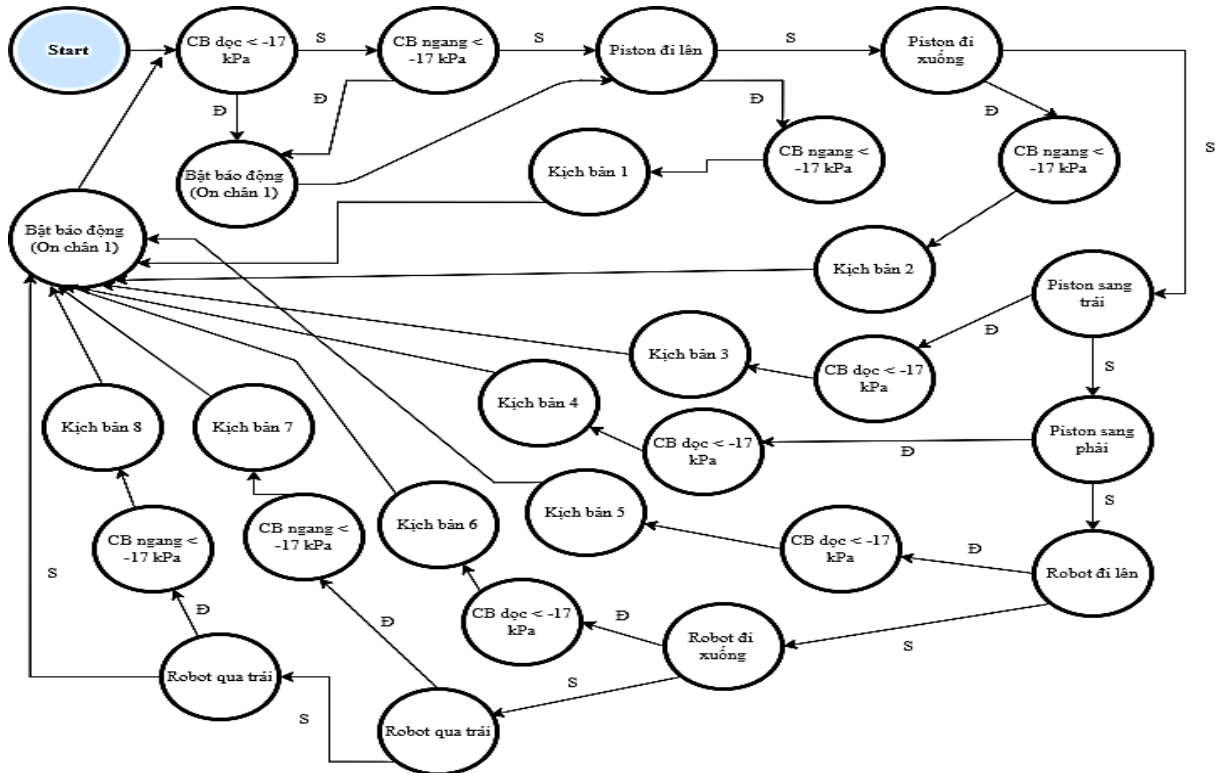
Trong chương trình, tác giả sử dụng hàm **#define** để gán các chân, một ngõ ra nào đó với 1 cái tên và khai báo các kiểu biến dạng **int** (kiểu số nguyên) và dạng **unsigned long** (kiểu số nguyên nằm trong khoảng từ 0 đến $2^{32} - 1$).

Một số ví dụ khai báo các biến trong chương trình:

#define PS2_DAT 13; có ý nghĩa thực hiện gán chân DATA của mạch chuyển tín hiệu điện áp tay cầm PS2 với chân số 13 trên board Arduino Uno để xuất tín hiệu logic ngõ ra.

#define chan_8_nhac_doc 9; có ý nghĩa thực hiện gán chân nhắc dọc của relay điều khiển với chân số 9 trên board Arduino Uno để xuất tín hiệu logic ngõ ra.

int key_button; có ý nghĩa khai báo biến dạng kiểu số nguyên đối với biến của các nút nhấn tay cầm PS2. Bên cạnh đó, ở phần đầu chương trình đã thực hiện khai báo thư viện đối với hai cảm biến áp suất chân không HX711 (**#include "HX711.h"**) và khai báo thư viện đối với tay cầm PS2 (**#include <PS2X_lib.h>**).

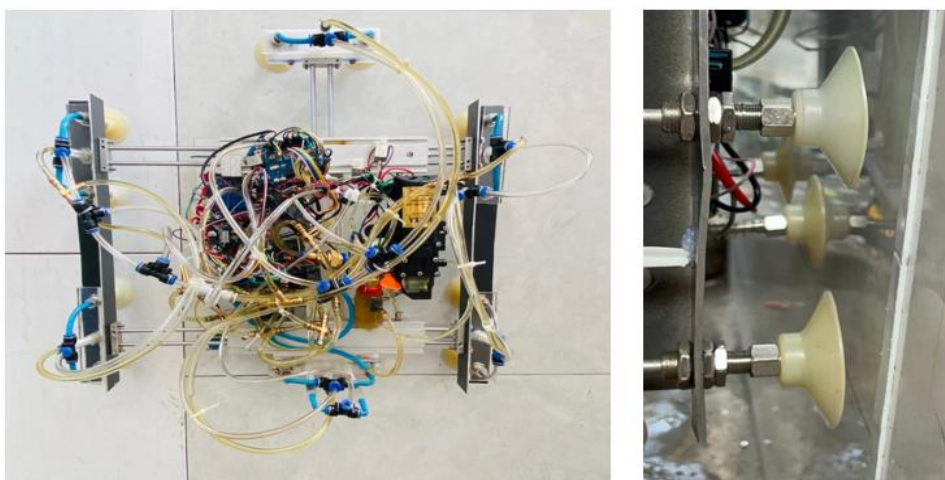


Hình 8: Biểu đồ trạng thái hoạt động của robot



Hình 9: Tay cầm PS2 và mạch điều khiển Arduino

4 THỬ NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ



Hình 10: Hình ảnh robot thực tế sau khi hoàn thiện

Robot được thử nghiệm trong điều kiện không tải, vượt qua vách ngăn cao 5mm, thực hiện di chuyển qua trái, qua phải, lên, xuống theo 8 kịch bản. Robot được thử nghiệm trong điều kiện tải khối lượng 1kg, vượt qua vách ngăn cao 5mm, thực hiện di chuyển qua trái, qua phải, lên, xuống theo 8 kịch bản. Khi tiến hành thử nghiệm, robot bám được trên kính và không bị rơi. Tín hiệu kết nối ổn định, robot di chuyển được theo 8 hướng và bước qua được vách ngăn có độ cao nhất định. Thời gian hoạt động liên tục của robot theo thử nghiệm được 15 phút và sạc đầy pin trong 1 giờ 20 phút.

5 KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu chế tạo robot di chuyển trên kính có vách ngăn, phương pháp hút chân không sử dụng tổng cộng 12 bộ giác hút được áp dụng để giữ robot bám trên kính và không bị rơi. Robot hoạt động độc lập, bước qua được vách ngăn, được điều khiển bởi mạch Arduino Uno R3 kết hợp với bộ điều khiển không dây PS2 tiếp nhận xử lý tín hiệu thông qua đầu thu và có camera giám sát hành trình. Kích thước robot là 32*32 cm, có khối lượng 6kg và có thể mang theo được thêm tối đa 1kg. Robot có chức năng kiểm tra và phát hiện mất lực hút tự động dừng hoạt và báo động, thời gian robot hoạt động tối đa công suất trung bình 15 phút.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ts. Trần Văn Thiện. (2019) *Quá trình công nghiệp hóa hiện đại hóa đất nước trong bối cảnh của cuộc cách mạng 4.0*. [Online]. Available: <https://tapchicongthuong.vn/bai-viet/qua-trinh-cong-nghiep-hoa-hien-dai-hoa-dat-nuoc-trong-boi-canhh-cua-cuoc-cach-mang-40-63530.htm>
- [2] Bùi Văn Tuấn, P.V.H, *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thử nghiệm robot lau kính thông minh cho các tòa nhà cao tầng*. Sinh viên nghiên cứu khoa học 2019.
- [3] Huỳnh Nguyễn Hoàng, H.M.P, *Nghiên cứu thiết kế và chế tạo robot leo tường, trần nhà*. Tạp Chí Khoa Học Kỹ Thuật Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM, 2012.
- [4] Wile, G. and D.M. Aslam. *Design, fabrication and testing of a miniature wall climbing robot using smart robotic feet*. International Conference on Cybernetics and Information Technologies, Systems and Applications, Edited by M. Saavoie et al. 2007.
- [5] Yano, T., S. Numao, and Y. Kitamura. *Development of a self-contained wall climbing robot with scanning type suction cups*. Proceedings 1998 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Innovations in Theory, Practice and Applications (Cat. No. 98CH36190). 1998. IEEE.
- [6] Akhtaruzzaman, M., et al. *Design and development of a wall climbing Robot and its control system*. 2009 12th International Conference on Computers and Information Technology. 2009. IEEE.
- [7] Choi, H, J. Park, and T. Kang. *A self-contained wall climbing robot with closed link mechanism*. KSME international journal, 2004. 18(4): p. 573-581.
- [8] Zhang, H., W. Wang, and J. Zhang. *High stiffness pneumatic actuating scheme and improved position control strategy realization of a pneumatic climbing robot*. 2008 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics. 2009. IEEE.
- [9] Factory, C.L.I.B. *Modern technology and the contribution of custom lithium iron phosphate battery pack manufacturers*. 26-07-2021
- [10] Phương Nguyễn. *Cách tính lực hút cho giác hút chân không*. [Online]. Available: <https://bomhutchankhongcu.com/cach-tinh-luc-hut-cho-giac-hut-chan-khong>

YSC5.F223

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG PHÂN LOẠI SẢN PHẨM THEO CHIỀU CAO

TRẦN BÙU TIL¹, SƠN THÀNH NHƠN², TRƯƠNG TRẦN MINH TRÍ³, NGUYỄN CAO THÁI
HÒA⁴, NGUYỄN TẤN ĐẠT⁵, NGÔ TIẾN HOÀNG^{6*}

Khoa Công nghệ Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

¹19440991.til@student.iuh.edu.vn, ²19470721.nhon@student.iuh.edu.vn,

³19478661.tri@student.iuh.edu.vn, ⁴19481421.hoa@student.iuh.edu.vn, ⁵

19436511.dat@student.iuh.edu.vn, *ngotienhoang@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo hệ thống phân loại sản phẩm theo chiều cao với mục tiêu phân loại được các sản phẩm theo chiều cao khác nhau. Nghiên cứu ứng dụng cơ cấu cơ khí, PLC và cảm biến vào việc phân loại sản phẩm, tính toán sơ bộ thiết kế chế tạo mô hình, tính toán thiết kế hệ thống điều khiển bằng PLC S7 200. Vận hành thử nghiệm, hoạt động thực tế và đưa ra kết luận. Kết quả đạt được bao gồm: Mô hình mô phỏng (mô hình vận hành đúng mục tiêu đề ra, hạn chế tối đa tỉ lệ không nhận dạng được sản phẩm), tập thuyết minh số liệu trực quan (có cơ sở lý thuyết và tài liệu tham khảo, số liệu trực quan, tính toán, hình minh họa, độ trùng lặp không quá 30%), bản vẽ theo tiêu chuẩn Việt Nam.

Từ khóa. PLC, chiều cao, phân loại sản phẩm.

RESEARCH, DESIGN AND MANUFACTURE A PRODUCT CLASSIFICATION SYSTEM BY HEIGHT

Abstract. Research, design and manufacture a product classification system by height with the goal of classifying products according to different heights. Research and apply mechanical structure, PLC and sensors to product classification, preliminary calculation, design and manufacture of models, calculation and design of control system by PLC S7-200. Trial operation, operation facts and draw conclusions. The achieved results include: Simulation model (operating model according to set goals, minimizing the rate of product failure), visual data visualization (with theoretical and reference materials, visual data, calculations, illustrations, overlap not more than 30%), drawings according to Vietnamese standards.

Keywords. PLC S7-200, different heights, a product classification system.

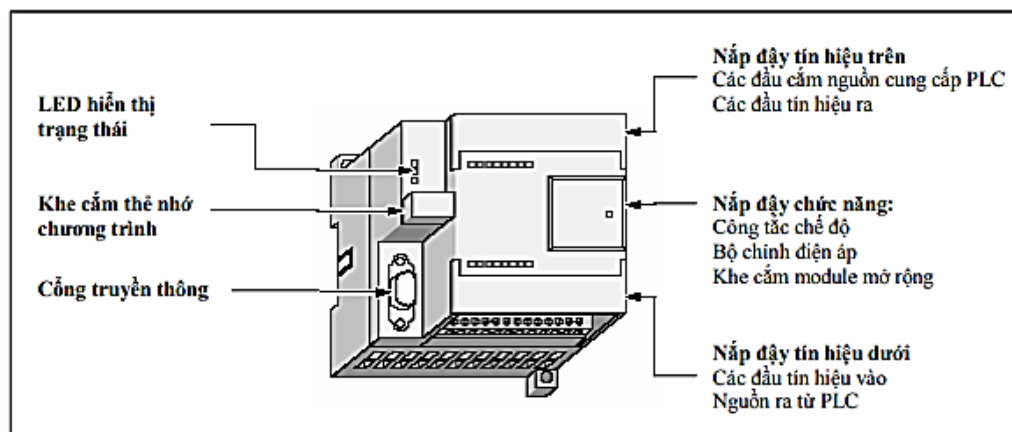
1 GIỚI THIỆU

Hiện tại, quá trình sản xuất đã tiến tới việc tự động hóa thông qua việc điều khiển và sử dụng các dây chuyền tự động của máy móc. Mục tiêu là tránh rủi ro sai sót và tối ưu hóa việc sử dụng nhân công. Để đáp ứng yêu cầu sản xuất này, cần có một hệ thống phân loại sản phẩm tự động, giúp dây chuyền sản xuất hoạt động trơn tru và thay thế công việc phân loại sản phẩm theo các đặc điểm hình thể và cân nặng cho con người. Các nhà máy hiện nay thường sản xuất các sản phẩm hàng loạt và đã trang bị hệ thống phân loại sản phẩm để tạo quá trình lưu kho và tự động loại bỏ các sản phẩm lỗi (phế phẩm) một cách nhanh chóng và chính xác. Hơn nữa, các hệ thống này được tích hợp và nâng cấp để đáp ứng đặc điểm của các sản phẩm cụ thể, chẳng hạn như dán nhãn, phun sơn, đếm, v.v. Nhờ đó, quá trình sản xuất được cải thiện và rủi ro do yếu tố con người giảm thiểu. Từ các nhu cầu đã hình thành và phát triển của hệ thống tự động, máy móc và lập trình đóng vai trò quan trọng không thể thiếu trong sản xuất hàng loạt và đạt hiệu suất cao. [1] Tác giả cũng sử dụng PLC để xây dựng hệ thống phân loại sản phẩm không chỉ tiết kiệm thời gian công sức mà còn tăng cường hiệu suất, đồng thời đảm bảo hoạt động trơn tru và chính xác. Trong thực tế sản xuất, chúng ta thường gặp các dây chuyền sản xuất các sản phẩm có kích thước khác nhau, đặc biệt là chiều cao. Để giảm thiểu chi phí lao động và tránh công việc nhàm chán cho công nhân, đồng thời giảm tỷ lệ sai sót trên dây chuyền, hệ thống tự động phân loại sản phẩm theo chiều cao đã được phát triển. PLC (Programmable

Logic Controller) được sử dụng để điều khiển và quản lý hoạt động của hệ thống này. PLC là một thiết bị điện tử được lập trình để thực hiện các chức năng điều khiển tự động trong các ứng dụng công nghiệp. Trong trường hợp hệ thống phân loại sản phẩm, PLC S7-200 của Siemens có thể được sử dụng. PLC S7-200 là một dòng sản phẩm PLC nhỏ gọn và linh hoạt, được phát triển để đáp ứng nhu cầu điều khiển trong các ứng dụng công nghiệp nhỏ và trung bình. PLC S7-200 hỗ trợ nhiều ngôn ngữ lập trình, bao gồm ngôn ngữ đồ họa ladder (Ladder Diagram) và ngôn ngữ đồ họa bằng biểu đồ dòng chảy (Flowchart), giúp người lập trình dễ dàng tạo ra các chương trình điều khiển phức tạp và logic đơn giản mà không cần có kiến thức lập trình sâu. Với việc tích hợp PLC S7-200 vào hệ thống tự động phân loại sản phẩm theo chiều cao, quá trình này có thể được thực hiện một cách tự động và chính xác. PLC S7-200 sẽ nhận dữ liệu về chiều cao của sản phẩm từ các cảm biến và sử dụng logic lập trình để quyết định sản phẩm được phân loại vào các ngăn chứa tương ứng. Điều này giúp tăng hiệu suất và độ chính xác trong quá trình phân loại sản phẩm, đồng thời giảm bớt công việc và rủi ro do yếu tố con người. Với sự phát triển của công nghệ và sự tích hợp của PLC trong các quy trình tự động hóa, các nhà máy và dây chuyền sản xuất có thể đạt được mức độ tự động cao hơn, tăng cường hiệu suất và giảm thiểu sai sót trong quá trình sản xuất. PLC S7-200 là một trong những công nghệ tiên tiến và phổ biến được sử dụng trong lĩnh vực này.

2 PLC S7-200

PLC S7-200 là thiết bị điều khiển logic lập trình loại nhỏ của hãng Siemens, có cấu trúc theo kiểu module và có các module mở rộng. Các module này được sử dụng cho nhiều ứng dụng lập trình khác nhau.



Hình 1. PLC S7200

S7-200 thuộc nhóm PLC loại nhỏ, quản lý một số lượng đầu vào/ra tương đối ít. Sự thay đổi ngõ vào, ra và điều khiển hệ thống dễ dàng hơn nhờ các phần mềm trên máy tính hoặc console. Bảo trì và sửa chữa dễ dàng. Độ bền và tin cậy cao. Các module rời cho phép thay thế và mở rộng khi cần thiết. Công suất tiêu thụ ít hơn, tốc độ hoạt động của hệ thống nhanh hơn. Bộ PLC dùng trong mô hình hệ thống là bộ PLC S7-200 CPU 224 AC/DC/RLY Modul: 214-1BD21-0XB0. Nguồn cung cấp: 220 VAC. Cấu hình I/O: 14 DI/10 DO. Kích thước (mm): 120.5 x 80 x 62. Bộ nhớ chương trình: 12KB. Bộ nhớ dữ liệu: 8KB. Thời gian xử lý 1024 lệnh nhị phân: 0.37ms. Bit Memory 256. Bit Counter 256. Bit Timer 256. Bộ đếm tốc độ cao 6x60 Khz. Cổng logic vào: 14. Cổng logic ra: 10. Modul mở rộng: 7. Digital I/O cục đại: 128/128. Analog I/O cục đại: 32In/32Out. Đặc điểm ngõ vào: Mức logic 1: 24VDC/4mA; Mức logic 0: đến 5VDC/1mA; Đáp ứng thời gian: 0.2m; Cách ly quang: 500VAC; Địa chỉ ngõ vào: Ix.x. Đặc điểm ngõ ra: Ngõ ra Relay; Điện áp tác động: 24-28VDC/2A; Chịu dòng quá tải 7A; Thời gian chuyển mạch tối đa: 10ms, Đặc điểm ngõ ra: Ngõ ra Relay; Điện áp tác động: 24-28VDC/2A; Chịu dòng quá tải 7A; Thời gian chuyển mạch tối đa: 10ms, Địa chỉ ngõ ra: Qx.x; Không có chế độ bảo vệ ngắn mạch; Ghép nối PLC với máy tính: sử dụng cáp PC/PPI để chuyển đổi giữa RS232 và RS485. Các loại PLC nói chung thường có nhiều ngôn ngữ lập trình nhằm phục vụ cho các đối tượng sử dụng khác nhau. Bộ PLC S7-200 có ba loại ngôn ngữ lập trình cơ bản: LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram), ST/STL (Structured Text). Mỗi loại đều có điểm mạnh và điểm yếu, mức độ phù hợp theo từng hoàn cảnh khác nhau. Tuy nhiên, hầu hết mọi người khi làm việc với PLC đều biết lập trình bằng ngôn ngữ LAD và có lẽ đây là ngôn ngữ phổ biến và được hỗ trợ rộng

rãi nhất. LAD giúp bạn hình thành các biểu thức logic ở dạng đồ họa theo yêu cầu để có thể hoàn thành lập trình cho ứng dụng PLC. Chúng đại diện cho các biểu thức điều kiện, đầu vào và đầu ra dưới dạng ký hiệu.



Hình 2. PLC S7200 CPU 224

3 HỆ THỐNG PHÂN LOẠI SẢN PHẨM THEO CHIỀU CAO

Hệ thống phân loại sản phẩm theo chiều cao là một ứng dụng của công nghệ điều khiển tự động hóa, nhằm cải thiện hiệu suất và tiết kiệm thời gian trong quá trình sản xuất. Mục tiêu của việc xây dựng hệ thống này là sử dụng bộ điều khiển PLC S7-200 để đảm bảo hoạt động an toàn và tiện lợi. Hệ thống phân loại sản phẩm này được thiết kế để nhận dạng và hiểu các lệnh và yêu cầu từ người điều khiển, sau đó thực hiện quá trình phân loại sản phẩm dựa trên những lệnh này. Bộ điều khiển PLC S7-200 được sử dụng để thu thập và xử lý các tín hiệu từ các cảm biến đo chiều cao của sản phẩm. Khi sản phẩm đi qua hệ thống, PLC S7-200 sẽ nhận dữ liệu về chiều cao từ các cảm biến và áp dụng các quy tắc lập trình để quyết định sản phẩm thuộc vào nhóm nào. Hệ thống sẽ thực hiện các quá trình vận chuyển và phân loại tự động để đưa sản phẩm vào đúng vị trí. Việc sử dụng bộ điều khiển PLC S7-200 trong hệ thống phân loại sản phẩm theo chiều cao mang lại nhiều lợi ích. Đầu tiên, nó giúp tăng cường hiệu suất và tiết kiệm thời gian trong quá trình sản xuất. Thứ hai, hệ thống được thiết kế để dàng thao tác và bảo trì, giúp giảm thiểu thời gian và công sức cần thiết cho sửa chữa và bảo dưỡng. Tóm lại, hệ thống phân loại sản phẩm theo chiều cao sử dụng bộ điều khiển PLC S7-200 là một giải pháp tự động hóa hiệu quả trong quá trình sản xuất. Bằng cách sử dụng công nghệ này, quá trình phân loại sản phẩm trở nên chính xác, nhanh chóng và tiết kiệm thời gian, giúp tối ưu hóa hiệu suất lao động và đạt được kết quả sản xuất tốt hơn.

4 XÂY DỰNG MÔ HÌNH

4.1 References

Cấu tạo: 1. Nguồn tổ ong; 2. PLC S7-200; 3. Động cơ băng tải; 4. Băng tải; 5. Cảm biến; 6. Máy bơm khí nén; 7. Bộ nút nhấn.

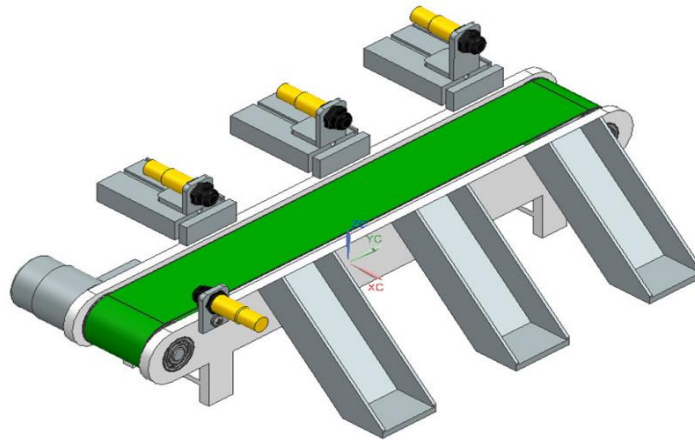
4.2 Lưu đồ giải thuật

Hệ thống giám sát và điều khiển trên WinCC với hai chế độ chính: Automatic và Manual

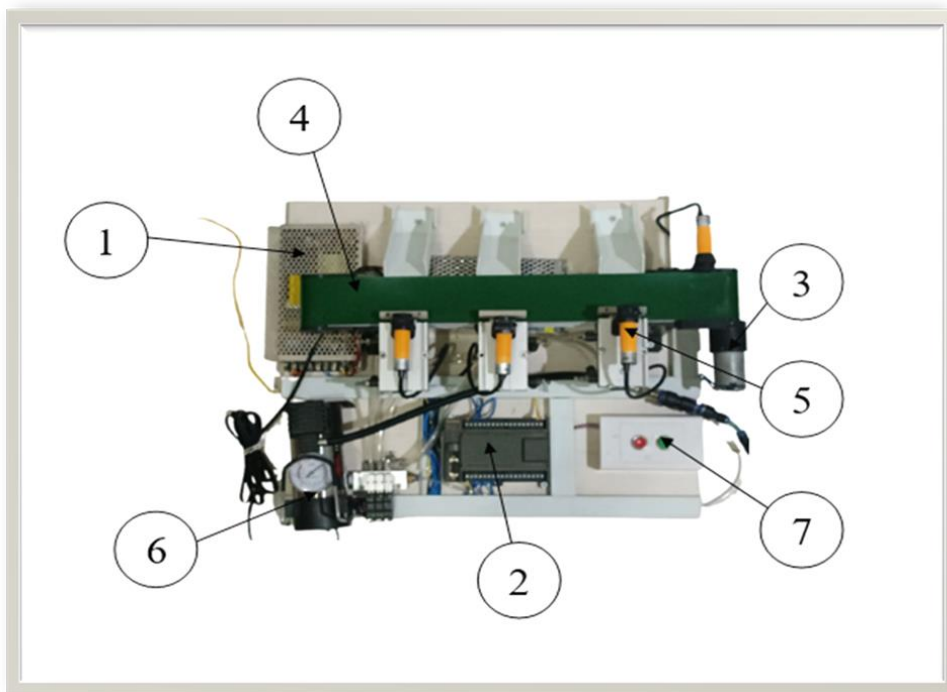
Chế độ Automatic: Khi nhấn nút Automatic, màn hình hiển thị bảng điều khiển chế độ tự động của mô hình, bao gồm các nút START, STOP và RESET. Nút START và STOP được sử dụng để bắt đầu và dừng chu trình tự động cụ thể. Khi nhấn nút START, hệ thống được cấp điện và băng tải bắt đầu hoạt động khi cảm biến đầu tiên nhận được sản phẩm. Sau đó, băng tải chuyển phôi tới các cảm biến khác dựa trên chiều cao của sản phẩm để xi lanh đẩy vào các khay tương ứng (cao, thấp, trung bình). Khi nhấn nút STOP, hệ thống dừng lại. Mỗi loại sản phẩm được phân loại sẽ được đếm trên màn hình WinCC. Nút RESET được sử dụng để đặt lại bộ đếm và chạy băng tải trong 5 giây để đưa phần phôi còn lại trên băng tải xuống.

Chế độ Manual: Khi nhấn nút Manual, bảng điều khiển chế độ tự động sẽ biến mất và bảng điều khiển chế độ manual sẽ hiển thị. Trong bảng điều khiển này, người dùng có thể điều khiển 3 xi lanh và động cơ chạy

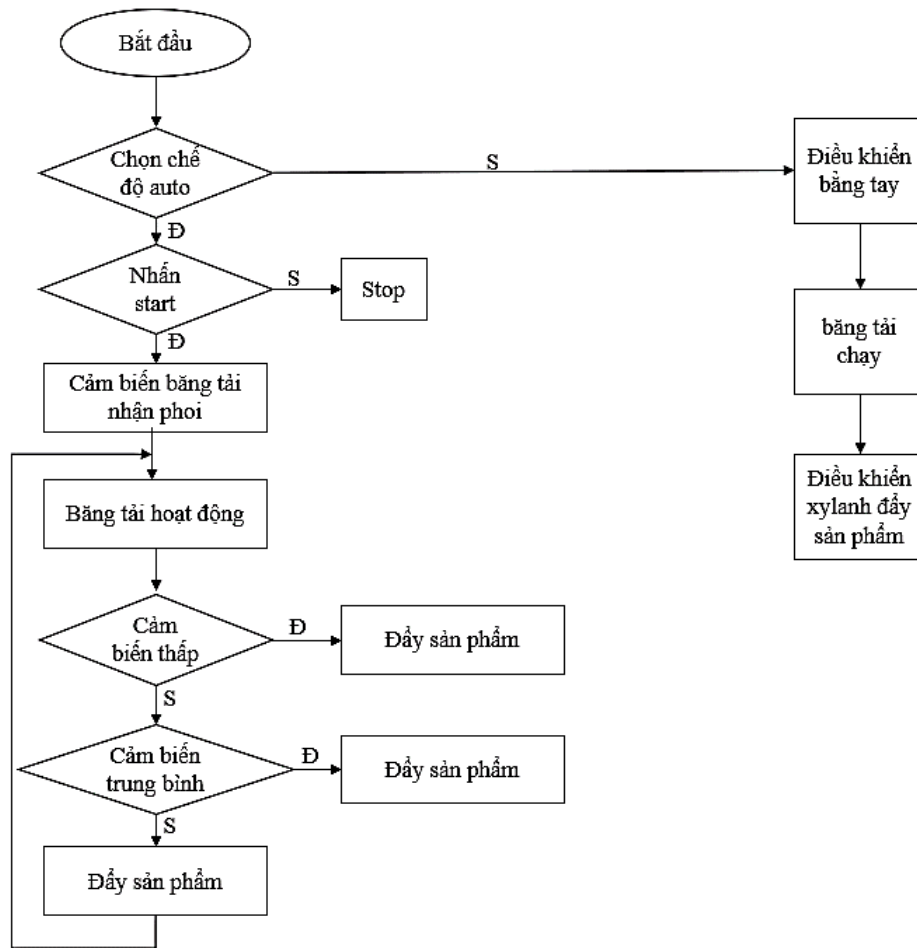
băng chuyền. Thông tin về số lượng sản phẩm đã được sắp xếp được hiển thị trên màn hình đếm sản phẩm. Các cảm biến và xi lanh được mô phỏng và kết nối với mô hình thực tế để theo dõi hoạt động của mô hình. Việc giám sát và mô phỏng được đồng bộ hóa với hoạt động thực tế của mô hình, đảm bảo sự chính xác và hiệu quả trong quá trình mô phỏng.



Hình 3. Mô hình hệ thống trên phần mềm NX

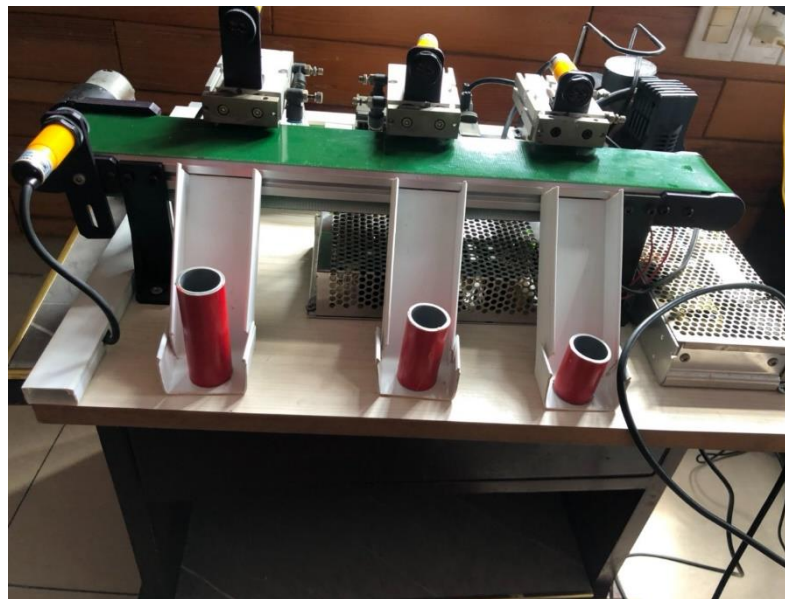


Hình 4. Mô hình thực tế



Hình 5. Lưu đồ giải thuật

5 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM



Hình 6. Thứ tự sản phẩm trong mô hình



Hình 7. Xylanh đẩy sản phẩm cao



Hình 8. Xylanh đẩy sản phẩm trung bình



Hình 9. Xylanh đẩy sản phẩm thấp

6 KẾT LUẬN

Bài báo "Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và thử nghiệm hệ thống phân loại sản phẩm theo chiều cao" đã thành công đáp ứng yêu cầu đề ra bằng việc sử dụng bộ điều khiển PLC S7-200. Chúng tôi đã tích hợp cơ cấu cơ khí, PLC và cảm biến để xây dựng một mô hình hoạt động chính xác và tự động. Hệ thống PLC S7-200 của Siemens đã được lập trình bằng ngôn ngữ Ladder Diagram (LAD) để thực hiện phân loại sản phẩm dựa trên chiều cao. Kết quả thực nghiệm đã chứng minh rằng hệ thống phân loại sản phẩm hoạt động hiệu quả và tin cậy. Việc phân loại sản phẩm theo chiều cao đã được thực hiện tự động và chính xác, giảm thiểu công việc và rủi ro liên quan đến yếu tố con người. Hơn nữa, hệ thống cũng mang lại hiệu suất cao, đóng góp vào việc tăng năng suất sản xuất và tiết kiệm thời gian. PLC S7-200 của Siemens, với kích thước nhỏ, độ bền cao và dễ bảo trì, phù hợp để áp dụng trong các hệ thống tự động hóa vừa và nhỏ. Đề tài này đã cung cấp nền tảng phát triển cho các khả năng mở rộng và nâng cao tính năng phân loại sản phẩm mới trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Xing Hong Kuang, Zhe Yi Yao, Shi Ming Wang, "Design of Parts Processing and Control System Based on PLC", 2014.
- [2] W. Koodtalang, T. Sangsuwan, B. Noppakaow, "A Design of Automated Inspections of Both Shape and Height Simultaneously Based on Stereo Vision and PLC", 2018.
- [3] Zhou YuBin, Han JinZhi, Shi XianJiang, Chen YouFu, "An automatic control system for small scale clean-in-place that was based on S7-200 PLC", China Dairy Industry 2012, Vol.40, No.3 pp. 62-64, 2012.

YSC5.F224

THIẾT KẾ HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI VÀ HỆ THỐNG ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ VÀ THÔNG GIÓ CHO KHỐI VĂN PHÒNG NHÀ MÁY DP ĐẠT TIÊU CHUẨN LEED VÀ GIẢM PHÁT THẢI CO₂

NGUYỄN THỊ MỸ TRANG¹, NGUYỄN THANH THẢO¹, ĐINH NHẬT TRUNG¹, NGUYỄN CÔNG MINH¹, LÊ HỒ THANH NGUY^{1*}, NGUYỄN THỊ TÂM THANH^{1*}

¹Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

*Nguyenthitamthanh@iuh.edu.vn, *19442681.nguy@student.iuh.edu.vn

Tóm tắt. Trong nghiên cứu này đã tiến hành thực hiện thiết kế hệ thống năng lượng mặt trời, hệ thống điều hòa không khí và thông gió (MVAC) cho khối văn phòng nhà máy DP đạt được chuẩn LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Gold và giảm được 149.391 tấn CO₂ thải ra ngoài môi trường mỗi năm. Trong đó, nghiên cứu đã sử dụng phần mềm PVsyst để thiết kế hệ thống năng lượng mặt trời, đảm bảo tính chính xác và hiệu quả của hệ thống. Tổng thể, kết quả của nghiên cứu này chứng minh được tính hiệu quả của việc sử dụng năng lượng mặt trời để cung cấp nguồn năng lượng cho hệ thống MVAC như một giải pháp có hiệu quả trong việc giảm thiểu phát thải CO₂ và khuyến khích bền vững.

Từ khóa. PVsyst; LEED Gold; MVAC; CO₂.

DESIGN SOLAR POWER SYSTEM AND MECHANICAL VENTILATION AND AIR CONDITIONING SYSTEM FOR DP FACTORY OFFICE BLOCK REACHED LEED STANDARDS AND CO₂ EMISSIONS REDUCTION

Abstract. In this study, we have carried out the design of a solar energy system, mechanical ventilation & air conditioning system (MVAC) for the office block of DP factory to achieve LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Gold standard and reduce 149.391 tons of CO₂ emissions into the environment each year. In which, the study used PVsyst software to design the solar power system, ensuring the accuracy and efficiency of the system. Overall, the results of this study demonstrate the effectiveness of using solar energy as a viable solution to power the MVAC system, reducing CO₂ emissions and promoting sustainability.

Keywords. PVsyst software; LEED Gold; MVAC; CO₂.

1 GIỚI THIỆU

Vấn đề biến đổi khí hậu và ô nhiễm môi trường ngày càng trở thành những thách thức đáng lo ngại trên toàn cầu. Sự gia tăng về lượng khí thải CO₂ từ việc sử dụng năng lượng hoá thạch đang góp phần tạo ra tác động tiêu cực đến môi trường và sức khỏe con người. Vì vậy, việc tìm kiếm các giải pháp thân thiện với môi trường nhằm giảm thiểu khí thải CO₂ trở nên cấp bách và quan trọng.

Đã có nhiều nghiên cứu được thực hiện để giải quyết vấn đề giảm lượng khí thải CO₂ như nghiên cứu triển khai công nghệ Carbon Capture and Storage (CCS) trong ngành điện [1], sử dụng công nghệ sản xuất điện từ than đá sử dụng khí oxy và chất xúc tác [2], công nghệ kết hợp khí hóa than kết hợp với chu trình hỗn hợp khí hóa tích hợp (Integrated Coal Gasification Combined Cycle - IGCC) [3], triển khai hệ thống điện mặt trời để giảm thiểu lượng khí thải CO₂ [4], phân tích vòng đời khí thải nhà kính của các hệ thống điện mặt trời quy mô lớn tích hợp vào mạng điện [5], sử dụng mô hình dữ liệu của Agora Energiewende để ước tính tiềm năng giảm giá CO₂ của các hệ thống điện mặt trời [6]. Trong đó nghiên cứu và ứng dụng năng lượng mặt trời là một giải pháp tiềm năng. Trong lĩnh vực này, việc sử dụng năng lượng mặt trời để cung cấp nguồn năng lượng cho hệ thống điều hòa không khí và thông gió (MVAC) là một phương án hiệu quả

trong việc giảm thiểu khí thải CO₂ và khuyến khích sự bền vững trong hoạt động kinh doanh, xây dựng và sản xuất.

Với mục đích nghiên cứu này, chúng tôi đã tiến hành thiết kế và triển khai một hệ thống năng lượng mặt trời và hệ thống MVAC cho một khối văn phòng cho thuê của công ty DP. Mục tiêu của chúng tôi là đảm bảo rằng hệ thống được thiết kế đạt chuẩn LEED Gold và có khả năng giảm thiểu lượng khí thải CO₂ ra môi trường một cách đáng kể.

2 DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Tổng quan công trình

Đối tượng nghiên cứu này là Dự án Công ty TNHH DP Systems Electronic Mechanical Technology Việt Nam có tọa lạc tại Khu Công Nghiệp VSIP II-A Bình Dương, được thiết kế rất rộng rãi và phù hợp cho các hoạt động sản xuất kinh doanh. Với quy mô gồm 1 tầng trệt, 4 tầng lầu và 1 tầng thượng, tòa nhà có chiều dài 82 mét và chiều rộng 65.6 mét, tổng diện tích lên tới 5379.2 m². Tòa nhà này được xây dựng với phong cách kiến trúc hiện đại và được trang bị đầy đủ tiện nghi để đáp ứng các nhu cầu của khách hàng, đặc biệt là về khu vực văn phòng và kinh doanh. Ngoài ra, việc xây dựng tại khu công nghiệp VSIP II-A Bình Dương cũng giúp cho công ty dễ dàng tiếp cận với các khách hàng tiềm năng và đối tác kinh doanh trong khu vực, mang lại cho công ty nhiều cơ hội phát triển và mở rộng. Công năng của tòa nhà thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Cao độ công trình

Tầng	Cao độ [m]	Chiều cao [m]	Khu vực
Tầng 1	+ 0.000	+ 5.700	Khu vực văn phòng
Tầng 2	+ 5.700	+ 3.900	Khu vực sản xuất.
Tầng 3	+ 9.600	+ 3.900	Khu vực sản xuất.
Tầng 4	+13.500	+3.900	Khu vực văn phòng
Tầng 5	+17.400	+3.900	Căn tin
Sân thượng	+21.300	+3.000	Khu đặt dàn nóng & pin NLMT

2.2 Lựa chọn cấu trúc công trình

Để đạt chuẩn LEED Gold, chúng tôi đã chọn sử dụng kính Triple Glazing với hệ số truyền nhiệt thấp là 2,6 W/m².K dựa trên tiêu chuẩn ASHRAE 90.1 và lựa chọn loại mái có cách nhiệt từ tiêu chuẩn QCXDVN 09 với hệ số truyền nhiệt thấp là 0.29 W/m².K. Theo nghiên cứu của tác giả X. Liu và cộng sự [7], việc sử dụng kính Triple Glazing giúp cải thiện khả năng cách nhiệt của cửa sổ và ngăn chặn nhiệt độ môi trường bên ngoài truyền vào trong không gian bên trong. Hệ số truyền nhiệt thấp của kính và loại mái này giúp giảm tiêu thụ năng lượng cần thiết cho việc làm lạnh và điều hòa không gian.

Ngoài ra, chúng tôi cũng đã chọn các kết cấu bao che khác có chiều dày lớn và hệ số truyền nhiệt thấp nhỏ hơn 1.5 W/m².K. Việc này nhằm đảm bảo tính hiệu quả năng lượng và tối ưu hóa tiêu thụ năng lượng của toàn bộ hệ thống.

2.3 Lựa chọn thông số thiết kế

Bảng 2: Thông số tính tải

	Công năng phòng	Số người sử dụng (m ² /person)	Lưu lượng gió tươi (L/s/person)	Tải do đèn (W/m ²)	Tải do thiết bị tiêu thụ điện (W/m ²)
Tải nhiệt bên trong	Văn phòng	8	3.25	12	30
	Phòng họp	2	3.25	20	30
	Sảnh	3	4.94	20	10
	Phòng Gym	14.3	13	20	15
	Căn tin	2	4.94	25	10
Thông số bên trong	23°C – 55% (trừ phòng gym là 18°C – 55%)				
Thông số bên ngoài	DB/WB: 33°C/29.5°C				

Thông số thiết kế phòng điều hoà có liên quan đến nhiệt độ và độ ẩm tương đối của không khí trong phòng cần điều hoà và điều kiện môi trường bên ngoài. Trong quá trình lựa chọn, đặc biệt quan trọng là điều chỉnh chính xác nhiệt độ và độ ẩm bên trong khu văn phòng cho thuê. Chính vì vậy, chúng tôi đã xác định các thông số thông qua các tiêu chuẩn và quy định như ASHRAE HVAC Fundamentals 2021, ASHRAE HVAC Applications 2019, ASHRAE 62.1-2022, TCVN 5687-2010 và CIBSE Guide A - Environmental Design 2006. Các thông số đầu vào phục vụ cho việc tính tải lạnh cho không gian điều hoà được thể hiện trong Bảng 2.

2.4 Phương án thiết kế

Để làm lạnh trong hệ thống điều hoà không khí, có hai phương pháp chính là phương pháp làm lạnh trực tiếp và gián tiếp. Tùy vào ứng dụng cụ thể, mỗi phương pháp có những ưu điểm và hạn chế khác nhau. Trong dự án cung cấp hệ thống điều hoà cho văn phòng cho thuê này, phương pháp tốt nhất là sử dụng hệ thống điều hoà trung tâm VRV/VRF (Variable Refrigerant Volume/Variable Refrigerant Flow). Điều này là rất hợp lý, bởi vì hệ thống VRV/VRF là một phương pháp làm lạnh gián tiếp tiên tiến và đáng tin cậy, có khả năng cân bằng tải tốt và giảm thiểu đáng kể các chi phí vận hành. Hơn nữa, hệ thống này cũng có thể được điều chỉnh để đáp ứng các nhu cầu khác nhau về nhiệt độ và độ ẩm, đáp ứng các yêu cầu của mỗi không gian và loại tải liệu được lưu trữ trong đó. Vì vậy, việc sử dụng hệ thống điều hoà trung tâm VRF/VRV là một lựa chọn tuyệt vời cho việc cung cấp hệ thống điều hoà không khí cho các văn phòng cho thuê.

2.5 Sử dụng phần mềm thiết kế hệ thống năng lượng mặt trời PVsyst

2.5.1 Vị trí địa lý và nguồn tài nguyên

Vị trí lắp đặt giàn pin được xác định tại sân thượng Công Ty TNHH DP SYSTEMS ELECTRONIC MECHANICAL TECHNOLOGY Việt Nam với vĩ độ và kinh độ cụ thể là 11,10° và 106,69° với diện tích hơn 5000m². Bên cạnh đó ta còn có được thông tin về cường độ bức xạ, nhiệt độ, tốc độ gió, độ ẩm tại khu vực từ Meteonorm. Được biết nhiệt độ khu vực, tốc độ gió và độ ẩm là những yếu tố rất quan trọng góp phần vào hiệu suất làm việc của tấm pin. Nhiệt độ cao sẽ làm giảm hiệu quả làm việc của tấm pin. Tốc độ gió vừa là một trong những nguyên nhân chính gây hư hỏng pin năng lượng mặt trời vừa là yếu tố giúp pin hoạt động tốt hơn khi được gió giải nhiệt sẽ là tăng hiệu suất phát điện. Độ ẩm có thể gây ăn mòn, hư hỏng các mô đun.

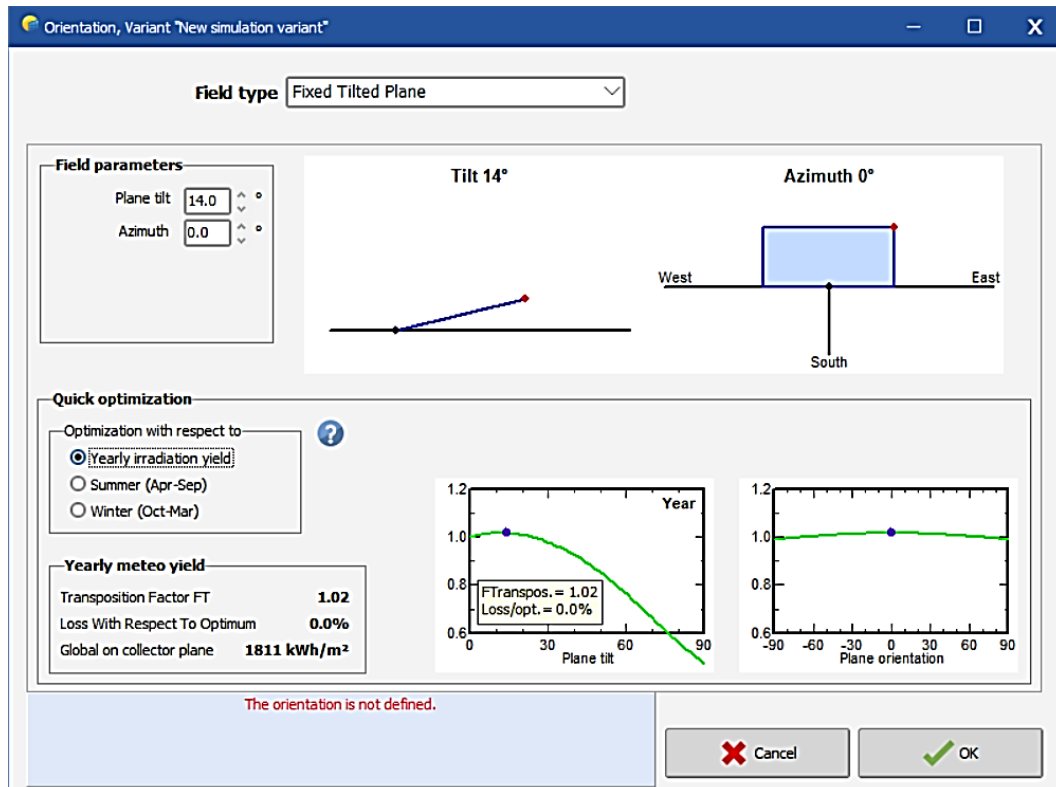
Bảng 3. Thông tin về bức xạ, nhiệt độ, tốc độ gió và độ ẩm tại khu vực đặt giàn pin

Tháng	Bức xạ ngang toàn cầu (kWh/m ² /mth)	Bức xạ khuếch tán (kWh/m ² /mth)	Nhiệt độ (°C)	Tốc độ gió (m/s)	Độ ẩm tương đối (%)
1	135.7	70.9	26.4	2.4	72.3
2	137.3	72.5	27.1	2.89	69.4
3	160.1	81.2	28.5	3.41	69.7
4	171.2	80.4	29.1	3.29	73.2
5	169.5	86.3	28.8	2.8	79
6	159.9	85.2	27.6	2.9	84.5
7	156.9	85	27.6	3.29	83.6
8	155.1	83.9	27.6	3.5	83.6
9	132.1	77.7	26.9	2.8	86.7
10	163.1	74.5	27.1	2.21	84.6
11	118.8	74.9	26.7	2.21	82.4
12	123.2	67.4	26.6	2.2	75.6
Cả năm	1782.9	940	27.5	2.8	78.7

2.5.2 Sơ lược về góc nghiêng và hướng tối ưu của tấm pin

Phần mềm Pvsyst đã hỗ trợ tính toán hướng xoay là 0° trùng với hướng chính Nam và độ nghiêng của tấm pin từ 13° đến 14° sẽ nhận được lượng bức xạ mặt trời là 1811 kWh/m² và tổn thất là 0%. Vì vậy nhóm

quyết định thiết lập góc nghiêng của tấm pin là 14° để có thể để giảm tổn thất do bụi bẩn một cách tốt nhất và phương vị là 0° (theo hướng chính Nam).



Hình 1. Góc nghiêng 14°, phương vị 0° - tổn thất 0% và năng lượng thu được trên một đơn vị diện tích của tấm pin là 1811 kWh.

3 KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1 Kết quả tính tải lạnh các phòng và lựa chọn thiết bị

Sau khi sử dụng phần mềm Trace 700 để tính toán tải lạnh, chúng tôi thu được kết quả tải lạnh toàn hệ thống là 2362 kW. Qua quá trình lựa chọn dàn lạnh, chúng tôi tập trung vào công suất hơn là lưu lượng vì công suất là thước đo quan trọng nhất để đánh giá khả năng làm lạnh và làm mát của hệ thống. Điều này đảm bảo rằng hệ thống đáp ứng đúng nhu cầu làm lạnh của không gian điều hòa. Chúng tôi ưu tiên sử dụng dàn lạnh âm trần nổi ống gió cho hầu hết các không gian. Đối với phòng tập gym, chúng tôi lựa chọn dàn lạnh cassette 4 hướng để đảm bảo phân phối không khí đồng đều và hiệu quả trong không gian rộng. Đối với phòng kỹ thuật, chúng tôi đã sử dụng toàn bộ máy treo tường, vì nó cần hoạt động liên tục trong suốt cả ngày để đảm bảo điều kiện lạnh ổn định cho các thiết bị và hệ thống kỹ thuật. Việc sử dụng dàn nóng Multi V 5 với chỉ số hiệu suất COP lên tới 4,91 đã mang lại nhiều lợi ích. Khả năng tiết kiệm năng lượng của dàn nóng giúp giảm chi phí điều hành vận tải và đồng thời đáp ứng các tiêu chí môi trường và tiêu chí LEED (Lãnh đạo trong thiết kế năng lượng và môi trường). Chúng tôi tin rằng việc sử dụng hệ thống này không chỉ giúp giảm tiêu thụ năng lượng mà còn đóng góp một phần vào việc bảo vệ môi trường và đạt được mục tiêu lâu dài. Ngoài ra, chúng tôi đã sử dụng hệ thống xử lý gió tươi (FAU) để đảm bảo cung cấp lượng không khí tươi và làm sạch cho không gian. Hệ thống FAU giúp cải thiện chất lượng không khí bên trong, loại bỏ các chất ô nhiễm và tăng cường sự thoải mái và sức khỏe cho người sử dụng hệ thống điều hòa.

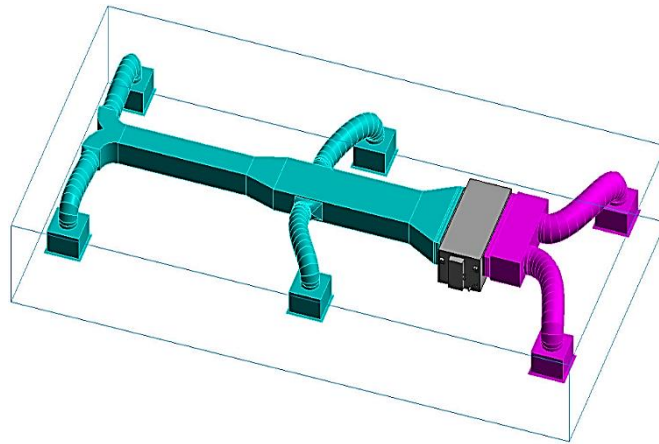
3.2 Tính chọn miệng gió và ống gió

Với việc lưu lượng gió đã được xác định thông qua bản xuất tải lạnh sử dụng phần mềm Trace 700. Nhóm chúng tôi đã sử dụng phần mềm Duct Checker để tính toán và xác định kích thước ống và miệng gió cho các phòng. Bằng cách này, chúng tôi có thể chắc chắn rằng hệ thống thông gió hoạt động hiệu quả và đáp

ứng được yêu cầu về lưu gió cho mỗi phòng. Việc tính toán chính xác kích thước ống và miệng gió cũng giúp đảm bảo sự cân bằng áp suất và phân phối đồng đều không khí đến từng khu vực trong toàn bộ hệ thống. Điều này đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo môi trường làm việc và sinh hoạt lành mạnh và thoải mái cho người sử dụng. Kết quả thiết kế miệng gió và ống gió điển hình được thể hiện ở Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả tính toán miệng gió và ống gió điển hình

	Công năng phòng	Lưu lượng gió (L/s)	Kích thước (mm)	Vận tốc (m/s)	Số lượng miệng gió	Tổn thất trên 1m ống (Pa)
Miệng gió cấp	Căn tin	267	450x450	1.6	4	-
Đường ống gió chính		1067	700x300	5	-	0.7
			400x300	4.4	-	0.7



Hình 2. Kết quả thiết kế miệng gió và ống gió điển hình

3.3 Tính toán cột áp gió thải

Dựa trên các tài liệu ASHRAE HVAC Applications 2019 và ASHRAE 62.1.2022, chúng tôi đã xác định được lưu lượng thải cần thiết. Sau đó, chúng tôi đã tiếp tục sử dụng tài liệu ASHRAE HVAC Fundamentals 2021 cùng với phần mềm ASHRAE Duct Fitting Database để tính toán cột áp quạt gió thải cho các phòng. Để chọn quạt cho từng phòng, chúng tôi đã sử dụng phần mềm Fan by Fantech cung cấp. Trong quá trình này, chúng tôi đã ưu tiên lựa chọn các hệ thống quạt hướng trục có độ ồn thấp để đảm bảo môi trường làm việc yên tĩnh và thoải mái cho người sử dụng.

Technical Data - Fan Model APPM063BP14/18

Location:

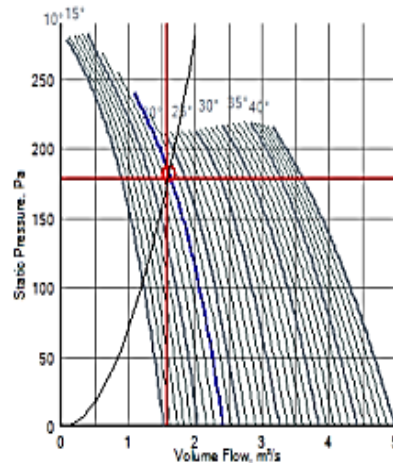
Performance - Required

Air Flow : 1.59 m³/s
 Static Pressure : 178 Pa
 Selection Pressure: 178 Pa
 Installation Type: TYPE D
 Air Density: 1.204 kg/m³
 - Atmos. Temp: 20 °C
 - Altitude: 0 m
 - Humidity: 0.0 %

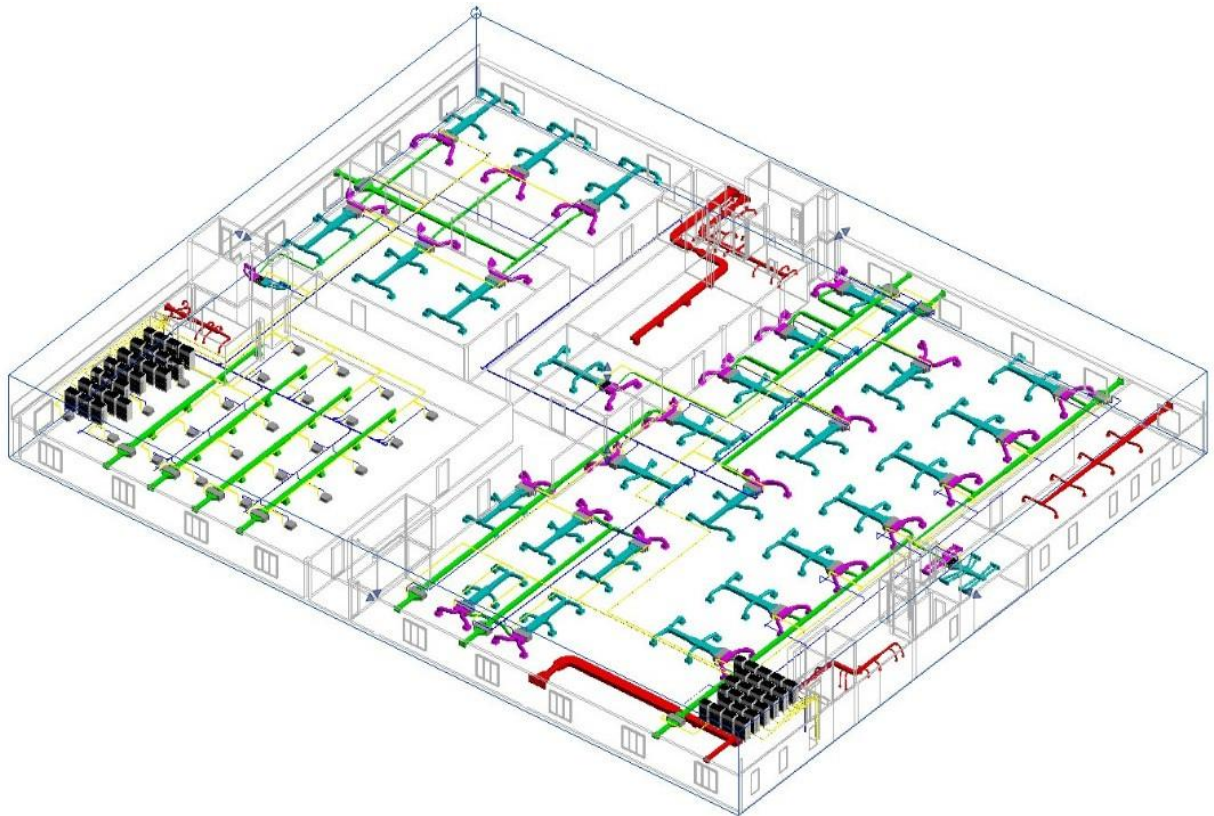
Fan Data

Catalogue Code: APPM063BP14/18 (APPM063BP14V030)
 Description: Magnetite Series with VSD
 Diameter: 630 mm Hub: 250 mm
 Impeller Type: Axial Pitch: 18°
 Blade Material: GRP Blades: 14
 Speed: 1145 r/min @50 Hz
 Power, Abs: 0.55 kW Form: B
 Input Power: 0.62 kW Peak: 0.56 kW
 Efficiency Total: 58.1%
 Fan Weight: 39.4 kg Static: 53.4%

Designation:



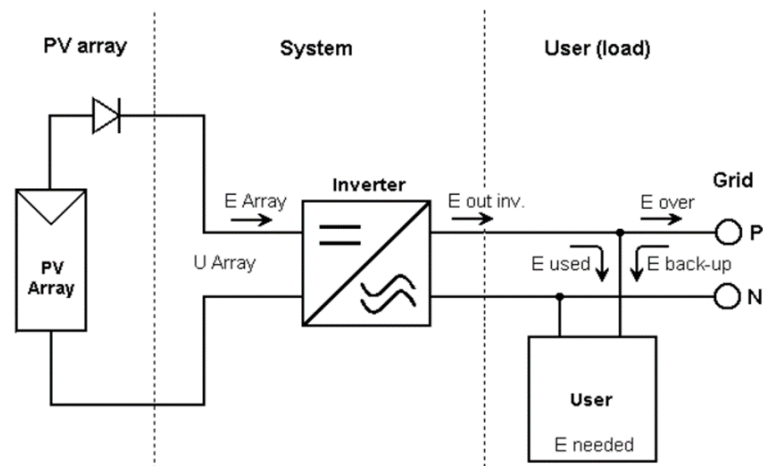
Hình 3. Kết quả tính chọn quạt gió thải điển hình



Hình 4. Kết quả tính toán thiết kế hệ thống thông gió & điều hoà không khí.

3.4 Tính toán hệ thống năng lượng mặt trời bằng phần mềm PVSYSY

3.4.1 Cấu hình hệ thống



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý hệ thống pin năng lượng mặt trời.

Hệ thống được thiết kế với cấu hình 350 kWp nối lưới. Loại pin được sử dụng là JINKOSOLAR Si-mono 585 Wp (JKM585M-7RL4-V) có điện áp hở mạch $V_{OC} = 58.8$ V, điện áp ứng với công suất cực đại $V_{MPP} = 38.6$ V. Inverter được sử dụng là của hãng Sungrow 100 kW (SG110-CX) hoạt động ổn định trong dải điện áp từ 200-1000 V. Từ các thông số của tấm pin và inverter ta có thể tính được số lượng tấm pin được lắp nối tiếp nhiều nhất và ít nhất trên 1 dãy.

$$n_{\max} = \frac{V_{DC \max}}{V_{OC}} = \frac{1000}{58.8} = 17.0068$$

[8] Vậy số tấm pin tối đa trên 1 dãy là 18.

$$n_{\min} = \frac{V_{\min}}{V_{\text{MPP}}} = \frac{200}{38.6} = 5.18$$

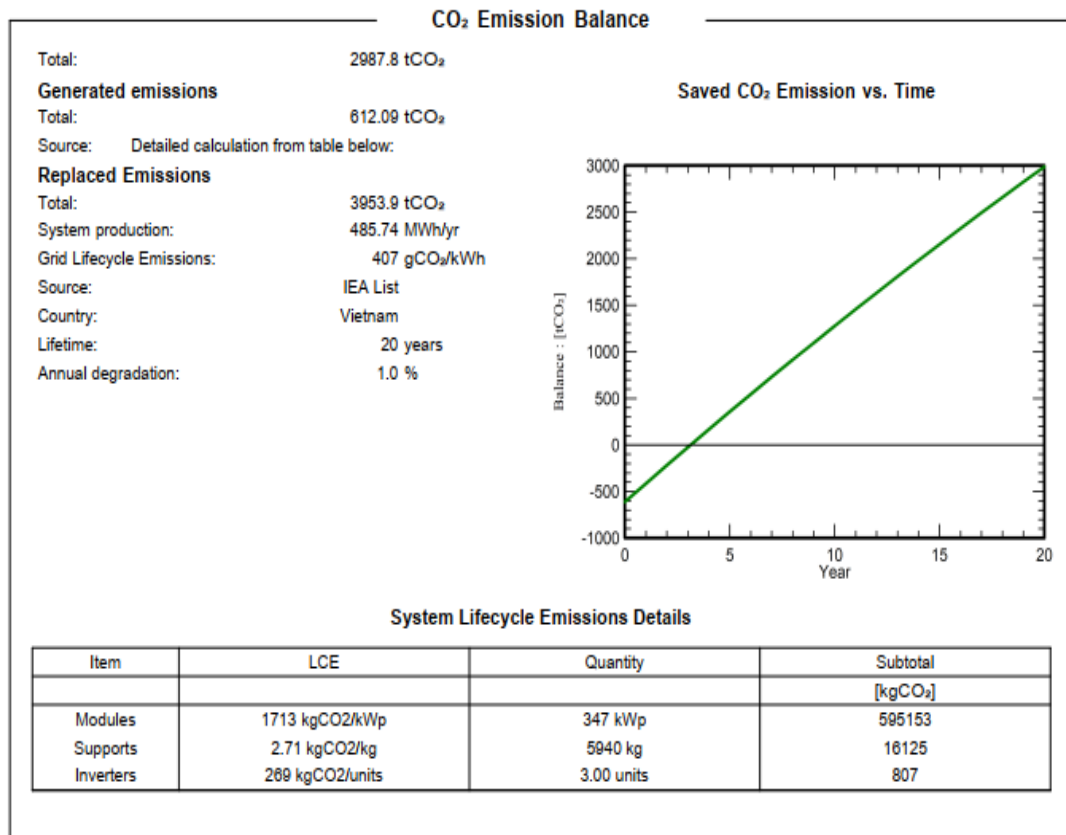
[8] Vậy số tấm pin tối thiểu trên 1 dãy là 6.

Mô hình tối ưu nhất được phần mềm đề xuất gồm 18 tấm pin mắc nối tiếp trên 1 dãy và có 33 dãy mắc song song với nhau, với tổng số tấm pin là 594, diện tích 1624 m², tổng công suất là 347 kWp.

3.4.2 Kết quả mô phỏng

Bảng 5. Điện năng tạo ra của các tháng trong năm thứ nhất.

	Lượng điện được tạo ra MWh	Lượng điện điều hòa sử dụng MWh
Tháng 1	42.1	23.21
Tháng 2	40.73	20.96
Tháng 3	45.12	23.21
Tháng 4	45.87	22.46
Tháng 5	44.43	23.21
Tháng 6	41.81	22.46
Tháng 7	41.36	23.21
Tháng 8	41.97	23.21
Tháng 9	37.05	22.46
Tháng 10	47.48	23.21
Tháng 11	35.96	22.46
Tháng 12	38.45	23.21
Cả năm	502.24	273.27



Hình 6. Lượng CO₂ hệ thống tiết kiệm được trong 20 năm.

Hệ thống điện năng lượng mặt trời với công suất 347 kWp sau khi được phần mềm Pvsyst phân tích tính toán về khả năng hấp thụ bức xạ, đổ bóng, tổn thất trên pin quang điện PV do cường độ chiếu xạ, tổn thất trên các tấm pin do nhiệt, chất lượng tấm pin, giảm khả năng hấp thụ bức xạ, tổn thất trên dây dẫn, tổn thất do inverter, tổn thất do vượt ngưỡng dòng trên inverter thì hệ thống sinh ra sản lượng điện trong năm đầu tiên là 486 MWh với hiệu suất hoạt động khoảng 0,77 %.

Bên cạnh đó phần mềm còn cho chúng ta thấy mỗi năm hệ thống sẽ giúp giảm phát thải 149.391 tấn CO₂ và trong vòng đời 20 năm của hệ thống thì nó sẽ giúp giảm tổng cộng 2987.8 tấn CO₂.

3.5 Tính toán điểm LEED

Bảng 6. Tính điểm LEED cho công trình.

Yes	Maybe	No	Design/ Construc tion	Prereq/ Credit	Credit name	Max Point
1	0	0	IP Integrative Process <i>Quá trình tổng hợp dự án</i>			1
1			D	P	Integrative Process <i>Thiết kế tích hợp</i>	1
0	2	18	LT Location and Transportation <i>Vị trí và kết nối giao thông</i>			20
			D	C	LEED for Neighborhood Development Location <i>Vị trí phát triển khu vực theo tiêu chuẩn LEED</i>	16
		2	D	C	Sensitive Land Protection <i>Bảo vệ các khu vực nhạy cảm</i>	2
		3	D	C	High Priority Site <i>Khu vực ưu tiên cao</i>	3
		6	D	C	Surrounding Density and Diverse Uses <i>Mật độ xung quanh và sự đa dạng trong việc sử dụng</i>	6
		6	D	C	Access to Quality Transit <i>Tiếp cận vận chuyển chất lượng</i>	6
		1	D	C	Bicycle Facilities <i>Cơ sở đỗ xe đạp</i>	1
	1				Reduced Parking Footprint <i>Giảm diện tích đậu xe</i>	1
	1				Green Vehicles <i>Phương tiện thân thiện với môi trường</i>	1
1	2	8	SS Sustainable Sites <i>Môi trường phát triển bền vững</i>			11
Y			C	P	Construction Activity Pollution Prevention <i>Kiểm soát & Phòng tránh ô nhiễm từ các hoạt động xây dựng</i>	Require d
	1		D	C	Site Assessment <i>Đánh giá tác động môi trường tới khu đất</i>	1

Yes	Maybe	No	Design/ Construc tion	Prereq/ Credit	Credit name	Max Point
		2	D	C	Site Development—Protect or Restore Habitat <i>Phát triển Khu vực - Bảo vệ hoặc Phục hồi Môi trường sống</i>	2
		1	D	C	Open Space <i>Không gian mở</i>	1
		3	D	C	Rainwater Management <i>Quản lý lượng nước mưa trên khu đất</i>	3
	1	1	D	C	Heat Island Reduction <i>Giảm tác động của hiệu ứng đảo nhiệt đô thị</i>	2
		1	D	C	Light Pollution Reduction <i>Giảm nhẹ tác động của ô nhiễm chiếu sáng</i>	1
1			D	C	Tenant Design and Construction Guidelines <i>Hướng dẫn thiết kế và xây dựng cho người thuê</i>	1
6	0	5	WA Water Efficiency <i>Tận dụng nguồn nước hiệu quả</i>			11
Y			D	P	Outdoor Water Use Reduction <i>Giảm sử dụng nước ngoài trời</i>	Require d
Y			D	P	Indoor Water Use Reduction <i>Giảm sử dụng nước trong nhà</i>	Require d
Y			D	P	Building-Level Water Metering <i>Đồng hồ đo nước cấp tòa nhà</i>	Require d
1		1	D	C	Outdoor Water Use Reduction <i>Giảm sử dụng nước ngoài trời</i>	2
4		2	D	C	Indoor Water Use Reduction <i>Giảm sử dụng nước trong nhà</i>	6
		2	D	C	Cooling Tower Water Use <i>Sử dụng nước tháp giải nhiệt</i>	2
1			D	C	Water Metering <i>đồng hồ đo nước</i>	1
3	24	6	EA Energy and Atmosphere <i>Giảm tiêu thụ năng lượng</i>			33
Y			C	P	Fundamental Commissioning and Verification <i>Vận hành và nghiệm thu cơ bản</i>	Require d
Y			D	P	Minimum Energy Performance <i>Hiệu suất năng lượng tối thiểu</i>	Require d
Y			D	P	Building-Level Energy Metering <i>Đo đặc năng lượng sử dụng trong công trình</i>	Require d
Y			D	P	Fundamental Refrigerant Management <i>Quản lý Môi chất lạnh Cơ bản</i>	Require d

Yes	Maybe	No	Design/ Construc tion	Prereq/ Credit	Credit name	Max Point
	3	3	C	C	Enhanced Commissioning <i>Nghiệm thu nâng cao</i>	6
	18		D	C	Optimize Energy Performance <i>Tối ưu hóa hiệu suất năng lượng</i>	18
	1		D	C	Advanced Energy Metering <i>Đo đặc Năng lượng Nâng cao</i>	1
		2	C	C	Demand Response <i>Tối ưu về nhu cầu điện năng nhằm giảm nhu cầu điện vào giờ cao điểm</i>	2
3			D	C	Renewable Energy Production <i>Sản xuất năng lượng tái tạo</i>	3
		1	D	C	Enhanced Refrigerant Management <i>Quản lý môi chất lạnh nâng cao</i>	1
	2		C	C	Green Power and Carbon Offsets <i>Năng lượng xanh & giảm phát thải carbon</i>	2
0	5	9	MR Materials and Resources <i>Nguyên vật liệu sử dụng</i>			14
Y			D	P	Storage and Collection of Recyclables <i>Nơi lưu trữ, phân loại và thu gom rác thải vận hành tái chế được</i>	Require d
Y			C	P	Construction and Demolition Waste Management Planning <i>Kế hoạch quản lý rác thải xây dựng và phá dỡ</i>	Require d
	3	3	C	C	Building Life-Cycle Impact Reduction <i>Giảm tác động vòng đời của toàn bộ công trình</i>	6
		2	C	C	Building Product Disclosure and Optimization- Environmental Product Declarations <i>Tiết lộ và tối ưu hóa sản phẩm xây dựng - Tuyên bố Sản phẩm thân thiện với môi trường</i>	2
		2	C	C	Building Product Disclosure and Optimization--Sourcing of Raw Materials <i>Tiết lộ và tối ưu hóa sản phẩm xây dựng - Nguồn cung cấp nguyên liệu</i>	2
		2	C	C	Building Product Disclosure and Optimization--Material Ingredients <i>Tiết lộ và tối ưu hóa sản phẩm xây dựng - Thành phần vật liệu</i>	2
	2		C	C	Construction and Demolition Waste Management	2

Yes	Maybe	No	Design/ Construc tion	Prereq/ Credit	Credit name	Max Point
					<i>Kế hoạch quản lý rác thải xây dựng và phá dỡ</i>	
0	7	3	EQ Indoor Environmental Quality <i>Chất lượng môi trường sống trong nhà</i>			10
Y			D	P	Minimum Indoor Air Quality Performance <i>Hiệu suất tối thiểu về chất lượng không khí trong nhà</i>	Require d
Y			D	P	Environmental Tobacco Smoke Control <i>Kiểm soát khói thuốc lá trong môi trường</i>	Require d
	2		D	C	Enhanced Indoor Air Quality Strategies <i>Chiến lược cải thiện chất lượng không khí trong nhà</i>	2
	1	2	C	C	Low-Emitting Materials <i>Vật liệu phát thải thấp</i>	3
	1		C	C	Construction Indoor Air Quality Management Plan <i>Xây dựng kế hoạch quản lý chất lượng không khí trong nhà</i>	1
	2	1	D	C	Daylight <i>Tối ưu sử dụng chiếu sáng tự nhiên</i>	3
	1		D	C	Quality Views <i>Chất lượng tầm nhìn</i>	1
1	4	1	IN Innovation <i>Tính sáng tạo trong thiết kế</i>			6
	4	1	Innovation <i>Sự sáng tạo</i>			5
1			LEED Accredited Professional <i>Chuyên gia được cấp chứng nhận LEED</i>			1
1	3	0	RP Regional Priority <i>Khu vực phát triển dự án</i>			4
1					Regional Priority: St Indoor Water Use Reduction <i>Ưu tiên khu vực: Giảm sử dụng nước trong nhà</i>	1
	1		D	C	Regional Priority: St Enhanced Indoor Air Quality Strategies <i>Ưu tiên khu vực: Chiến lược nâng cao chất lượng không khí trong nhà</i>	1
	1		D	C	Regional Priority: St Optimize Energy Performance <i>Ưu tiên khu vực: Tối ưu hóa hiệu suất năng lượng</i>	1
	1				Regional Priority: Specific Credit	1

Yes	Maybe	No	Design/ Construc tion	Prereq/ Credit	Credit name	Max Point
					<i>Ưu tiên khu vực: Tiêu chí đánh giá cụ thể</i>	
13	47	50	TOTALS			110

Tổng điểm LEED công trình đạt được = 13 + 47 = 60 point → Đạt chuẩn LEED Gold.

4 KẾT LUẬN

Kết quả của nghiên cứu cho thấy việc sử dụng năng lượng mặt trời để cung cấp nguồn năng lượng cho hệ thống MVAC là một trong những giải pháp sử dụng nguồn năng lượng tái tạo có hiệu quả trong việc giảm thiểu lượng khí thải CO₂, nói đúng hơn là giảm được 149.391 tấn CO₂ thải ra ngoài môi trường mỗi năm và ngoài ra sử dụng hệ thống năng lượng mặt trời còn giúp chúng tôi đạt được 3 điểm ở tiêu chí Renewable Energy Production (Sản xuất năng lượng tái tạo) của hạng mục Energy and Atmosphere (Giảm tiêu thụ năng lượng) trong cuốn tiêu chuẩn LEED V4 Reference Guide for BDC góp phần công trình thiết kế đạt được tiêu chuẩn LEED Gold, thúc đẩy sự bền vững trong hoạt động kinh doanh, xây dựng và sản xuất.

Thông qua việc nghiên cứu này chúng tôi hy vọng rằng kết quả của nghiên cứu sẽ thúc đẩy sự nhận thức và thúc đẩy việc ứng dụng các giải pháp năng lượng tái tạo và thân thiện với môi trường trong các ngành công nghiệp và địa điểm làm việc. Ngoài ra, thông qua việc đạt chuẩn LEED Gold, chúng tôi hy vọng có thể khuyến khích các công trình khác áp dụng các tiêu chuẩn xanh và bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Huh, J., Jung, M., Park, M., & Yun, J. (2019). *A feasibility study on carbon capture and storage technology in the Korean power sector*. Energies, 12(4), 612.
- [2] Lu, W., Pan, Y., Zhang, Y., Dai, Y., & Cao, Y. (2019). *CO₂ emission reduction potentials of various coal-fired power generation technologies in China*. Journal of Cleaner Production, 209, 742-751.
- [3] Bai, X., Dong, H., Wang, Y., Gao, Y., & Han, Z. (2020). *Investigation into the potential of integrated coal gasification combined cycle technology systems for CO₂ emission reduction*. Journal of Cleaner Production, 252, 119760.
- [4] Leung, K. M. Y., Yang, W. M., & Tsang, C. L. (2018). *Assessment of CO₂ emissions reduction through the use of photovoltaic power systems in Hong Kong*. Energy, 142, 114-126.
- [5] Kim, J. Y., & Kim, K. W. (2019). *Life Cycle Assessment of Greenhouse Gas Emissions from Utility-Scale Photovoltaic Solar Systems in Korea*. Sustainability, 11(1), 103.
- [6] Shrimali, G., Briggs, M., Lee, M., Nambiar, S., and Liu, X. (2021). *Assessment of CO₂ Emissions Reduction through Solar Energy Deployment in the United States*. Joule, 5(2), 329-346.
- [7] Xuelei Liu, Wenhua Wang, Wei Gu, Hongbo Yang (2020). *Impact of triple glazing on thermal performance of the window-wall systems in high-rise apartment buildings*. Energy and Buildings, 210, 109793.
- [8] Nguyễn Thị Bích Hậu, *Nghiên cứu cấu hình tối ưu cho hệ thống năng lượng mặt trời hòa lưới*, Tạp chí khoa học Công nghệ và thực phẩm, 2020.

YSC5.F225

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG KHO LẠNH BẢO QUẢN NHO Ở NHIỆT ĐỘ 0-2°C NĂNG SUẤT 10 TẤN KẾT HỢP TRỮ LẠNH

TRẦN VĂN KHÁNH, NGUYỄN XUÂN HIẾU, ĐÌNH NHẬT DUY, NGUYỄN GIA LẬP,
PHẠM MINH HUYỀN, NGUYỄN TRUNG KIÊN

*Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh
nguyentrungkien@iuh.edu.vn, 1943182.khanh@student.iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Trong bài báo tiến hành tính toán thiết kế hệ thống kho lạnh bảo quản nho ở 0-2°C năng suất 10 tấn kết hợp trữ lạnh. Kho lạnh được đặt ở Thành phố Hồ Chí Minh. Bài báo để nắm rõ cách thiết kế kho lạnh bảo quản. Mục đích giúp nho được bảo quản một cách tốt nhất, thời gian sử dụng kéo dài, chất dinh dưỡng được bảo đảm. Nhóm đã chọn nho làm sản phẩm được bảo quản để tính toán và thiết kế, vì nho được người tiêu dùng sử dụng rộng rãi, độ dinh dưỡng cao, giá thành cao và có thể xuất khẩu đi được nước ngoài. Kết hợp với bảo quản còn thiết kế thêm về tích trữ lạnh giúp giảm chi phí điện ở giờ cao điểm. Nhóm đã thu thập tài liệu, áp dụng kiến thức đã học vào để tính toán và cũng có gặp nhiều khó khăn trong việc tính toán.

Từ khóa. Nho, chu trình quá lạnh quá nhiệt, tích trữ lạnh, kho lạnh bảo quản.

CALCULATION DESIGN SYSTEM OF COLD STORAGE FOR GRAIN STORAGE FOR GRAIN STORAGE TEMPERATURES 0-2°C PRODUCTIVE 10 TONS COMBINED COOLING

Abstract. In the article, the design of a cold storage system to store grapes at 0-2°C with a yield of 10 tons combined with cold storage was carried out. Cold storage is located in Ho Chi Minh City. Article to understand how to design cold storage. The purpose is to help grapes be preserved in the best way, with extended shelf life, and guaranteed nutrients. The team chose grapes as a preserved product for calculation and design, because the grapes are widely used by consumers, have high nutrition, high cost and can be exported to foreign countries. Combined with storage, there is also an additional design of cold storage to help reduce electricity costs during peak hours. The group collected documents, applied the knowledge learned to calculate, and also encountered many difficulties in calculating.

Keywords. Grapes, super-cooling and overheating, cold storage, cold storage.

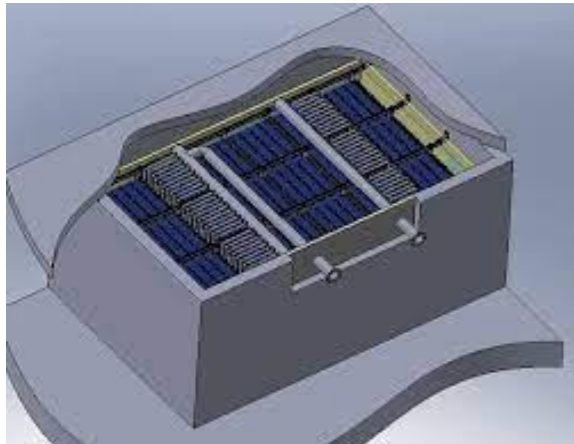
1 GIỚI THIỆU



Hình 1: Kho lạnh

Kho lạnh bảo quản là kho được sử dụng để bảo quản các loại thực phẩm, nông sản, rau củ quả, các sản phẩm của công nghiệp hóa chất, công nghiệp thực phẩm, công nghiệp nhẹ,... Được thiết kế gồm các hệ thống làm mát, làm hay hay cấp đông; có thể kiểm soát nhiệt độ, độ ẩm để bảo quản sản phẩm được chất lượng tốt nhất. Với đặc thù về khí hậu nhiệt đới gió mùa, số giờ nắng cao và nhiệt độ trung bình cũng khá cao nên việc để thực phẩm ở bên ngoài rất dễ bị hư. Vì vậy chúng ta phải có biện pháp để bảo quản thực phẩm được lâu hơn. Kho lạnh chính là biện pháp tốt nhất để thực hiện việc này, nó có thể giải quyết về cả nhiệt độ và độ ẩm. Nhờ đó thực phẩm có đủ điều kiện để đảm bảo độ tươi ngon nhất định.

1.1 Tích trữ lạnh



Hình 2: Tích trữ lạnh

Tích trữ lạnh là 1 biện pháp lưu trữ năng lượng làm mát dưới dạng nước, băng hay một chất PCM có điểm nóng chảy ở nhiệt độ thấp. Các chất này được lưu trữ trong các thùng chứa, bể, bình chứa hoặc các đường ống, khi đến thời gian cần xả tải thì các năng lượng lạnh sẽ được đưa vào không gian cần làm lạnh.

Mục đích của tích trữ lạnh: Mục đích của công nghệ tích trữ lạnh không gì khác ngoài tiết kiệm về mặt kinh tế, cụ thể là tiết kiệm điện năng tiêu thụ vào những khung giờ cao điểm bằng cách ngưng hoặc ngưng một phần các hệ thống làm lạnh thay vào đó chúng ta sẽ chạy hệ thống tích trữ mà chúng ta đã tích trữ lạnh được vào khung giờ thấp điểm.

Bảng 1: Bảng giá điện 3 giá của EVN

TT	Nhóm đối tượng khách hàng	Giá bán điện (đồng/kWh)
1	Cấp điện từ 110KV trở lên	
	Giờ bình thường	1.536
	Giờ thấp điểm	970
	Giờ cao điểm	2759
2	Điện 22 KV đến duvois 110 KV	
	Giờ bình thường	1.555
	Giờ thấp điểm	1.007
	Giờ cao điểm	2.871

Việc có thể tận dụng tích trữ năng lượng lạnh vào giờ thấp điểm và sử dụng cho giờ cao điểm sẽ đem lại một nguồn lợi to lớn, từ đó có thêm nguồn ngân sách cho những dự án phát triển mở rộng doanh nghiệp.

Nguyên lí chung công nghệ tích trữ lạnh: Ban ngày vào giờ cao điểm, hệ thống lạnh chính sẽ ngừng hoạt động, và năng lượng đã tích trữ này sẽ được sử dụng thay cho hệ thống lạnh, khi đó sẽ tiết kiệm được chi phí tiền điện vào giờ cao điểm. Hệ thống gồm 2 vòng tuần hoàn tương đương: vòng tuần hoàn thứ nhất nối quạt với hệ thống ống lồng ống tích trữ lạnh, vòng tuần hoàn thứ hai nối dàn lạnh với bộ tiêu thụ lạnh, hai vòng này đặt song song với nhau trong hệ thống. Môi chất tải lạnh thường được sử dụng là ancolol.

Hệ thống tích trữ lạnh được chia làm hai giai đoạn: nạp tải và xả tải:

- Giai đoạn nạp tải: Vào thời điểm giá điện thấp, một phần hoặc toàn bộ môi chất tải lạnh được đưa vào dàn ống trữ lạnh. Tại đây năng lượng lạnh sẽ được hấp thu và được tích trữ dưới dạng nhiệt ẩn bằng cách làm đông lượng môi chất chuyển pha.

- Giai đoạn xả tải: Vào thời điểm giá điện cao, ngừng hẳn hệ thống lạnh chính và sử dụng lượng lạnh đã tích trữ để cung cấp cho phụ tải có thể chạy hệ thống chính bổ sung khi cần thiết.

1.2 Sản phẩm bảo quản

Nho cũng là một loại quả ăn tươi rất tốt cho sức khỏe. Chính vì thế mà nho rất được ưa chuộng ngay cả ở Việt Nam và các nước khác trên thế giới. Đặc biệt tại xứ sở thơ mộng Pháp nơi xuất xứ của những chai rượu vang thượng hạng, nho lại thêm phần quan trọng góp phần vào nền kinh tế cũng như quảng bá đất nước.

Bảng 2: Thành phần dinh dưỡng của nho

Thành phần dinh dưỡng trong 100g nho	
Calo (kcal)	66 g
Lipid	0,4 g
Cholesterol	0 g
Natri	2 mg
Kali	191 mg
Cacbonhydrat	17 g
Protein	0,6 mg
Vitamin C	4 mg
Sắt	0,3 mg
Vitamin B6	0,1 mg
Magnesi	5 mg
Calci	14 mg

1.3 Các thông số đầu vào

Nhiệt độ vào: $t_0 = 32,3^{\circ}\text{C}$,

Sản phẩm bảo quản: Nho

Nhiệt độ sản phẩm đưa vào kho lạnh: 20°C

Năng suất: 10 tấn

Nhiệt độ bảo quản: $0-2^{\circ}\text{C}$

Nhiệt độ sôi của môi chất $t_0 = -6^{\circ}\text{C}$

Nhiệt độ ngưng tụ môi chất $t_k = 47,3^{\circ}\text{C}$

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Kích thước kho lạnh

Thể tích kho lạnh: $V = 33,33 \text{ m}^3$

Diện tích chất tải lạnh: $F = 17,54 \text{ m}^2$

Kích thước kho lạnh: $7 \times 5,0114 \times 3\text{m}$

2.2 Kết cấu cách nhiệt kho lạnh

Kho sử dụng panel có độ dày 75mm và hệ số truyền thực $K = 0,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Bảng 3: Các thông số lớp cách nhiệt panel

TT	Lớp vật liệu	Độ dày, m	Hệ số dẫn nhiệt $\text{W/m}^2.\text{k}$
1	Polyurethane	0,073	0,023
2	Tôn lá	0,0006	45,36
3	Sơn bảo vệ	0,0005	0,291

2.3 Nhiệt tải kho lạnh

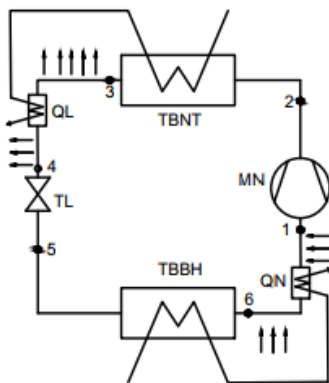
Bảng 4: Nhiệt tải của kho lạnh

Q_1, W	Q_2, W	Q_3, W	Q_4, W	Q_5, W	Q, W
1231,6	2587,03	155,33	3265,14	231	7470,07

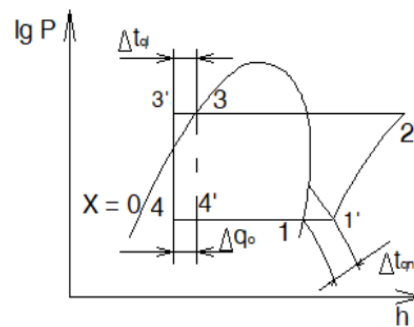
3 TÍNH CHỌN THIẾT BỊ KHO LẠNH

3.1 Chu trình lạnh

Nhóm sử dụng chu trình 1 cấp nén quá lạnh quá nhiệt.



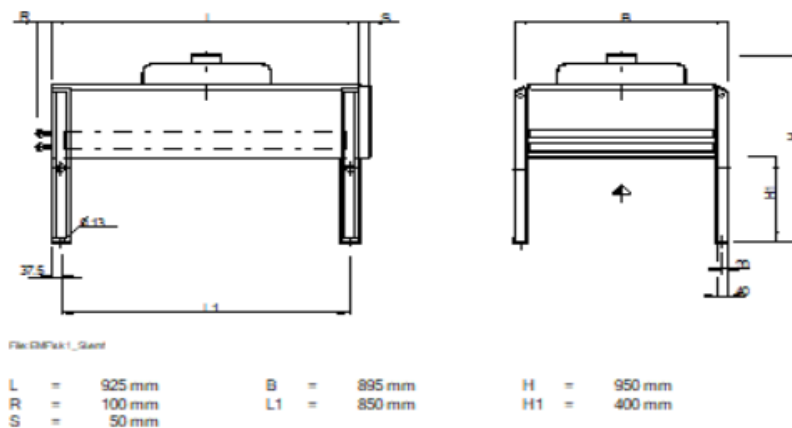
Hình 3: Sơ đồ nguyên lý chu trình



Hình 4: Đồ thị log P-h

Bảng 5: Thông số máy nén 4EES-4Y-40S

Model	4EES-4Y-40S	Dải điện thế	380 – 420 V
Các bước giảm tải, %	100	Công suất ngưng tụ, KW	19,83 KW
Công suất lạnh, KW	14,01	COP/EER	2,41
Công suất dàn bay hơi, KW	14,01	Lưu lượng, Kg/h	432
Nguồn đầu vào, KW	5,82	Chế độ vận hành	Tiêu chuẩn
Dòng điện (400V)	9.70 A	Nhiệt độ gas đầu đẩy không làm mát, °C	75,6



Hình 5: Thiết bị ngưng tụ MCH 052A/1-L(L)

Bảng 6: Thông số dàn lạnh GHN 050.2D/14-ANS50.M

Model	Q_0 , kW	F, m ²	m ³ /h	Tầm thổi, m	L, mm	W, mm	H, mm	Inlet, mm	Outlet, mm	M, kg
GHN 050.2D /14	13,9	67,3	6124	19	1470	645	750	15,88	28,58	73

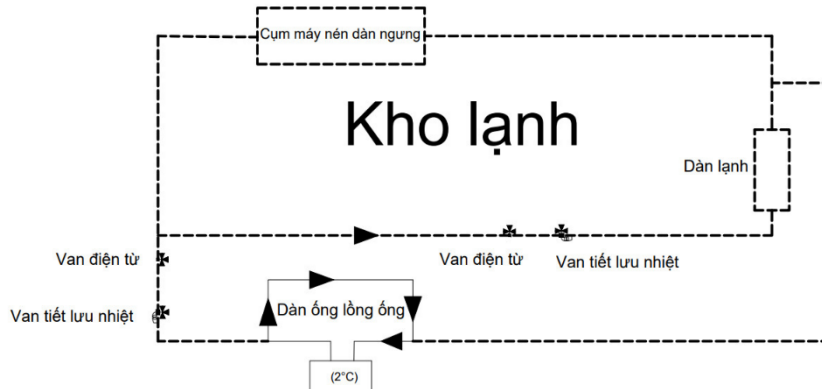
Bảng 7: Thông số kỹ thuật van tiết lưu T2-5

Model	T2 – 5
NS	10
Range	N
Nominal capacity, kW	12,10
Min capacity, kW	3,026
Load, %	92
DP, bar	16,78
Velocity, m/s	1,93

4 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



Hình 6: Sơ đồ chu trình nạp tải (tạo băng)



Hình 7: Sơ đồ chu trình xả tải (xả băng)

Tổng dòng nhiệt của tích trữ lạnh:

Để đảm bảo trữ lạnh trong khoảng thời gian khoảng 12 tiếng

$$Q_{tl} = Q \times 12 \times 3600 = 7470,07 \times 12 \times 3600 = 322707024 \text{ W} = 322707,024 \text{ KW} \quad (1)$$

Khối lượng của PCM (alcohol) cần để dự trữ trong 12 giờ:

$$m = \frac{Q_{tl}}{\Delta H_{melt}} = \frac{322707,024}{271} = 1190,8 \text{ Kg} \quad (2)$$

m: Khối lượng của PCM

Q_{tl}: Nhiệt lượng thiết bị phải chịu

ΔH_{melt}: nhiệt lượng hấp thụ của PCM ở -5°C là 271 KJ/kg

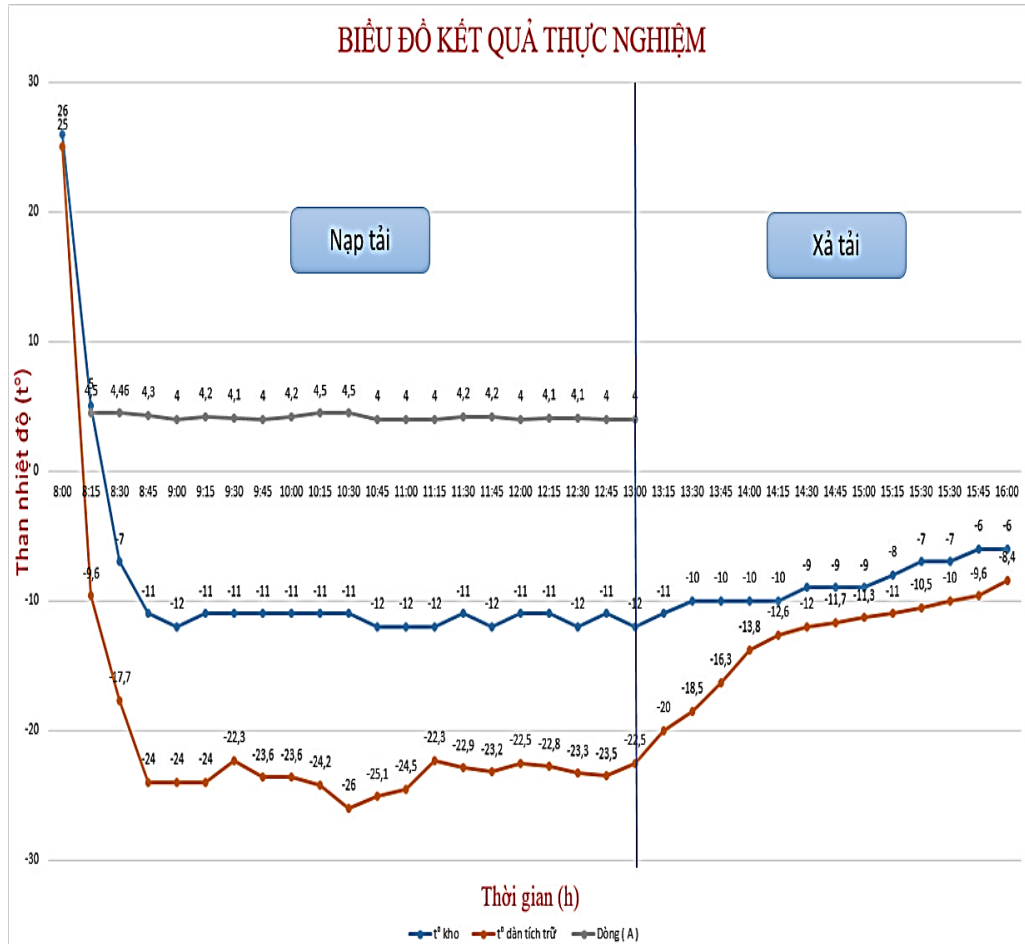
Thể tích của PCM:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{1190,8}{876} = 1,3594 \text{ m}^3 = 1359,4 \text{ lít} \quad (3)$$

Bảng 8: Kết quả thực nghiệm

Thời gian	t° kho	t° dàn tích trữ
8:00	26	25
8:15	5	-9.6
8:30	-7	-17.7
8:45	-11	-24
9:00	-12	-24
9:15	-11	-24
9:30	-11	-22.3
9:45	-11	-23.6
10:00	-11	-23.6
10:15	-11	-24.2
10:30	-11	-26
10:45	-12	-25.1
11:00	-12	-24.5
11:15	-12	-22.3
11:30	-11	-22.9
11:45	-12	-23.2
12:00	-11	-22.5
12:15	-11	-22.8
12:30	-12	-23.3
12:45	-11	-23.5
13:00	-12	-22.5
13:15	-11	-20
13:30	-10	-18.5
13:45	-10	-16.3
14:00	-10	-13.8
14:15	-10	-12.6
14:30	-9	-12
14:45	-9	-11.7
15:00	-9	-11.3
15:15	-8	-11

15:30	-7	-10.5
15:30	-7	-10
15:45	-6	-9.6
16:00	-6	-8.4



Hình 8: Biểu đồ xả tải và nạp tải

5 KẾT LUẬN

Với thời gian nạp tải từ 8.00 AM, nhiệt độ kho lạnh đạt yêu cầu là 11°C và bộ tích trữ là 21°C.

Thời gian xả tải từ 1.00 PM nhiệt độ bộ tích trữ tăng dần tuy nhiên nhiệt độ kho lạnh chỉ duy trì theo yêu cầu tới 3.00 PM, sau đó nhiệt độ kho lạnh tăng lên 6°C, không đảm bảo yêu cầu chứng tỏ, lượng nhiệt tích trữ là không đủ, việc này là do thời gian nạp tại chưa đủ dẫn đến chất PCM chưa đóng băng hoàn toàn

Qua tính toán ta thấy được hiệu quả to lớn của việc sử dụng công nghệ tích trữ lạnh nói chung và dàn tích trữ dạng ống lồng ống với kết hợp phương pháp sử dụng chất biến đổi pha nói riêng vào các hệ thống kho lạnh bảo quản. Vì vậy việc phát triển và ứng dụng công nghệ tích trữ lạnh tại Việt Nam là một hướng phát triển đúng đắn và có thể thực hiện trong thời gian gần đây.

Việc có thêm tích trữ lạnh sẽ tăng chi phí lắp đặt nhưng nó sẽ giúp ích cho việc tiết kiệm điện vào những giờ cao điểm và giảm tải cho lưới điện quốc gia. Nếu tính về việc lâu dài thì kho lạnh có thêm tích trữ sẽ tiết kiệm được rất nhiều tiền với đặc điểm về điện 3 giá ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Đức Lợi, *Tính toán thiết kế hệ thống lạnh*, Hà Nội: Nhà xuất Xây dựng, 2021.
- [2] Nguyễn Đức Lợi, *Hướng dẫn thiết kế hệ thống lạnh*, Hồ Chí Minh: Nhà xuất bản Giáo dục, 2022.

- [3] Đinh Văn Thuận và Võ Chí Chính, *Hệ thống máy và thiết bị lạnh*, Hà Nội: Nhà xuất bản Khoa học - Kỹ thuật, 2007.
- [4] Trần Xoa và cộng sự, *Sổ tay quá trình và thiết bị công nghệ hóa chất*, Hà Nội: Nhà xuất bản Khoa học - Kỹ thuật, 1992.
- [5] Nguyễn Đức Lợi và Phạm Văn Tùy, *Máy và thiết bị lạnh*, Hà Nội: Nhà xuất bản Giáo dục.
- [6] Nguyễn Đức Lợi và Phạm Văn Tùy, *Kỹ thuật lạnh cơ sở*, Hà Nội: Nhà xuất bản Giáo dục.

YSC5.F226

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM MÔ PHỎNG CFD TRONG THIẾT KẾ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ TÒA NHÀ VĂN PHÒNG THEO TCVN 13521:2022

TRAN DOAN AI VI, NGUYEN MINH NHUT, TRAN VAN PHAT, LE XUAN DUC,
NGUYEN TUAN DUNG, NGUYEN HOANG KHOI*

Faculty of Heat and Refrigeration Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City

**nguyenhoangkhoi@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Bài nghiên cứu ứng dụng phần mềm CFD kết hợp giải pháp thiết kế hệ thống không khí cho tòa nhà văn phòng để đảm bảo chất lượng không khí trong nhà theo tiêu chuẩn TCVN 13521:2022. Đồng thời sử dụng phần mềm TRACE700 để tính tải lạnh, kết hợp phương án thiết kế trong lựa chọn hệ thống điều hòa không khí, giải pháp lọc để đáp ứng các tiêu chuẩn TCVN 13521:2022 và TCVN 5687:2010. Nghiên cứu lựa chọn hệ điều hòa không khí VRF của hãng Panasonic, kết hợp bộ thu hồi nhiệt ERV, và quạt hút gió thải. Tổng công suất lạnh tính toán là 814,64 kW. Sau đó, nhiệt độ và vận tốc của dòng không khí trong không gian văn phòng đã được đánh giá qua phần mềm Simulation Autodesk CFD. Kết quả chỉ ra, dòng không khí lạnh đi ra khỏi miệng gió với vận tốc 2,2 m/s đến 2,5 m/s, sau đó giảm dần. Nhiệt độ không khí ra khỏi miệng gió là 20°C và tăng lên 23°C trong không gian phòng. Vận tốc dòng không khí hồi về là 2,5 m/s, có nhiệt độ từ 24°C đến 25°C. Kết quả là cơ sở tham khảo để hoàn thiện quy trình thiết kế hệ thống điều hòa không khí cho tòa nhà, đảm bảo đúng tiêu chuẩn kỹ thuật và điều kiện chất lượng không khí trong công trình theo tiêu chuẩn mới TCVN 13521:2022.

Từ khóa. Chất lượng không khí trong nhà (CLKKTN), TCVN 13523:2022, CFD, HVAC, Revit

APPLICATION CFD FOR DESIGNING OF THE AIR CONDITIONING SYSTEM FOR OFFICE BUILDINGS IN ACCORDANCE WITH TCVN 13521:2022

Abstract. The paper examines the application of Computational Fluid Dynamics simulation in conjunction with an air system design solution for office buildings, aiming to ensure indoor air quality in accordance with TCVN 13521:2022. The study employs TRACE700 software to calculate the cooling load while incorporating the technical design and filtering methods that adhere to TCVN 13521:2022 and TCVN 5687:2010 standards. The calculation results indicate that the total cooling capacity is 814.64 kW. The proposed solution involves utilizing Panasonic's VRF system, in conjunction with an ERV heat recovery unit and exhaust fan, to ensure indoor air quality within the office space. Furthermore, the temperature and velocity of the airflow are evaluated, enabling optimization of the layout for supply and return air vents, thus ensuring thermal comfort and the quality of the indoor air source, using Autodesk Simulation CFD software. The obtained results serve as a reference basis for completing the air conditioning system design process for the building, guaranteeing compliance with the required technical standards and air quality conditions.

Keywords. Indoor air quality (IAQ), TCVN 13523:2022, CFD, HVAC, Revit

1 GIỚI THIỆU

Hiện nay tình trạng ô nhiễm không khí trên thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng đang là chủ đề được quan tâm hàng đầu. Ô nhiễm không khí có ảnh hưởng tiêu cực đối với cuộc sống con người, vì đây chính là nguyên nhân gây ra nhiều bệnh ảnh hưởng đến hệ hô hấp bao gồm như: viêm xoang, viêm phế quản, viêm phổi, ho,...ngoài ra nó còn thúc đẩy nhanh sự lão hóa và gây nên các bệnh xã hội khác như suy nhược thần kinh, tim mạch và làm giảm tuổi thọ của con người. Ngoài sự tác động đối với cuộc sống và sức khỏe

con người thì ô nhiễm môi trường cũng ảnh hưởng đến hệ sinh thái tự nhiên và là một trong những yếu tố gây nên sự thay đổi khí hậu toàn cầu. Ô nhiễm không khí trong nhà ở và nhà công cộng cũng ở mức báo động cao. Dù ảnh hưởng đến sức khỏe con người nhưng vấn đề chất lượng không khí trong nhà không được chú ý và quan tâm đáng kể như ô nhiễm không khí ngoài trời.

Thích ứng với những sự biến đổi của khí hậu và chất lượng không khí, hệ thống tiêu chuẩn về đánh giá “công trình xanh” ra đời như LOTUS, LEED, Green Mark để làm tiêu chuẩn đánh giá chất lượng nhà ở thích nghi với sự biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, các số liệu để đánh giá chất lượng nguồn không khí bên trong không gian kín vẫn là vấn đề chưa được làm rõ [1], [2]. Chất lượng không khí trong nhà (IAQ) là thuật ngữ nói đến chất lượng không khí bên trong và xung quanh những tòa nhà và công trình kiến trúc, đặc biệt là khi nó liên quan đến sức khỏe và sự thoải mái của những người ở bên trong. Với khoảng giá trị IAQ được quan tâm chủ yếu là: Ozon mặt đất, ô nhiễm bụi, carbon monoxide (CO), sunfur dioxide (SO₂) và nitrogen dioxide (NO₂). Ở các nước trên thế giới đều ban hành tiêu chuẩn chất lượng không khí trong các nhà đóng kín cửa (IAQ standard), trong khi đó ở nước ta cho đến nay vẫn chưa có TCVN về chất lượng không khí trong nhà. Vì vậy, việc nghiên cứu xây dựng và ban hành TCVN về chất lượng không khí trong nhà đối với nhà ở và nhà công cộng ở Việt Nam là rất cần thiết [3], [4], [5].

Nhận thấy được tầm quan trọng của việc đánh giá chất lượng nguồn không khí trong nhà, Bộ Khoa học và Công nghệ đã xây dựng và ban hành TCVN 13521:2022 cho nhà ở và nhà công cộng – Các thông số chất lượng không khí trong nhà [5]. Tiêu chuẩn này quy định các thông số chất lượng không khí trong nhà, áp dụng với nhà ở và nhà có đóng kín cửa chắn gió trong mùa đông hay điều hòa nhiệt độ làm mát trong mùa hè [5].

Hơn nữa, thiết kế ra một bản vẽ hoàn thiện là một công việc quan trọng, bên cạnh triển khai bản vẽ, việc ứng dụng phần mềm mô phỏng 3D đã và đang phát triển mạnh trong thiết kế thông gió điều hòa không khí. Bản vẽ 3D giúp cho các kỹ sư, nhà thầu dễ dàng đánh giá và xây dựng, bên cạnh đó việc xử lý va chạm giữa các hệ trong công trình được giải quyết trực quan, mang tính chính xác cao nhất. Tuy nhiên, để tạo ra một bản vẽ 3D hoàn thiện đòi hỏi nhiều thời gian, kỹ năng và kinh nghiệm để dựng và xử lý.

Từ các vấn đề trên nhận thấy rằng việc tính toán thiết kế ra một hệ thống điều hòa không khí không chỉ đảm bảo về các tiêu chuẩn kỹ thuật, yêu cầu thẩm mỹ mà còn đáp ứng được tính lâu dài, tiết kiệm năng lượng, dễ dàng thi công xây dựng lắp đặt, đặc biệt là đảm bảo chất lượng không khí trong nhà là điều quan trọng. Do đó, nghiên cứu này đã sử dụng phần mềm mô phỏng động lực học lưu chất kết hợp giải pháp thiết kế hệ thống không khí cho tòa nhà văn phòng để đảm bảo chất lượng không khí trong nhà theo tiêu chuẩn TCVN 13521:2022. Bên cạnh đó, nghiên cứu sử dụng phần mềm TRACE700 để tính tải lạnh, kết hợp phương án thiết kế trong lựa chọn hệ thống điều hòa không khí, giải pháp lọc để đáp ứng các tiêu chuẩn TCVN 13521:2022 và TCVN 5687:2010 [6].

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

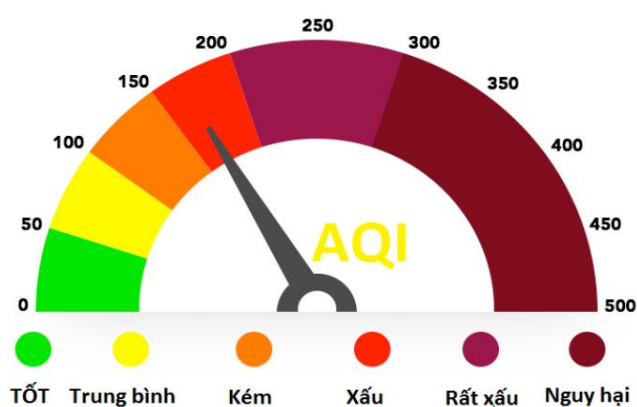
Bảng 1: Cao độ công trình

Tầng	Cao độ (m)	Chiều cao (m)	Khu vực
Tầng 1	+ 0.000	+4.200	Khu vực văn phòng
Tầng 2	+4.200	+4.200	Khu vực văn phòng
Tầng 3	+8.400	+4.200	Khu vực văn phòng
Tầng 4	+12.600	+4.200	Khu vực văn phòng
Sân thượng	+16.600	+4.000	Khu vực mái

Đối tượng nghiên cứu là tòa nhà văn phòng GREEN LIFE có quy mô 5 tầng bao gồm 1 tầng trệt, 3 tầng lầu và 1 sân thượng, có chiều dài 52 mét và chiều rộng 32 mét, với tổng diện tích là $52 \times 32 = 1664 \text{ m}^2$. Tòa nhà được xây dựng với mục đích làm văn phòng cho thuê với hệ thống phòng làm việc thông thoáng hiện đại có khu chính diện hướng thẳng ra sân bay Tân Sơn Nhất. Diện tích rộng rãi, tuy được xây dựng ở trung tâm Gò Vấp nhưng vẫn có không gian thoáng, phù hợp với việc kiểm soát, đo lường và đánh giá chất lượng không khí trong tòa nhà. Tòa nhà gồm 1 tầng trệt, 3 tầng lầu và 1 sân thượng và cao 16,6 m nằm tại trung tâm Gò Vấp. Công năng của tòa nhà thể hiện trong Bảng 1.

2.1 Phương án thiết kế

Có 2 phương pháp làm lạnh gồm: phương pháp làm lạnh trực tiếp và phương pháp làm lạnh gián tiếp. Vì quy mô công trình gồm 5 tầng cho mục đích làm văn phòng, do đó hệ thống điều hòa VRF/VRV được lựa chọn để thiết kế. Trong trường hợp này, hệ thống VRF có nhiều ưu điểm như tiết kiệm chi phí lắp đặt sửa chữa, tiết kiệm diện tích, thời gian lắp đặt ngắn, điều khiển thông minh. Đồng thời, nghiên cứu áp dụng TCVN 13521:2022 [5] về chất lượng không khí trong nhà áp dụng cho các nhà ở và nhà công cộng, khi đóng kín cửa chống lạnh trong mùa đông và làm mát trong mùa hè. Lựa chọn các thông số chất lượng không khí làm trị số tiêu chuẩn chất lượng không khí trong nhà ở và nhà công cộng của Việt Nam: Việt Nam đã lựa chọn các thông số sau đây để đưa vào tiêu chuẩn, cụ thể: 3 thông số về bụi (PM2.5, PM10,, bụi chì (Pb)), 8 thông số về khí ô nhiễm (CO, CO₂, NO₂, SO₂, TVOC, Formaldehyde (HCHO), Ozon, Nicotin) và 2 thông số về vi sinh vật (tổng vi khuẩn và tổng nấm mốc), tổng cộng là 13 thông số. Lấy trị số trung bình 1h, 8h, 24h, hay trung bình năm làm chuẩn: Việt Nam áp dụng Tiêu chuẩn chất lượng không khí trong nhà đối với nhà ở dùng trị số trung bình 24 giờ làm tiêu chuẩn, đối với nhà công cộng dùng trị số trung bình 8 giờ làm tiêu chuẩn [3]. Với khoảng giá trị IAQ được quan trắc chủ yếu là: Ozon mặt đất, ô nhiễm bụi, carbon monoxide (CO), sunfur dioxide (SO₂) và nitrogen dioxide (NO₂).



Hình 1: Chỉ số chất lượng không khí

2.2 Phần mềm tính tải

Từ những thông số ban đầu của công trình (dựa vào bản vẽ kiến trúc), tính tải trên phần mềm TRACE 700 theo TCVN 13521:2022 [5] và QCVN 06 [7].

2.3 Lựa chọn giải pháp IAQ của hãng Panasonic

Panasonic là một trong những hãng sản xuất thiết bị lạnh, điều hòa không khí, thiết bị điện tử đi đầu trong xu hướng phát triển, đưa ra các giải pháp đảm bảo phù hợp với hiện trạng chất lượng nguồn không khí trong nhà ô nhiễm như hiện nay [8]. Nghiên cứu này áp dụng các công nghệ mới của hãng để cải thiện nguồn không khí, nâng cao sức khỏe cho con người trong công trình văn phòng đã thiết kế. Đối với văn phòng lớn hơn, sử dụng hệ thống điều hòa trung tâm VRF + ERV (bộ thông gió thu hồi nhiệt) cho các khu vực điều hòa với đa dạng các loại dàn lạnh phù hợp với chức năng phòng, đặc điểm thiết kế cũng như kiến trúc. Khu vực lễ tân, chọn cassette 4 hướng thổi được tích hợp bộ phát NanoeX. Khu văn phòng chọn loại âm trần nổi ống gió và quạt thông gió ERV để cung cấp gió tươi và thu hồi nhiệt, tiết kiệm điện năng.

2.4 Phần mềm mô phỏng CFD

Mô phỏng CFD - Computational Fluid Dynamics (còn được gọi là Mô phỏng động lực học dòng chảy) là một nhánh của cơ học chất lưu (fluid mechanics) mà sử dụng phương pháp số (numerical analysis) để phân tích và giải quyết các bài toán liên quan đến chuyển động/dòng chảy của chất lưu (khí, lỏng). Kết hợp mô phỏng CFD trong HVAC đem lại sự tiết kiệm về thời gian, chi phí, và năng lượng tiêu thụ khi vận hành, trong khi các chỉ tiêu kỹ thuật được nâng cao. Mô phỏng CFD sẽ là một trong những công cụ trợ hỗ trợ hữu ích cho quá trình thiết kế hệ thống HVAC, đảm bảo các tiêu chí về công trình xanh và phát triển bền vững. Bài báo này áp dụng phần mềm Autodesk Simulation CFD để đánh giá phân bố nhiệt độ và vận tốc của dòng không khí trong không gian văn phòng.

2.5 Cơ sở chọn thông gió thu hồi nhiệt ERV (Energy Recovery Ventilator)

Để lựa chọn đúng bộ thu hồi nhiệt ERV cần dựa vào đặc điểm của hệ thống ống gió, tính toán tổn thất, cũng như xác định được lưu lượng gió tươi. Tất cả phần tính toán cột áp quạt được thực hiện dựa trên tiêu chuẩn [6]. Tổn thất áp suất qua ống gió thẳng được tính theo công thức Darcy. Tổn thất áp suất qua co, tê, chữ Y, miệng gió cũng được xác định. Tổn thất áp suất qua miệng gió, VCD, Fire damper được lấy theo catalogue của ASLI, TROX. Áp dụng các công thức tính toán từ (1) – (6) [9]

$$P_v = \rho \times V^2/2 \quad (1)$$

Trong đó:

P_v - áp suất động, Pa

ρ - không khí ở điều kiện tiêu chuẩn, kg/m³

V - vận tốc, m/s

$$\Delta P_f = 1000 \times f \times L \times \rho \times V^2 / (D_h \times 2) \quad (2)$$

Trong đó:

ΔP_f - tổn thất áp suất do ma sát, Pa

f - hệ số ma sát, -

L - chiều dài ống gió, m

D_h - đường kính, mm

$$f^* = 0,11(\varepsilon/D_h + 68/Re)^{0,25} \quad (3)$$

Nếu: $f^* \geq 0.018$, $f = f^*$

Nếu: $f^* < 0.018$, $f = 0.85f^* + 0.0028$

Trong đó: ε - hệ số độ nhám tuyệt đối của vật liệu, mm; Re - số Reynolds

$$Re = 66,4 \times D_h \times V \quad (4)$$

Trong đó: Re - số Reynolds; D_h - đường kính, mm; V - vận tốc, m/s

$$D_h = 4A/P \quad (5)$$

Với A - diện tích ống gió, mm², P - chu vi mặt cắt ngang, mm

$$\Delta P_j = C_o \times P_{v,o} \quad (6)$$

Với ΔP_j - tổn thất áp suất qua fittings, Pa; C_o - hệ số tổn thất của fittings; $P_{v,o}$ - áp suất động tại fittings, Pa

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả tính tải các phòng

Từ những thông số đầu vào dựa vào tiêu chuẩn TCVN 13521:2022 và QCVN 06 trong Bảng 1, tính tải trên phần mềm TRACE 700 xuất ra được kết quả tải lạnh toàn hệ thống là 814,64 kW.

Bảng 1: Thông số tính tải

Tải nhiệt bên trong	Người	Thiết bị đi kèm	Đèn	Tải nhiệt máy móc
	6 m ² /người	1 thiết bị/người	15 W/m ²	25 W/m ²
Lưu lượng gió	Lưu lượng gió cấp	Thông gió	Lưu lượng gió tươi	
	6 ACH	7 l/s/người	7 l/s/người	
Thông số bên trong	Nhiệt độ 24°C		Độ ẩm 60%	
Thông số bên ngoài	Nhiệt độ 38.6°C		Độ ẩm 56%	

3.2 Tính chọn hệ thống đường ống gió

3.2.1 Tính toán đường ống gió cho một không gian điều hòa điển hình

Chọn một không gian điều hòa điển hình để tính toán các chi tiết đường ống gió, bố trí các thiết bị và từ đó dựa bảng tra và suy ra các kích thước đường ống gió. Tính chọn ống gió chủ yếu phụ thuộc vào các yếu tố chính là lưu lượng gió cấp, gió hồi, gió tươi, vận tốc và tổn thất trên đường ống gió. Hệ thống các ống gió được thiết kế bao gồm hệ thống gió cấp, gió hồi, gió thải, gió tươi cho 22 bộ thu hồi nhiệt (ERV) và hệ thống cho FCU. Ta chọn không gian điển hình là không gian Tầng 2 bao gồm: phòng họp (OFFICE), phòng trưởng phòng (LEADER), phòng họp (MEETING ROOM), sảnh chờ thanh máy (LOBBY), thông tầng

(VOID) với diện tích 1166 m². Tầng 2 sử dụng FCU công suất 16 kW, lưu lượng 601 l/s và bao gồm 11 FCU. Thông số tính toán đường ống gió tươi như trong Bảng 2.

Bảng 2: Kích thước, vận tốc, tổn thất điện hình 2F-01

Đoạn ống	Lưu lượng (l/s)	Chọn vận tốc (m/s)	Kích thước (mm)		ΔPa/m
			W	H	
1	282,2	2,35	400	300	0,24
2	141,1	2,26	250	250	0,33

3.2.2 Tính chọn thông gió thu hồi nhiệt ERV

Trong tính toán, đầu tiên xác định được một không gian điều hòa điển hình để tính toán chi tiết đường ống gió. Sau đó, dựa vào bảng tổn thất đã tính và lưu lượng gió tươi để chọn ERV. Tất cả phần tính toán cột áp quạt được tính toán và dựa vào catalogue ASLI, TROX để lựa chọn. Tổn thất áp suất qua ống gió thẳng được tính theo công thức Darcy. Tổn thất áp suất qua co, tê, chữ Y, miệng gió... (nói chung là fittings). Tổn thất áp suất qua miệng gió, VCD, Fire damper được lấy theo catalogue của ASLI, TROX. Áp dụng công thức (1) – (6), tổn thất cột áp ERV 2F-01 được xác định là 76 Pa.

3.2.3 Tính chọn quạt hút thải

Dựa vào tổng lưu lượng tính toán được:

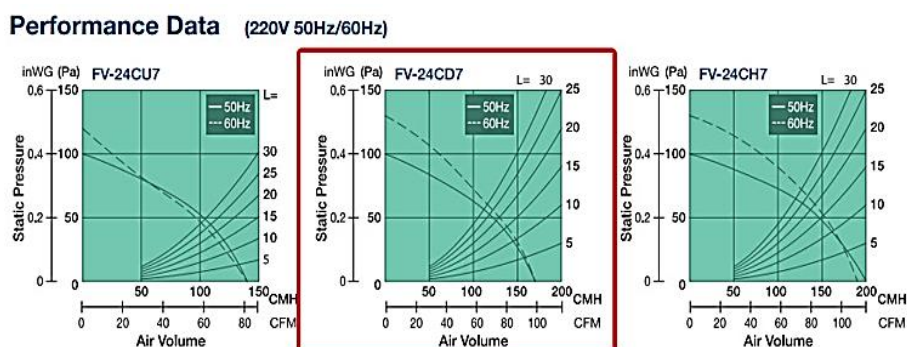
$$\Sigma L_{\text{thải}} = 474 \text{ l/s} = 1706,4 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Lưu lượng gió thải qua 1 quạt hút: $L_{\text{thải}} (1 \text{ máy}) = \Sigma L_{\text{thải}} / 13 = 1706,4 / 13 = 155,1 \text{ m}^3/\text{h}$

Ta có lưu lượng của 1 quạt hút: $L_{\text{thải}} (1 \text{ máy}) = 155,1 \text{ m}^3/\text{h}$

Từ lưu lượng của 1 quạt hút ta tìm theo Catalogue của Panasonic tìm được thông số quạt như sau:

Model: FV-24CD7; lưu lượng: 170 m³/h; công suất: 0,017 kW; số vòng quay: 790 vòng/phút; độ ồn: 31 dB (A); kích thước ống gió mềm: 100 mm. Hình 2, Hình 3 tóm tắt thông số quạt hút khí thải đã lựa chọn và mặt bằng tầng 2 sau khi thiết kế.

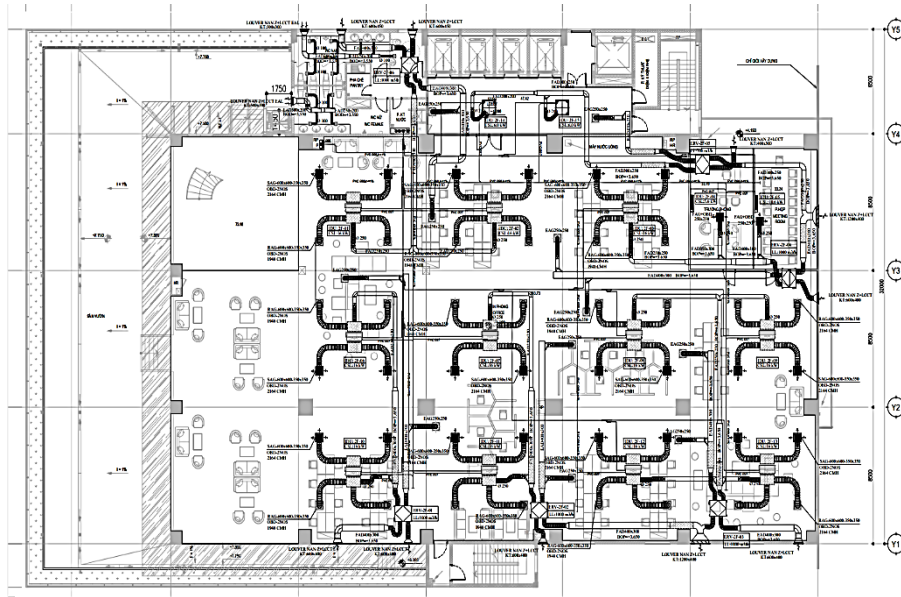


Specifications

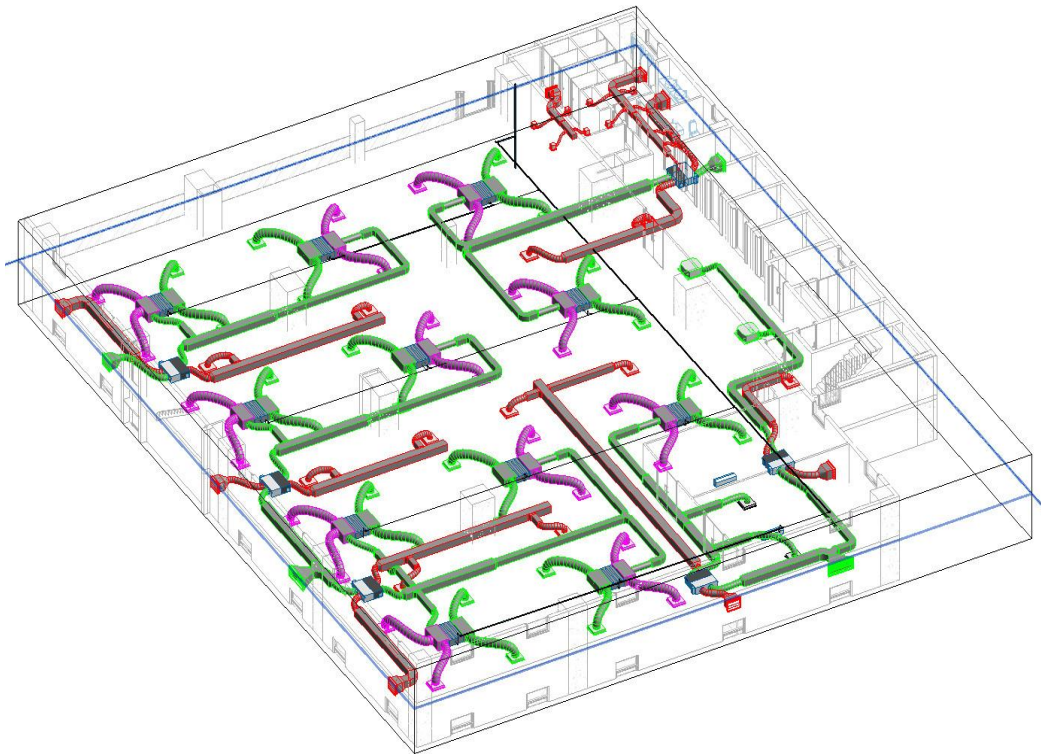
Note: The value in Specification tables are representative of characteristic value at 220V, 50/60Hz.

Model No.	Hz	Consumption [W]	R.P.M [min ⁻¹]	Air Volume		Noise [dB(A)]	Weight [Kg]	Installation space [mm]	Applicable pipe [mm]
				[CMH]	[CFM]				
FV-24CU7	50	14	690	140	82	28	2.9	240 x 240	ø 100
	60	16	690	140	82	29			
FV-24CD7	50	17	790	170	100	31	3.0	240 x 240	ø 100
	60	19	805	170	100	33			
FV-24CH7	50	20	870	200	118	35	3.0	240 x 240	ø 100
	60	24	840	190	112	35			

Hình 2: Thông số model quạt hút thải



Hình 3: Mặt bằng điều hòa không khí tầng 2

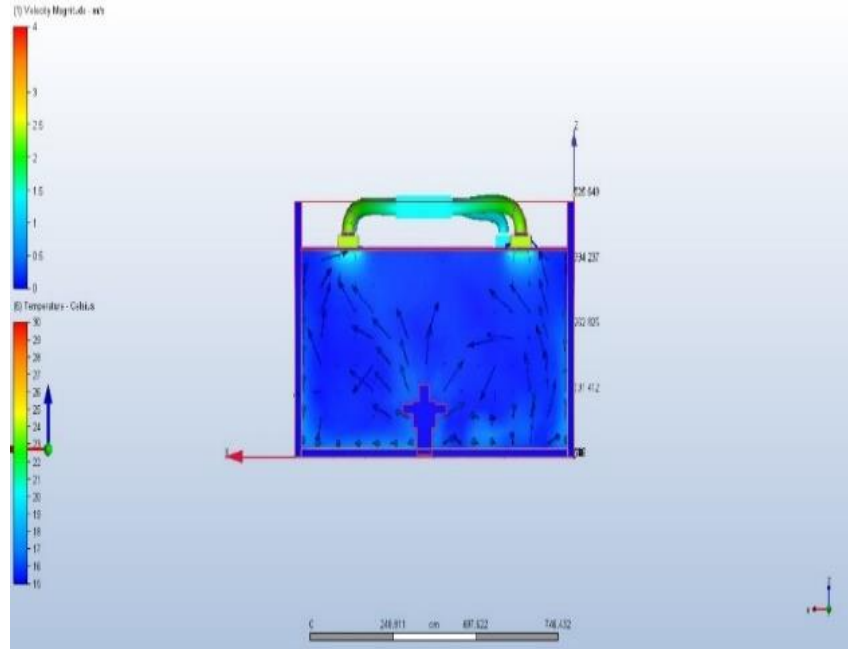


Hình 4: Mặt bằng 3D điều hòa không khí tầng 2

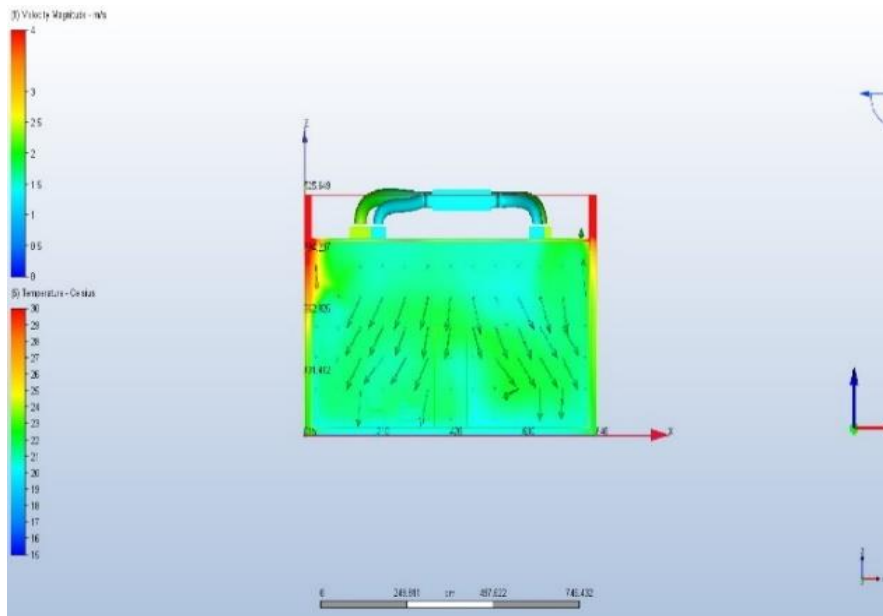
3.3 Kết quả mô phỏng không gian văn phòng

Đây là dự án văn phòng làm việc và cũng là tòa nhà thiết kế đảm bảo chất lượng không khí nên yêu cầu về tiện nghi và mức độ thoải mái của nhân viên cần phải được đảm bảo chất lượng tốt. Để tạo ra môi trường có nguồn không khí đảm bảo các tiêu chuẩn về chất lượng không khí, cần phải điều chỉnh nhiệt độ, lưu lượng và xử lý gió tươi cấp vào. Do đó, việc mô phỏng CFD sẽ thể hiện rõ được sự phân bố của vận tốc, nhiệt độ, các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng không khí trong nhà. Từ đó sẽ giúp chúng ta phân tích được chi tiết vấn đề ảnh hưởng và đưa ra các giải pháp hiệu quả. Đặc điểm văn phòng mô phỏng như sau: Phòng OFFICE thuộc tầng 1 là một khu văn phòng để nhân viên làm việc. Diện tích: 70 m², Cao độ: 3400 mm (tính từ sàn đến trần giả). Dưới đây nhóm tác giả mô phỏng về dòng không khí qua thiết bị và miệng

gió hồi vào phòng để đánh giá kết quả thiết kế có chính xác hay không, một số kết quả được trình bày như sau. Dòng không khí từ miệng gió cấp được thể hiện trong Hình 5. Dòng nhiệt từ miệng gió cấp được mô tả trong Hình 6. Kết quả cho thấy, dòng không khí lạnh từ các miệng gió cấp của FCU được đưa xuống phân bố khắp phòng, từ kết quả mô phỏng cho thấy không khí lạnh đi ra khỏi miệng gió với vận tốc 2,2 m/s đến 2,5 m/s, và cấp xuống xung quanh phòng thì vận tốc của không khí giảm dần đi. Nhiệt độ từ khi ra khỏi miệng gió là 20°C và toả xuống phòng trao đổi nhiệt và nhiệt độ tăng lên 23°C, tạo sự thoải mái khi làm việc hoặc đứng gần miệng gió thổi xuống.

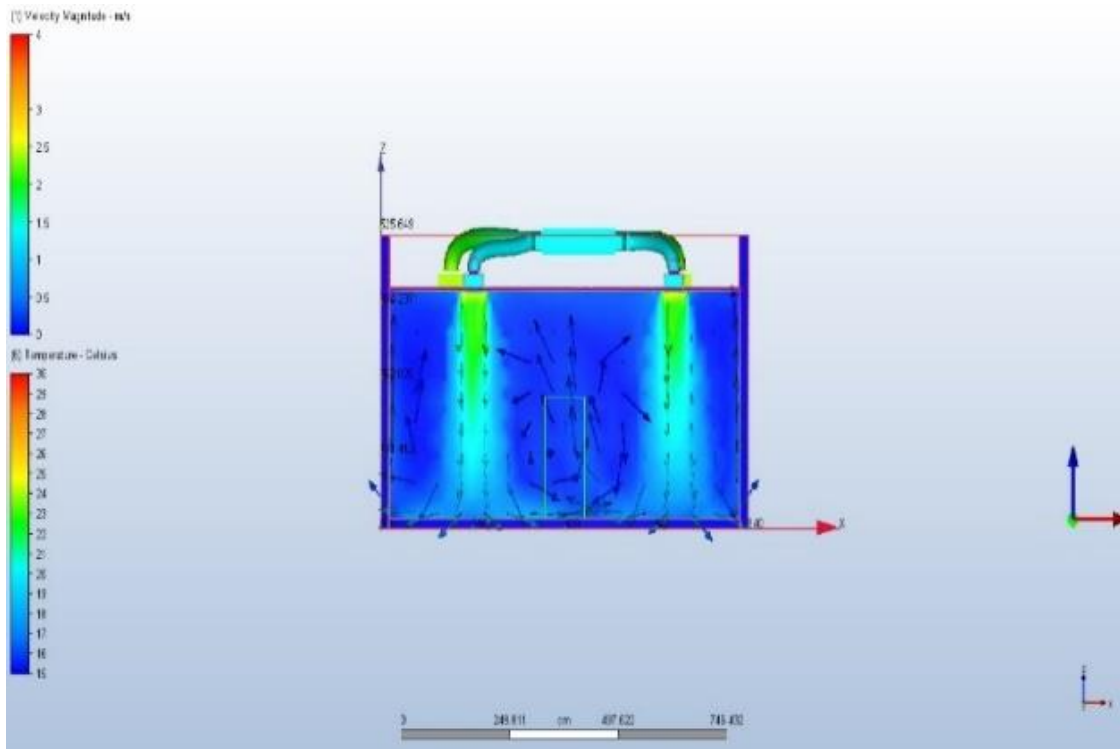


Hình 5: Dòng không khí từ miệng gió cấp

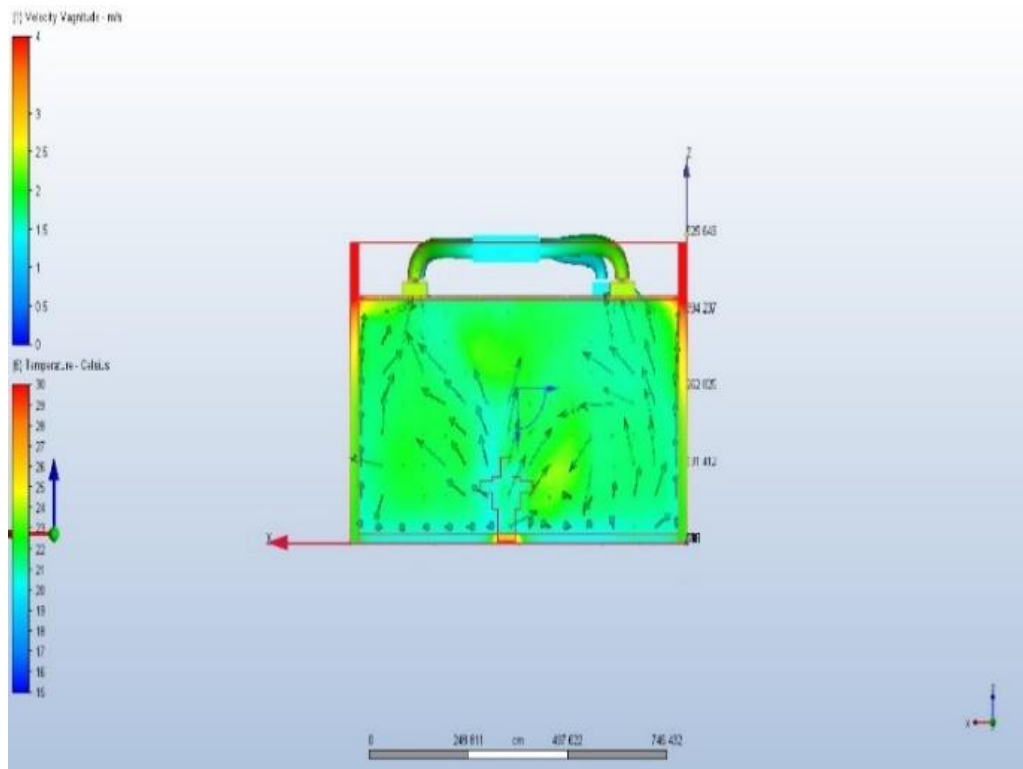


Hình 6: Dòng nhiệt từ miệng gió cấp

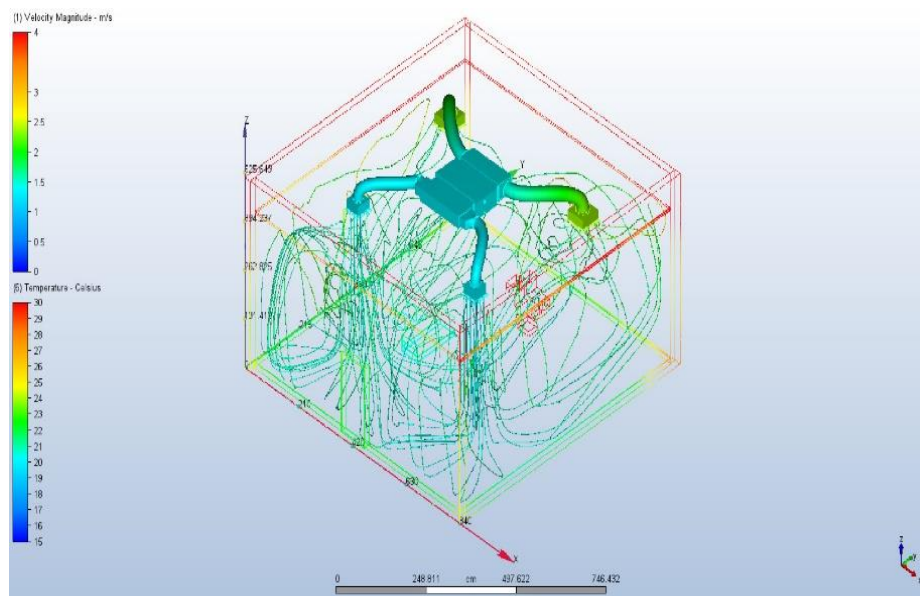
Dòng không khí được hút về đồng đều về hai miệng gió hồi với vận tốc là 2,5 m/s, sau khi được nhận nhiệt từ không gian làm lạnh dòng khí được hồi về với nhiệt độ từ 24 °C đến 25 °C. Từ đó cho thấy vận tốc và nhiệt độ đúng theo thiết kế ban đầu. Kết quả thể hiện trong Hình 7 và Hình 8 tương ứng. Hình 9 mô tả phân bố dòng không khí cấp từ miệng gió phân bố đồng đều, đưa dòng khí lạnh tản ra cả phòng, tạo sự thoải mái cho nhân viên làm việc trong không gian được thiết kế.



Hình 7: Dòng không khí từ miệng gió hồi



Hình 8: Dòng nhiệt từ miệng gió hồi



Hình 9. Dòng chảy phân bố khắp phòng

4 KẾT LUẬN

Nghiên cứu này ứng dụng phần mềm Autodesk Simulation CFD mô phỏng kết hợp giải pháp thiết kế hệ thống điều hòa không khí cho tòa nhà văn phòng để đảm bảo chất lượng không khí trong nhà theo tiêu chuẩn TCVN:13521:2022. Kết quả chỉ ra thiết kế điều hòa không khí sử dụng VRF cho tòa nhà văn phòng GreenLife là phù hợp theo các tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5687:2010 và TCVN: 13521:2022. Đồng thời, kết quả mô phỏng cũng chỉ ra sự phân bố nhiệt độ, vận tốc của dòng không khí cấp và không khí hồi là phù hợp trong không gian đã thiết kế. Các kết luận chính được rút ra như sau:

- Tính toán được phụ tải nhiệt của tòa nhà bằng phần mềm TRACE700, cụ thể công suất lạnh tầng 1 là 150,84 kW, tầng 2 là 224,76 kW, tầng 3 là 231,96 kW, và công suất lạnh tầng 4 là 207,08 kW. Tính toán và chọn được các thiết bị quạt cấp gió thu hồi nhiệt ERV, quạt hút gió thải, hệ thống điều hòa không khí VRF của hãng Panasonic để đảm bảo chất lượng không khí trong nhà cho văn phòng.
- Sử dụng phần mềm Autocad Autodesk thiết kế mặt bằng hệ thống điều hòa không khí, đồng thời kiến trúc của tòa nhà và hệ thống điều hòa thông gió được triển khai bằng phần mềm Revit Autodesk.
- Kết quả mô phỏng cho thấy, dòng không khí lạnh đi ra khỏi miệng gió với vận tốc 2,2 m/s đến 2,5 m/s, và cấp xuống xung quanh phòng thì vận tốc của không khí giảm dần đi. Nhiệt độ từ khi ra khỏi miệng gió là 20°C và tỏa xuống phòng trao đổi nhiệt và nhiệt độ tăng lên 23°C. Dòng không khí được hút về đồng đều về hai miệng gió hồi với vận tốc là 2,5 m/s, sau khi được nhận nhiệt từ không gian làm lạnh dòng khí được hồi về với nhiệt độ từ 24 °C đến 25 °C.

Tuy nhiên, để đánh giá đầy đủ về chất lượng không khí trong nhà, trong tương lai các mô phỏng được các nồng độ các chất gây ô nhiễm không khí trong nhà là cần thiết, ví dụ như các chỉ tiêu (VOC, chất khí không kiểm soát, bụi mịn PM2.5, PM10, vi khuẩn, vi rút, nồng độ CO₂) khi cấp nguồn không khí vào phòng và thải ra ngoài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Kết quả khảo sát đo lường chất lượng không khí trong nhà của 3 căn hộ ở trong mùa đông và mùa hè ở Hà Nội, Đề tài do Panasonic Nhật Bản tài trợ, Hà Nội tháng 9/2020.
- [2] Phạm Thị Hải Hà, Thực trạng Chất lượng không khí trong nhà dân dụng ở Việt Nam và giới thiệu “TCVN 13521:2022- Nhà ở và nhà công cộng - Các thông số chất lượng không khí trong nhà“, 11/2022.
- [3] Báo cáo kết quả khảo sát đo lường chất lượng không khí trong nhà 2 nhà mới được xây dựng xong mùa hè tại Hà Nội, Đề tài do Panasonic Nhật Bản tài trợ, Hà Nội tháng 10/2020.

- [4] Tạp chí Môi trường, Nghiên cứu xây dựng tiêu chuẩn mới về chất lượng không khí trong nhà ở và nhà công cộng, 03/02/2021.
- [5] TCVN 13521:2022 “Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 13521:2022 về nhà ở và nhà công cộng - Các thông số chất lượng không khí trong nhà”
- [6] TCVN 5687:2010: Thông gió – Điều hòa không khí – Tiêu chuẩn thiết kế, Hà Nội, 2010
- [7] QCVN 06:2020 Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 06:2020/BXD An toàn cháy cho nhà và công trình
- [8] Catalogue Panasonic
- [9] Đặng Văn Bình, Bùi Mạnh Tú, Khoa học công nghệ, Nghiên cứu tổng quan về giải pháp kỹ thuật tiết kiệm năng lượng cho hệ thống HVAC, 25/10/2018.

YSC5.F227

ỨNG DỤNG SOLIDWORKS ĐỂ PHÂN TÍCH VẬN TỐC VÀ NHIỆT ĐỘ HỆ THỐNG SẤY CỦ CẢI SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI HIỆU ỨNG NHÀ KÍNH

NGUYEN TRUONG LONG, NGUYEN HUU LOC, NGUYEN HONG HUY HOAN, NGUYEN DANG KIEN, CHAU TUAN KIET, NGUYEN HOANG KHOI*

Faculty of Heat and Refrigeration Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City

**nguyenhoangkhoi@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Ứng dụng năng lượng Mặt trời hiệu ứng nhà kính cho quá trình sấy là kỹ thuật tiềm năng, khai thác nguồn năng lượng sẵn có để cung cấp nhiệt năng. Bài báo này trình bày một nghiên cứu liên quan đến tính toán thiết kế mô hình sấy năng lượng mặt trời hiệu ứng nhà kính có bổ sung nhiệt từ điện trở, có năng suất 10 kg/mẻ để sấy củ cải trắng làm dược liệu. Đồng thời, nghiên cứu sử dụng phần mềm mô phỏng SolidWorks để đánh giá ảnh hưởng của vị trí thoát tác nhân sấy đến sự phân bố nhiệt độ, vận tốc bên trong buồng sấy. Kết quả tính toán cho thấy thời gian sấy 10 kg củ cải trắng từ 86,9% đến độ ẩm yêu cầu 6 – 7% là 12 giờ, tại nhiệt độ tác nhân sấy 50°C. Kích thước buồng sấy (dài x rộng x cao) là 2,0 x 1,2 x 1,0 m, diện tích xung quanh của mái nhà kính là 7,8 m². Đồng thời, kết quả mô phỏng có tính đồng nhất về giá trị trung bình về nhiệt độ và vận tốc trong buồng sấy được tối ưu nhất về việc đặt vị trí lỗ thoát ẩm mặt bên của buồng sấy, vận tốc tác nhân là 0,1-0,7 m/s, nhiệt độ đồng đều từ 44-45 °C.

Từ khóa. SolidWorks, hiệu ứng nhà kính, mô phỏng, máy sấy năng lượng mặt trời, sấy củ cải trắng

ANALYSIS OF VELOCITY AND TEMPERATURE OF THE SOLAR-ASSISTED GREENHOUSE DRYER FOR DRYING RADISHES USING SOLIDWORKS

Abstract. Applying the solar energy-assisted greenhouse effect for the drying process is a potential technique, exploiting available energy sources to provide thermal energy. This paper presents a study related to the calculation and design of a dryer for drying radish, utilizing solar energy-assisted greenhouse effect with a yield of 10 kg/batch. The dryer uses a heater as the secondary energy source for heating the air. Simultaneously, the study employed SolidWorks software to evaluate the influence of the outlet position of the drying air on the temperature and velocity distribution inside the drying chamber. The calculation shows that the drying time of radish from 86.9% to the required moisture content of 6 - 7% is 12 hours, at the drying hot air temperature of 50°C. The dimension of the drying chamber (length x width x height) is 2.0 x 1.2 x 1.0 m, and the surrounding area of the greenhouse is 7.8 m². The simulation results present the uniformity of the average temperature and velocity in the drying chamber, which is best optimized for the placement of the moisture outlet location on the side of the drying chamber, the velocity of drying air is 0.1 – 0.7 m/s, uniform temperature from 44-45°C.

Keywords. SolidWorks, greenhouse effect, simulation, solar dryer, radish drying

1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Củ cải trắng (tên tiếng Anh: Daikon hoặc white radish) là một loại thực vật thuộc họ cải. Củ cải trắng là giống cây cải củ mọc lá nhanh, củ có dạng dài, phần củ có màu trắng và chứa rất nhiều nước. Củ cải trắng được phân bố chủ yếu ở Đông nam Á và Đông Á. Củ cải trắng thường được sử dụng phổ biến trong ẩm thực với hương vị và giá trị dinh dưỡng và thường được sử dụng phổ biến ở các nước như Nhật Bản, Trung Quốc, Hàn Quốc và Việt Nam. Củ cải trắng được đánh giá là một trong những thực vật có nhiều dưỡng chất, và đặc biệt mang lại nhiều công dụng để chữa bệnh như các bệnh về túi mật, bệnh trĩ, lá lách vàng da

và bệnh gan [1], củ cải trắng có nhiều vitamin, chất xơ. Theo y học hiện đại ngày nay đã chứng minh trong 100 gam củ cải trắng thông thường chứa có 1,4g protid; 3,7g glucid; 1,5g xenlulozo; 40 mg canxi; 41 mg photpho; 1,1 mg sắt; 0,06 mg vitamin B1; 0,06 mg vitamin B2; 0.5 mg vitamin PP; 30 mg vitamin C, và chứa các chất chống lão hóa và các loại khoáng chất và chất khác. Củ cải cũng là một sản phẩm nông nghiệp có giá trị kinh tế ở thị trường Việt Nam. Củ cải sau khi được thu hoạch sẽ được sơ chế cơ bản và từ đó bắt đầu quá trình sấy từ độ ẩm 86.9% [2], xuống đến độ ẩm bảo quản khoảng 7% [3].

Sau khi đã nhận thấy được nhiều giá trị lợi ích mà của củ cải trắng đem lại một số nhà nghiên cứu đã tiến hành phân tích và nghiên cứu về sấy củ cải bằng các phương pháp như sấy chân không, vi sóng, hồng ngoại và khí nóng. Tuy nhiên, đa số các máy sấy này được vận hành bằng nguồn điện do đó làm tăng mức tiêu thụ năng lượng và tình trạng thiếu năng lượng tăng cao. Do đó, sử dụng năng lượng Mặt trời là nguồn cung cấp nhiệt cho quá trình sấy là giải pháp tiềm năng, thu hút nhiều nghiên cứu cho đến nay. Ở điều kiện khí hậu của Việt Nam, phương pháp phơi nắng để làm khô nông sản được bà con nông dân ứng dụng phổ biến. Đây cũng là phương pháp vô cùng đơn giản, phù hợp với đặc thù khí hậu nước ta. Ưu điểm của quá trình phơi nắng trực tiếp là chi phí thấp, sử dụng những công cụ sẵn có. Tuy nhiên, phương pháp này cũng có mặt hạn chế như nông sản khô không được đồng đều cần trộn nhiều lần trong 1 mẻ sấy, thời gian phơi lâu [4]. Sản phẩm sấy không đảm bảo chất lượng, lẫn tạp chất vì phơi trực tiếp ngoài trời nên tiếp xúc với khói bụi và côn trùng, bên cạnh đó cũng có khả năng cao bị các loại động vật phá hoại [5]. Sấy năng lượng Mặt trời hiệu ứng nhà kính là phương pháp sấy cải tiến từ phương pháp phơi nắng truyền thống. Phương pháp này giải quyết được những vấn đề còn hạn chế của phương pháp phơi nắng, như đảm bảo chất lượng sản phẩm sấy, tránh được khói bụi, côn trùng đảm bảo vấn đề an toàn vệ sinh. Đây cũng là phương pháp sấy có khả năng thay thế cho một số phương pháp sấy công nghiệp hiện nay vì giải quyết được vấn đề tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường [6].

Bài báo này trình bày một nghiên cứu liên quan đến tính toán thiết kế mô hình sấy năng lượng trời hiệu ứng nhà kính có bổ sung nhiệt từ điện trở, có năng suất 10 kg/m² để sấy củ cải trắng làm dược liệu. Đồng thời, nghiên cứu sử dụng phần mềm mô phỏng SolidWorks để đánh giá ảnh hưởng của vị trí thoát tác nhân sấy đến sự phân bố nhiệt độ, vận tốc bên trong buồng sấy.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Vật liệu sấy

Củ cải trắng được mua từ chợ đầu mối Long An sau đó được đưa vào bảo quản để tránh mất ẩm giữ được độ tươi cho sản phẩm. Trước khi sấy củ cải sẽ được rửa sạch bằng nước máy để loại bỏ hết bùn đất và các vi sinh vật bám trên bề mặt. Củ cải không được gọt vỏ mà sẽ cắt lát thành nhiều hình dạng có độ dày khác nhau từ (6 mm đến 9mm) bằng cách sử dụng dao và được cắt thủ công. Trọng lượng trung bình của các mẫu củ cải là 100 ± 0,2 g để xác định độ ẩm ban đầu của củ cải được sử dụng trong nghiên cứu này [3]. Buồng sấy củ cải trắng được mô phỏng bằng phần mềm SolidWorks với nhiệt độ sấy là 50°C với hai trường hợp bố trí cửa thoát ẩm khác nhau. Đề quan sát tìm ra được dòng nhiệt độ hay lưu lượng cấp vào buồng sấy được tối ưu nhất trong buồng. Thực hiện mô phỏng cho hai vị trí đặt cửa thoát ẩm khác nhau để tìm ra vị trí cửa thoát ẩm đảm bảo phân bố đều nhiệt độ và vận tốc trong buồng sấy. Thời gian sấy trong khoảng 12 giờ cho đến khi độ ẩm củ cải trắng từ 86,9% giảm xuống còn 7%, với khối lượng 10kg/m² cho mọi trường hợp.

2.2 Phương pháp luận

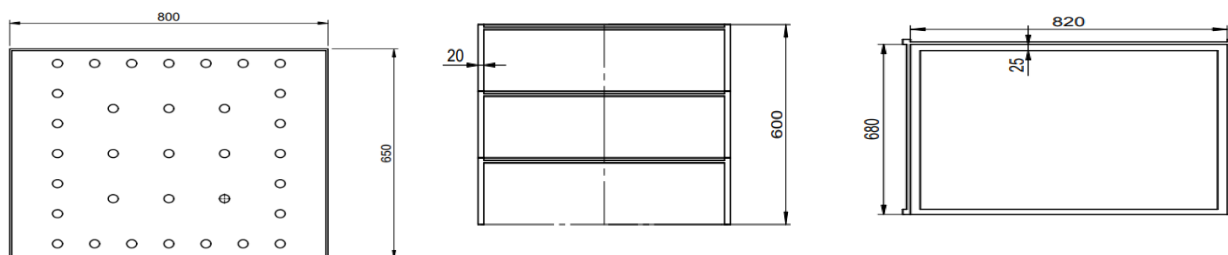
2.2.1 Phương trình chính

Mô phỏng CFD tập trung vào việc giải hệ các phương trình vi phân dùng phương pháp số, dựa trên các định luật bảo toàn động lượng, định luật bảo toàn năng lượng, và định luật bảo toàn khối lượng. Phương trình liên tục được thể hiện qua công thức (1) [7].

$$\frac{\partial(u*\varnothing)}{\partial x} + \frac{\partial(v*\varnothing)}{\partial y} + \frac{\partial(w*\varnothing)}{\partial z} = r \cdot \nabla^2 \varnothing + S_{\varnothing} \quad (1)$$

Trong đó u,v,y,w là tốc độ dòng lưu chất, \varnothing đại diện cho nồng độ vật chất được trao đổi, biến đổi Laplace, r hệ số khuếch tán, nguồn. Để xác định được lưu lượng, vận tốc dòng khí và sự thay đổi nhiệt độ trong buồng sấy của máy sấy năng lượng Mặt trời thông qua phần mềm SolidWork cần được cung cấp những điều kiện biên cần thiết và chính xác, các điều kiện của quá trình mô phỏng trong phần mềm dựa vào 2 bài báo [7], [8]. Nói chung, quá trình này được thực hiện bằng cách chia thể tích mô phỏng thành một số phần

có hình đa diện. Sau khi tính toán kích thước buồng sấy, khay sấy được thiết kế có chiều dài là 800mm, rộng 650mm, độ dày khay sấy là 20mm. Hệ thống sấy được thiết kế gồm 2 giá đỡ, 1 giá đỡ gồm 3 khay sấy nhằm mục đích trải đều vật liệu trên các bề mặt [9].



Hình 1: Hình kích thước khay sấy Hình 2: Kích thước giá đỡ hình chiếu đứng Hình 3: Kích thước giá đỡ hình chiếu bằng

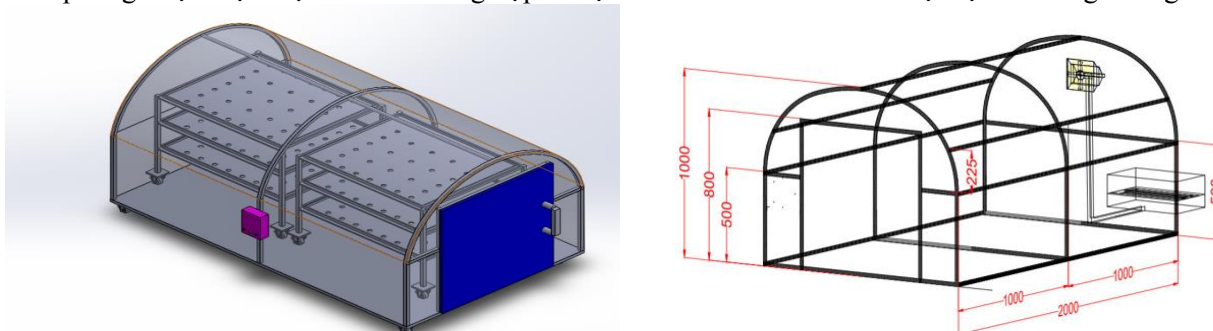
Áp dụng công thức cho mô phỏng với lưu lượng là $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ta cần nhiệt lượng tiêu hao lý thuyết với công thức là:

$$q_{slt} = W \cdot q_{lt} \quad (2)$$

Trong đó W lượng nước lấy đi từ vật liệu sấy là 8,59 kg lúc này nhiệt lượng riêng q_{lt} cần để làm bay hơi đi 1 kg ẩm của cái trắng là 4830 kJ/kg thì nhiệt lượng tiêu hao quá trình sấy lý thuyết trong tính toán để mô phỏng là 41489,7 kJ. Với thiết kế của buồng sấy cần được cung cấp với lưu lượng không khí nóng cho buồng sấy để trao đổi nhiệt thông qua công thức:

$$Q_{quat} = \frac{L}{\rho_k} \quad (3)$$

Trong đó L là lượng không khí khô lý thuyết cấp cho quá trình sấy 0,046 kJ/kgkkk, là khối lượng riêng của không khí là $1,2 \text{ (kg/m}^3\text{)}$, từ đó xác định được lưu lượng $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ là đủ để cung cấp đủ luồng khí cấp cho buồng. Nhiệt độ môi trường là 27°C , lưu lượng không khí được thiết lập là $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$, nhiệt độ sấy là 50°C . Về mô phỏng được thực hiện theo 2 trường hợp về vị trí lỗ thoát ẩm xem xét nhiệt độ bên trong buồng.



Hình 4: Bản vẽ 3D về buồng sấy

Thực hiện mô phỏng theo 2 trường hợp đặt lỗ thoát ẩm cho buồng sấy. Sau đó dựa vào kết quả mô phỏng và đưa ra nhận xét trường hợp nào là tốt nhất để chọn phương án thiết kế.

2.2.2 Thiết lập điều kiện biên để mô phỏng

Trước khi thực hiện mô phỏng SolidWork thì tất cả các thông số như điều kiện biên hay các biến số cần thiết cho quá trình mô phỏng cần được phân tích tính toán một cách chính xác để quá trình mô phỏng thể hiện đúng thông số liệu đã tính toán xem thiết kế có khả thi không. Thiết lập máy sấy năng lượng Mặt trời ở khu vực Long An, có tọa độ địa lý từ $105030'30$ đến $106047'02$ kinh độ Đông và $10023'40$ đến $11002'$ vĩ độ Bắc [10]. Các điều kiện được áp dụng sau khi tính toán mô hình được sấy với thời gian 12 giờ trên một mẻ sấy với năng suất 10kg/mẻ. Nhiệt độ môi trường là 27°C , lưu lượng không khí được thiết lập là $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$, nhiệt độ sấy là 50°C . Về mô phỏng được thực hiện theo 2 trường hợp về vị trí lỗ thoát ẩm xem xét nhiệt độ bên trong buồng sấy. Bảng 1 mô tả các thông số điều kiện ban đầu sử dụng trong mô phỏng.

Bảng 1: Bảng thông số điều kiện biên

Thông số	Vật liệu, giá trị
Vách, loại vật liệu	Kính
Lưu lượng không khí vào, m ³ /s	0,1
Nhiệt độ môi trường, °C	27
Nhiệt độ buồng sấy, °C	50
Vận tốc không khí vào, m/s	1,0
Cường độ bức xạ Mặt trời, W/m ²	590

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả tính toán bài toán sấy

Các thông số đầu vào ta có: khối lượng đầu vào $G_1=10\text{kg}$, nhiệt độ môi trường $t_0=27$ và độ ẩm = 80%, có độ ẩm ban đầu của củ cải $M_1=86,6\%$, độ ẩm sấy mong muốn $M_2=7\%$, nhiệt độ không khí trong buồng sấy $t_1=50$, nhiệt độ sau sấy $t_2=35$. Cường độ bức xạ Mặt trời có $E=590\text{ W/m}^2$, có nhiệt ẩn hóa hơi của nước tại nhiệt độ tác nhân sấy cấp vào là $2304,7\text{ kJ/kg}$, khối lượng thể tích của củ cải trắng là $\rho_{cc}=976\text{ kg/m}^3$. Từ đó xác định được khối lượng sản phẩm và lượng ẩm bay hơi theo công thức (4) - (5) [2]. Giá trị thông số trạng thái của tác nhân sấy trên đồ thị I-d được tóm tắt trong Bảng 2.

Khối lượng sản phẩm sau khi sấy

$$G_2 \frac{G_1 \cdot (100 - M_1)}{(100 - M_2)} = \frac{10 \cdot (100 - 86,9)}{(100 - 7)} = 1,41 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (4)$$

Lượng ẩm bay hơi trong quá trình sấy

$$W = G_1 - G_2 = 10 - 1,41 = 8,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (5)$$

Bảng 2. Giá trị tại các điểm trạng thái của tác nhân sấy

Điểm thông số	t (°C)	d (kg/kgkkk)	I (kJ/kg)	P _{bh} (bar)
0	27	0,0246	89,85	0,0355
1	50	0,0246	114	0,123
2	35	0,03	144	0,056

3.2 Diện tích thu nhiệt bức xạ Mặt trời

Áp dụng công thức (3), (4), tầm thu năng lượng Mặt trời có diện tích xung quanh tính toán là $5,2\text{ m}^2$.
+ Nhiệt độ trung bình của không khí cấp cho quá trình sấy và nhiệt độ môi trường.

$$T_{Tb} = \frac{T_{bs} + T_{ra}}{2} = \frac{273 + 50 + 273 + 35}{2} = 315,5\text{ K} \quad (6)$$

+ Diện tích xung quanh của tầm thu năng lượng Mặt trời.

$$A = \frac{Q_s}{E \times D \times \varepsilon_{ht} - k_G \times (T_{hf} - T_{mf})} = 5,2\text{ m}^2 \quad (7)$$

Từ kết quả tính toán, buồng sấy được thiết kế có kích thước rộng x cao x dài = 1200 x 1000 x 2000 mm, buồng sấy gồm 2 giá đỡ tổng 6 khay sấy, khay sấy có tổng diện tích $3,12\text{ m}^2$, và có kích thước mỗi khay 0,8 x 0,65 m.

3.3 Kết quả tính lưu lượng quạt cấp

Tính lưu lượng quạt đảo khí:

+ Ta tính được diện tích:

$$S = \frac{4}{3} R \cdot h = \frac{4}{3} \cdot 0,6 \cdot 1 = 0,8\text{ m}^2 \quad (8)$$

Ta có vận tốc không khí trong buồng sấy là $v=1\text{ m/s}$, vậy lưu lượng quạt đảo được tính:

$$Q_{\text{quạt đảo}} = v \cdot S = 1.0,8 = 0,8 \frac{m^3}{s} \quad (9)$$

Tính lưu lượng quạt cấp:

$$Q_{\text{quạt}} = \frac{L}{\rho_k} = \frac{0,046}{1,12} = 0,045 \frac{m^3}{s} \quad (10)$$

Để đảm bảo quạt cấp đủ lưu lượng cho quá trình sấy ta nhân thêm hệ số an toàn cho quạt từ (1,2 -1,5)
 $Q_{\text{quạt}} = 0,1 m^3/s$

Từ kết quả tính toán nhiệt cần thiết cho quá trình sấy là $Q_{tc} = 1136,3W$, xác định được công suất nhiệt cần cung cấp trong 1 giờ là:

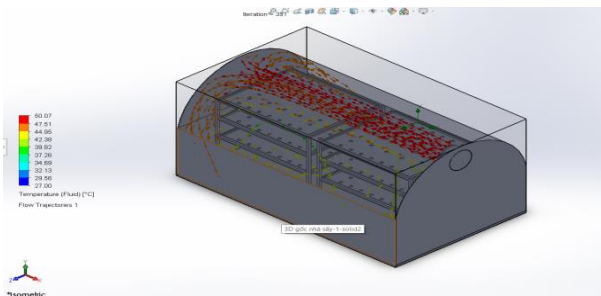
$$N_{1h} = \frac{1136,3}{11,57} = 98W \quad (11)$$

3.4 Kết quả mô phỏng vị trí 2 lỗ thoát ẩm đặt ở mặt sau (đối diện với vị trí đặt quạt hút)

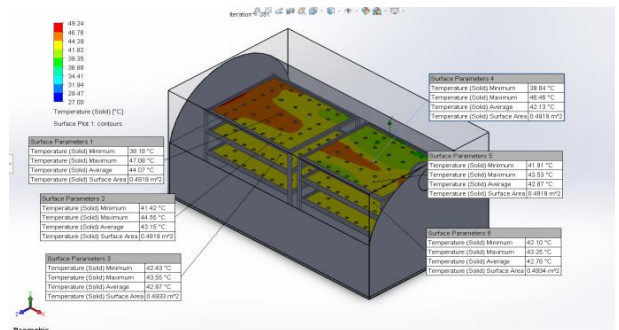
Mô tả cho trường hợp 1 được thể hiện ở Hình 5 bên dưới. Kết quả mô phỏng thể hiện ở Hình 6 và Hình 7. Dựa vào kết quả mô phỏng trường hợp 1 ta thấy vị trí khay được đặt gần quạt có nhiệt độ không được cao so với khay được đặt ở cuối buồng sấy do vận tốc không khí nóng khi vừa ra khỏi quạt cấp vào bên trong buồng sấy có tốc độ cao 1 m/s, lúc này không khí nóng chỉ trao đổi nhiệt với khay đó trong thời gian ngắn so giá đỡ khay ở cuối buồng sấy do vận tốc lúc này giảm còn khoảng 0,4 - 0,8 m/s.



Hình 5: Vị trí đặt lỗ thoát ẩm trường hợp 1



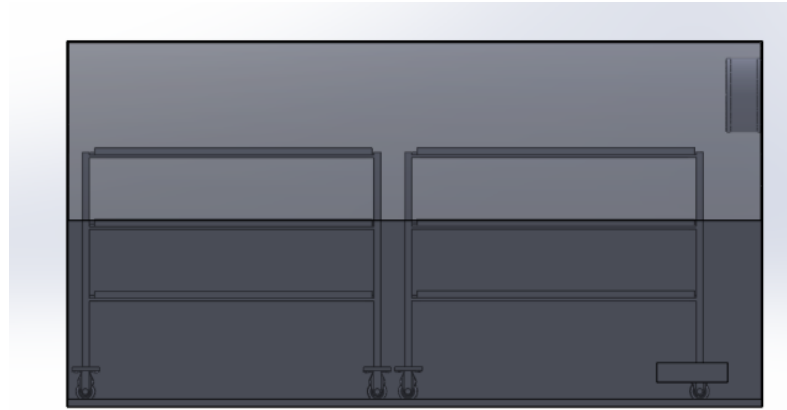
Hình 6: Đặc tính dòng không khí nóng vào buồng sấy



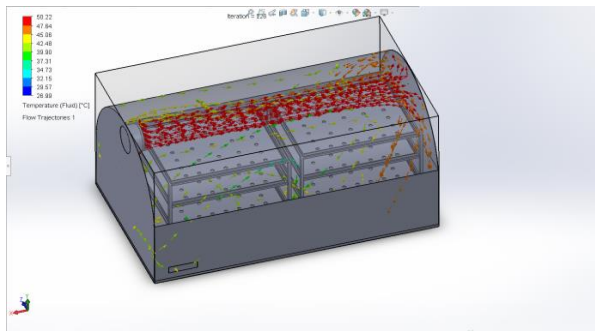
Hình 7: Nhiệt độ của bề mặt khay sấy

3.5 Kết quả mô phỏng vị trí 2 lỗ thoát ẩm đặt đều 2 ở mặt bên buồng sấy

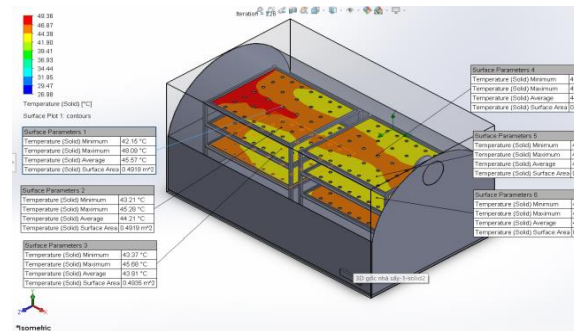
Mô tả cho trường hợp 1 được thể hiện ở Hình 8 bên dưới. Kết quả mô phỏng thể hiện ở Hình 9 và Hình 10. Kết quả mô phỏng của trường hợp 2 cho thấy luồng không khí nóng chính ra khỏi quạt sau đó đi đến cuối buồng sấy bị va đập ngược trở lại, luồng không khí nóng được tách thành nhiều hướng vận tốc lúc này nằm khoảng từ 0,1-0,7 m/s. Do sự phân bố của dòng khí nóng đồng đều, dòng khí nóng di chuyển theo nhiều hướng trong buồng sấy đã giúp cho việc trao đổi nhiệt với các khay được tốt. Do đó, nhiệt độ các khay trong buồng sấy được đồng đều và ổn định hơn so với trường hợp 1, nhiệt độ bề mặt ghi nhận trong khoảng 44 - 45°C. Trong trường hợp 1 do vận tốc ra khỏi quạt lúc này cao nên giá đỡ các khay đầu không trao đổi nhiệt tốt bằng giá đỡ khay ở cuối buồng. Đồng thời do vị trí đặt lỗ thoát ẩm đối diện với bề mặt quạt cấp nên khi luồng không khí nóng được thổi tới cuối buồng đã bị thất thoát 1 phần nhiệt qua cửa thoát ẩm, lúc này chỉ có 1 phần nhiệt quay trở lại để trao đổi nhiệt với khay chứa vật liệu sấy trong buồng.



Hình 8: Vị trí đặt lỗ thoát ẩm



Hình 9: Đặc tính dòng không khí nóng vào buồng sấy



Hình 10: Nhiệt độ của bề mặt khay sấy

4 KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã tính toán thiết kế mô hình sấy năng lượng trời hiệu ứng nhà kính có bổ sung nhiệt từ điện trở để sấy củ cải trắng làm dược liệu, với năng suất 10 kg/m². Đồng thời kết hợp với phần mềm mô phỏng SolidWorks để đánh giá phân bố nhiệt độ và vận tốc tác nhân sấy bên trong buồng sấy. Kết quả tính toán và mô phỏng cho thấy với năng suất sấy 10 kg củ cải trắng với độ ẩm ban đầu là 86,9% sau khi sấy với nhiệt độ 50°C với thời gian sấy là gần 12 giờ cho ra khối lượng sản phẩm là 1,41 kg sản phẩm với độ ẩm là 6-7%. Kết quả mô phỏng trên SolidWorks cho thấy, vị trí cửa thoát ẩm có ảnh hưởng lớn đến phân bố nhiệt độ và vận tốc trong buồng sấy. Bố trí các cửa thoát ẩm mặt bên buồng sấy cho thấy tác nhân sấy đảm bảo tính đồng nhất về giá trị nhiệt độ và vận tốc trong buồng sấy. Trong trường hợp này, các khay chứa vật liệu sấy được trao đổi nhiệt đều hơn và nhiệt độ đạt được cao hơn trong khoảng 44-45°C, so với trường hợp cửa thoát ẩm đặt đối diện quạt cấp tác nhân sấy nóng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Benjamin Caballero, Trugo Luiz and Paul M. Finglas. “The Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, 2nd ed”, *Academic Press, London*, 2003
- [2] Hoàng Văn Chức, Thiết kế hệ thống thiết sấy, *NXB Khoa học và Kỹ thuật*, 2006
- [3] N.T. Thắm, P.K.Ngọc, N.T.M. Nguyệt, Đ.T.A. Đào. “Khả năng kháng khuẩn và chống oxy hóa của dịch chiết củ cải trắng (*Raphanus sativus* L.)”. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Đại học Vinh*, Tập 46, Số 2A, 2017
- [4] Lee, W. Y., Cha, W. S., Oh, S. L., Cho, Y. J., Lee, H. Y., Lee, B. S., et al., 2006, “Quality characteristics of dried radish (*Raphanus sativus*) by drying methods”, *Korean Journal of Food Preservation*, 13, 37–42
- [5] El-Beltagy A., Gamea G.R., and Essa A. H. A., 2007, “Solar drying characteristics of strawberry”, *Journal of Food Engineering*, 78(2), 456–464

- [6] Đỗ Minh Cường, Hà Hoàng Thiện. " Một số kết quả bước đầu về thử nghiệm mẫu thiết bị sấy ớt bằng năng lượng Mặt trời kiểu đối lưu cưỡng bức", *Báo Khoa học Công nghệ Trường Đại học Nông Lâm-Đại học Huế*, 2019
- [7] Jhersson Castaño-Rodríguez, Darío Amaya, Olga Ramos, "Food Dryer Design and Analysis of Velocity and Temperature Profiles" *Universidad Militar Nueva Granada, Cra. 11, Bogotá, Colombia*, 2018
- [8] U. King, "Open FOAM: Open source CFD in research and industry," 10–15, 2013
- [9] H. U. Hebbar, K. H. Vishwanathan, and M. N. Ramesh, "Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables" *J. Food Eng.*, 65, 4, 557–563, 2004.
- [10] <https://matran.edu.vn/dia-ly/vi-tri-dia-hinh-thuy-van-va-khi-hau-long-an-62>

YSC5.F228

SEAMLESS MOIST AIR MODEL DATA LOGGING THROUGH PC LINK TO ENHANCE LEARNING IN THERMAL TECHNOLOGY

NGUYEN TRUNG KIEN^(*), VO TRAN PHUC NGUYEN, NGUYEN MANH HOANG, NGUYEN DUC HUY, PHAM QUANG VINH

Faculty of Heat and Refrigeration, Industrial University of Ho Chi Minh City

Nguyentrungkien.08@iuh.edu.vn

Abstract. The current moist air model T110D/C 9954010 at X6.18 functions well, but there are challenges in accurately transferring and visualizing data on a computer due to the lack of verification measures. To address this, we developed a solution using circuit programming and an electronic sensor to compare with the model's sensor. This enables continuous monitoring of temperature parameters, with results displayed on a computer screen. By combining Arduino and the DHT sensor, our solution ensures accurate data recording and seamless connectivity between sensors. Extensive testing confirms the effectiveness of our system, with temperature discrepancies between recorded data and control panel display below 0.5 degrees Celsius under stable conditions. Our enhanced system provides precise and reliable data logging, improving the overall functionality of the moist air model.

Keywords. Moist Air, DHT sensor, Arduino

KẾT NỐI MÁY TÍNH ĐỂ GHI DỮ LIỆU LIÊN TỤC MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM KHÔNG KHÍ ẨM NHẪM PHỤC VỤ VIỆC HỌC TẬP CỦA SINH VIÊN

Tóm tắt. Mô hình thí nghiệm không khí ẩm T110D/C 9954010 tại phòng X6.18 hiện tại hoạt động tốt nhưng gặp khó khăn trong việc truyền và hiển thị chính xác dữ liệu vào máy tính và thiếu sự kiểm chứng kết quả đo. Để giải quyết vấn đề này, chúng tôi đã phát triển một giải pháp sử dụng lập trình mạch và cảm biến điện tử để so sánh với cảm biến của mô hình. Điều này cho phép theo dõi liên tục các thông số nhiệt độ với kết quả được hiển thị trên màn hình máy tính. Bằng cách kết hợp Arduino và cảm biến DHT, giải pháp của chúng tôi đảm bảo ghi dữ liệu chính xác và kết nối liền mạch giữa các cảm biến. Nhiều thử nghiệm được thực hiện đã xác nhận tính hiệu quả của hệ thống, với độ lệch về nhiệt độ giữa dữ liệu được ghi lại và màn hình bảng điều khiển dưới 0,5°C trong điều kiện ổn định. Hệ thống của chúng tôi cung cấp khả năng ghi dữ liệu chính xác và đáng tin cậy, cải thiện chức năng tổng thể của mô hình không khí ẩm.

Từ khóa. Không khí ẩm, Cảm biến DHT, Arduino

1 INTRODUCTION

Arduino, an open-source platform, offers a versatile solution for constructing electronic projects. It encompasses a programming board, known as a microcontroller, and software known as the Integrated Development Environment (IDE). The Arduino IDE enables users to write and upload computer code to the board, simplifying the programming process [1].

Arduino's appeal lies in its user-friendly nature and accessibility, making it suitable for a wide range of projects and applications [2]. Whether you're a beginner or an advanced user, the Arduino software offers ease of use and adaptability. One notable advantage of Arduino is its seamless code uploading process—unlike traditional programming boards, it eliminates the need for separate hardware and can be accomplished using a simple USB cable.

Moreover, the Arduino IDE adopts a simplified version of the C++ programming language. This approach streamlines the learning curve for programming enthusiasts, enabling them to grasp coding concepts more

readily [3]. Arduino has gained popularity across various fields and has become a go-to choose for countless innovative endeavors.

Currently, Arduino offers a diverse range of versions, each tailored to specific user needs. These variations cater to different purposes and project requirements. For instance, Arduino Nano emphasizes compactness, convenience, and simplicity, making it ideal for projects with space limitations. On the other hand, the Arduino Mega 2560 series is favored for complex undertakings that demand numerous input/output (I/O) pins.

Among these options, the Arduino UNO R3 stands out as a widely popular and extensively used version. It strikes a balance between functionality and versatility, making it a centerpiece of focus in this report. The Arduino UNO R3 will be thoroughly explored, providing comprehensive insights into its circuitry and capabilities.

2 OVERVIEW DIAGRAM OF MOIST AIR MODEL

2.1 Principle Diagram and Operation of Moist Air Model

Figure 1 depicts the schematic representation of the humid air test apparatus.

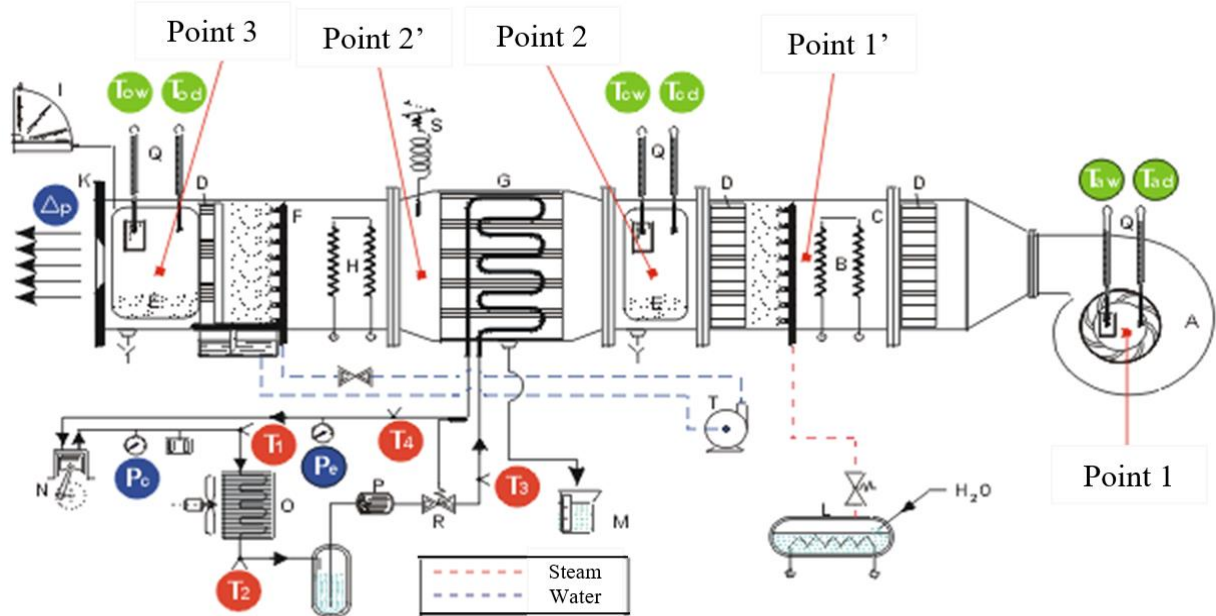


Figure 1: Schematic diagram of humid air model

- | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| B – Preheater (variable capacity) | C – Steam diffuser | L – Generator |
| N – Compressor | R – Thermal Expansion Valve | M - Humidity measuring |
| I – Differential manometer tilt scale | K – Adjustable diaphragm | F – Water Diffuser |
| H – Heater (variable capacity) | G – Evaporator | |

Within figure 1, the centrifugal fan denoted as A is capable of being finely tuned to operate within a speed spectrum from 0 to 1450 rpm. Concurrently, as the airflow advances through the tube body, the assessment apparatus is initiated, functioning across three designated modes. These modes encompass the following operational settings:

1. Sensible Heat Change Mode: In this mode, the air undergoes heating at a temperature range of 11.5°C to 50°C. The heated air is then propelled by the fan through either preheater B or the evaporator G to alter its temperature according to the test requirements. Finally, the air passes through the thermal diffuser, and the resulting temperature change is recorded.
2. Latent Heat Change Mode: Humidification and Dehumidification
 - Humidification: In this mode, the steam generator L is activated to produce steam. Once the steam is generated, the solenoid valve opens to supply the system via the spray device. The air, blown through the vaporizer, carries moisture and passes through the evaporator G set at a low temperature of

- approximately 5°C
- Dehumidification: In this mode, the air is propelled by the fan A through the evaporator G, which operates at a low temperature of around 5°C, resulting in the removal of moisture from the air.
3. Defrosting Mode: The refrigeration system operates at a low temperature for a specific duration until there is a potential risk of freezing on the indoor unit. At this point, the compressor is turned off. Fan A continues to operate at a predefined speed until the temperature after the evaporator G approaches the temperature prior to the evaporator. The obtained temperature difference is recorded as the result.

2.2 Equipment Operation Procedure

To start the device, follow these steps:

1. Fill the beakers with water for the wet bulb thermometers, ensuring the thermometers are exposed to the air stream but not submerged in water.
2. Test the power supply, ensuring a stable 380V AC 3-phase/50Hz power source is available.
3. Set all selection buttons to the 0 position.
4. Fill the circulation tank of the humidifier and steam generator with water.
5. Check that the steam generator's inlet main valve is open, with the other end closed, and ensure the hose sealing clamps are tightly closed.
6. Connect the device's mains outlet to a 380V AC/3-phase/50Hz power source.

2.3 Data Acquisition System Startup Procedure

To start the data acquisition system, follow these steps:

1. Connect the probe to the signal converter and A/D converter using the supplied cables, connecting them to the front panel of these devices.
2. Connect the serial or parallel converter to the computer using the provided standard cable.
3. Connect the signal converter to a 220V AC/50Hz power source.
4. Install the required software.
5. Connect the measuring device to the data acquisition system.
6. Power on the machine using the magnetic circuit breaker.
7. Activate the entire system by turning on the starter key located on the control panel of the model.
8. Start the fan and adjust the fan speed by monitoring the airflow using the inclined manometer.
9. Record the measured data in the test results table or utilize the computer for automatic data acquisition.
10. Utilize the heating and humidifying devices to adjust the experimental conditions as needed.

2.4 Instrumentation

The system is equipped with various measuring and control devices, including:

1. Digital temperature display: Connected to 4 thermistors with a selector switch.
2. Four PT100 thermometers: T1, T2, T3, T4, with a temperature range of -100°C to +1000°C.
3. Two ammeters: Connected to 2 heaters for current measurement.
4. Low-pressure gauge: Range of 15 bar for pressure measurement.
5. Electronic pressure transducer Pe (0 to 25 bar): Supplied with SAD/110D variant only.
6. Two dry bulb thermometers: Temperature range of -100°C to 500°C with an accuracy of 1/50°C.
7. Three PT100 dry bulb thermometers: T_{ad}, T_{cd}, T_{od}, with a temperature range of 0°C to 1500°C (supplied with SAD/110D only).
8. Two wet bulb thermometers: Temperature range of -100°C to 500°C.
9. Three PT100 wet bulb thermometers: T_{aw}, T_{cw}, T_{ow}, with a temperature range of 0°C to 1500°C (supplied with SAD/110D only).
10. Hygrometer: Used for humidity measurement.
11. Tilt micromanometer: Range of 0 to 200 mmH₂O for precise pressure measurement.
12. Differential electronic pressure transducer for gas flow measurement Δp (0 to 50 mmH₂O): Supplied with SAD/110D variant only.
13. Diaphragm adjustable with a length of 100mm.
14. Pressure relay: Adjustable between 7 to 30 bar, with a pressure difference range of 2.5 to 3.8.
15. Electronic thermostat with pre-selection: Temperature range of 0°C to 99.9°C.

3 OVERVIEW DIAGRAM OF ARDUINO BOARD

3.1 Arduino Board Selection

Arduino circuits for programming are commonly associated with the Arduino UNO series. The latest generation of this circuit is the Arduino UNO R3. Mastering this circuit enables easy understanding and programming of other Arduino variants.

Table 1: Basic Parameters of Arduino Board Types

Arduino Board	Processor	Memory	Digital I/O	Analog I/O
Arduino Uno	16Mhz ATmega 328	2 Kb Ram	14	6 inputs, 0 output
Arduino Due	84Mhz AT91SAM3X8E	96 Kb Ram	54	12 inputs, 0 output
Arduino Mega	16Mhz AT mega 2560	8 Kb Ram	54	16 inputs, 0 output
Arduino Leonardo	16Mhz AT mega32u4	2.5 Kb Ram	20	12 inputs, 0 Output

After extensive research, our group has selected the Arduino Uno ATmega328P circuit as the preferred choice.

3.2 Arduino Uno R3 Specifications

Arduino Uno R3 Specifications:

- Processor: ATmega328P
- Operating Voltage: 5 Volts
- Input Voltage Limit: 7 to 20 Volts
- Consumption Current: ~30mA
- Digital I/O Pins: 14 (including 6 PWM pins)
- UART: 1
- I2C: 1
- SPI: 1
- Analog Pins: 6
- Maximum Current per I/O Pin: 30 mA
- Maximum Output Current (5V): 500 mA
- Maximum Output Current (3.3V): 50 mA
- Flash Memory: 32 KB (0.5 KB used by bootloader)
- SRAM: 2 KB
- EEPROM: 1 KB
- Clock Speed: 16 MHz

Arduino Uno Pinout: Digital Pins: The Arduino Uno R3 has 14 digital pins (0 to 13) used for reading or outputting signals. These pins operate at either 0V or 5V and can handle a maximum input/output current of 40 mA per pin. Some of these digital pins have additional functionalities, including PWM (Pulse Width Modulation) capability.

PWM Pins: PWM pins are identified by the '~' symbol. These pins allow for the generation of PWM signals with 8-bit resolution (values ranging from 0 to 255), resulting in voltage fluctuations between 0V and 5V. non-PWM pins can only have either a 0V or 5V value.

Analog Pins: The Arduino Uno features 6 analog pins (A0 to A5) that provide 10-bit resolution (values from 0 to 1023) for reading voltage values between 0V and 5V. Two of these pins, A4 (SDA) and A5 (SCL), support I2C/TWI communication with other devices.

TXD and RXD Pins: The TXD and RXD pins facilitate serial communication, allowing the Arduino Uno to send and receive data.

3.3 DHT11 sensor

The DHT11 temperature and humidity sensor is widely used due to its affordability and ease of data retrieval using the 1-wire communication standard. With this standard, data transmission is achieved using a single digital pin.

The sensor incorporates a signal preprocessor, eliminating the need for additional calculations and ensuring accurate data reading. Here are the specifications of the DHT11 sensor:

- Operating Voltage: 3V - 5V (DC)
- Operating Humidity Range: 20% - 90% RH (Relative Humidity), with an error margin of $\pm 5\%$ RH
- Operating Temperature Range: 0°C to 50°C, with an error margin of $\pm 2^\circ\text{C}$
- Maximum Transmission Distance: 20 meters

The DHT11 sensor is known for its simplicity and practicality, making it a popular choice for temperature and humidity monitoring applications.

3.4 Programming

❖ Programming in Arduino IDE

Step 1: Programming To operate the Arduino circuit, we need to write a program for the circuit that communicates the desired instructions. It is important to perform error checking after entering the program to ensure its correctness before proceeding to the next step.

Algorithm:

1. Initialize the DHT library and define the DHT sensor pin (DHTPin) and type (DHTType).
2. Set up the serial communication with a baud rate of 9600.
3. Initialize the DHT sensor with the specified pin and type.
4. Enter the main loop.
5. Read the humidity (DoAm) from the DHT sensor.
6. Read the temperature in Celsius (DoC) from the DHT sensor.
7. Read the temperature in Fahrenheit (DoF) from the DHT sensor.
8. Check if any of the readings are NaN (not a number). a. If any of the readings are NaN, print an error message and exit the loop.
9. Print the humidity and temperature readings to the serial monitor.
10. Delay for 1 second.
11. Repeat from step 5.

Step 2: Library Update After programming, we must add the necessary library to enable the sensor functionality. Specifically, we require two libraries for the DHT sensor: "Adafruit DHT" and "DHT Sensor." To update the library, we navigate to the Manage Libraries option in the Arduino software.

Step 3: Library Installation Within the Manage Libraries section, we search for "DHT" and locate the "DHT sensor Library" folder. From there, we proceed to download the "Adafruit Unified Sensor Library."

Step 4: Library Inclusion With both libraries downloaded, we simply need to add the appropriate programming command. This can be done by selecting the command "Sketch => Include Library => DHT sensor Library (Adafruit Unified Sensor)" from the toolbar. It is crucial to have both libraries installed correctly; otherwise, an error will be encountered when running the circuit.



Figure 2: Connect the USB port of the Arduino circuit to the computer.

❖ Connect Arduino Circuit and DHT11 Sensor

To establish the connection between the Arduino circuit and the DHT11 sensor, follow these steps:

Step 1: Connect the USB port of the Arduino circuit to the computer using an appropriate USB cable.

Step 2: Ensure that the programming code is free from errors. Meanwhile, establish a connection between the circuit and the Arduino IDE software by navigating to "Tool => Board" and selecting the correct board type that matches the circuit board being used.

Step 3: Upload the Command Upload the programmed command to the circuit by selecting "Verify" in the Arduino IDE. After the code is compiled successfully, check the "Done Compiling" section for any error messages. If no errors are displayed, it indicates successful programming of the circuit to receive data from the DHT sensor.

❖ **Sensor connection**

Step 1: The DHT11 sensor has three connection pins: two power supply pins (outermost pins) and one digital pin (middle pin).

- Connect the "-" (minus) pin to the GND (ground) pin in the power section.
- Connect the "S" pin to the 5V pin in the power section.
- Connect the "Out" pin to the digital pin (choose any desired pin for programming in the Arduino IDE). In our case, we have chosen pin 6 for the connection).

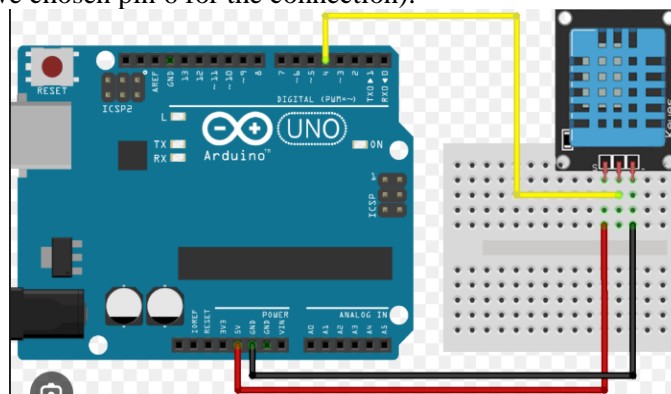


Figure 3: Sensor DHT11 Connection.

Step 2: After connecting the sensor, proceed with the following steps:

- Open the Arduino IDE and access the programming section.
- Use the command "Tool => Serial Monitor" or click the magnifying glass icon located in the top-right corner of the IDE screen.
- Upon executing the Serial Monitor command, the following results will be displayed:

```

#include <DHT.h>
#include <DHT_u.h>

#define DHTPin 6 // Chân xuất tín hiệu của cảm biến nối chân số 6 Arduino
#define DHTType DHT11 // Khai báo kiểu cảm biến là DHT11

// #define DHTType DHT21; // DHT 21
// #define DHTType DHT22; // DHT 22

DHT dht(DHTPin, DHTType); // Khai báo thư viện chân cảm biến và

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  dht.begin(); //Khởi động cảm biến DHT
}

void loop()
{
  float DoAm = dht.readHumidity(); // Đọc độ ẩm môi trường

  float DoC = dht.readTemperature(); //Đọc nhiệt độ C

  float DoF = dht.readTemperature(true); //Đọc nhiệt độ F

  if (isnan(DoAm) || isnan(DoC) || isnan(DoF)) // Kiểm tra tín hiệu trả về từ cảm biến.
  {
    Serial.println("Không có giá trị trả về từ cảm biến DHT");
    return;
  }
  Serial.print("Độ ẩm: ");
  Serial.print(DoAm);
  //Serial.print(DoAm,0); không lấy số sau dấu ,

```

COM3

```

13:48:04.616 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:05.616 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:06.654 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:07.645 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:08.686 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:09.713 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:10.754 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:11.747 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:12.828 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:13.808 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:14.845 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:15.883 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:16.921 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:17.912 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F
13:48:18.955 -> Độ ẩm: 88.00% Nhiệt độ Celsius | Fahrenheit : 36.3°C | 97.3°F

```

Autoscroll Show timestamp Newline 9600 baud Clear output

Figure 4: Data is uploaded to the computer.

248

© 2023 Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

4 RESULTS AND DISCUSSION

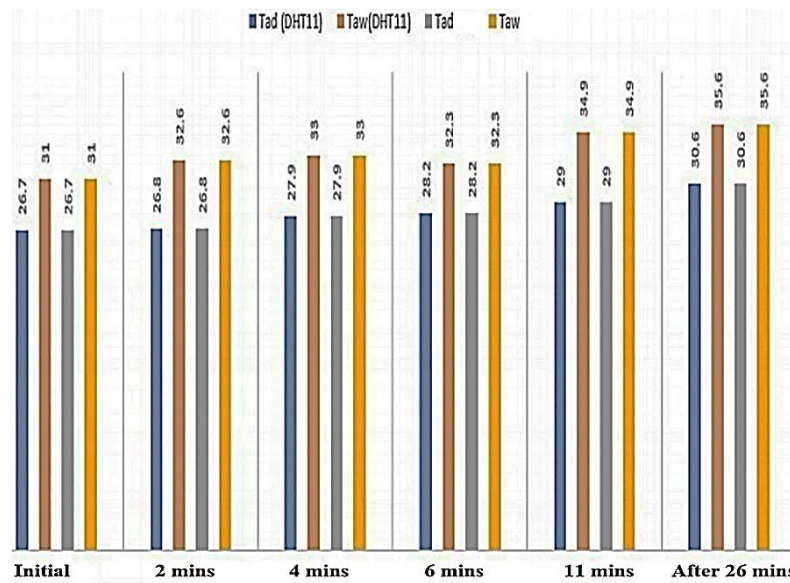


Figure 5: Compare T_{ad}, T_{aw} in the experiment

To facilitate comparison with previous data, our group conducted the experiment focusing on the heating process. All fans were set to level 3, and the thermostat was set at 7.5. This level provided the most stable data, allowing for a comprehensive comparison between the two sensors.

Please note the following:

- The DHT sensor has a delay of 3-5 seconds compared to the machine sensor. Additionally, the sensor has an error margin of approximately ± 2 degrees Celsius. To ensure accurate results, our team calibrated and subtracted about 2 degrees from the sensor readings.
- Since the six parameters (T_{cd}, T_{cw}, T_{od}, T_{ow}, T_{ad}, T_{aw}) are crucial in this experiment, we directly compared them to validate the results and meet the project's requirement of connecting to the computer.

Figure 5 illustrates the correlation between the wet-bulb temperature (T_{aw}) and the dry-bulb temperature (T_{ad}) of the surrounding environment as measured by the DHT11 sensor, in comparison to the data exhibited on the control panel. Remarkably consistent outcomes were observed right from the initial minute of observation.

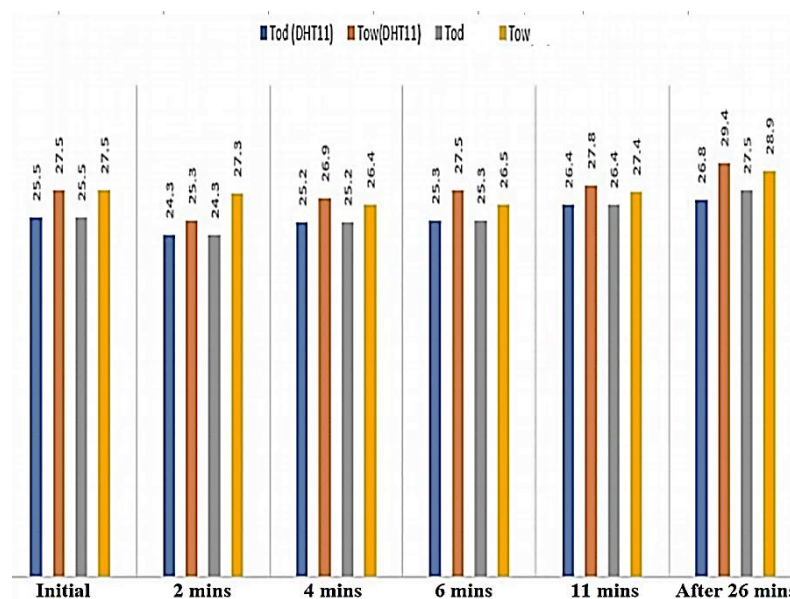


Figure 6: Compare T_{od}, T_{ow} in the experiment

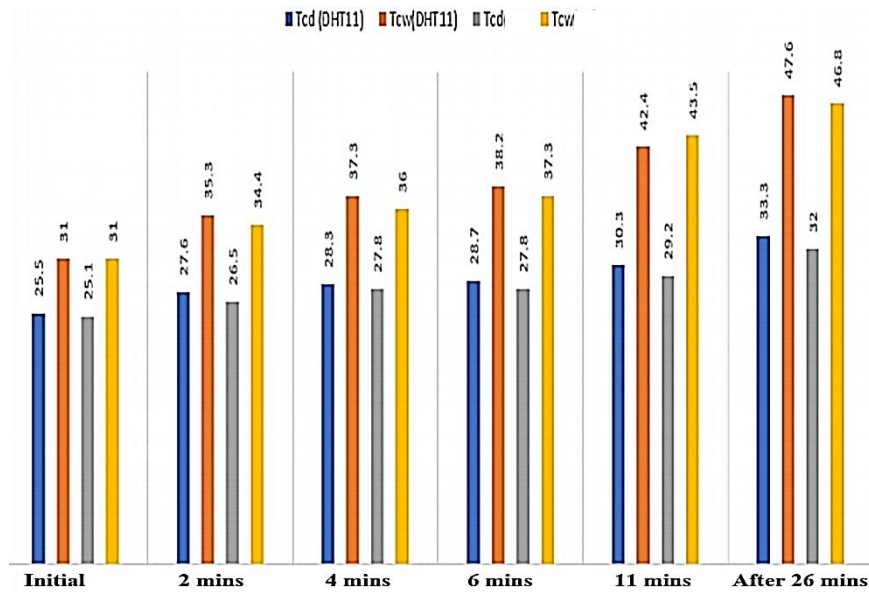


Figure 7: Compare T_{cd} , T_{cw} in the experiment.

Figure 6 depicts the comparative analysis between the wet-bulb temperature (T_{ow}) and dry-bulb temperature (T_{od}) at the output. This analysis encompasses data from both the DHT11 sensor, and the information presented on the control panel. Although there was an initial disparity of approximately 2 degrees Celsius, this discrepancy gradually diminished to 0.5 degrees Celsius after 26 minutes of experimentation.

Figure 7 illustrates the juxtaposition of wet bulb temperature (T_{cw}) and dry bulb temperature (T_{cd}) within the survey chamber. This comparison is made between the measurements recorded by the DHT11 sensor and the values exhibited on the control panel. While there was an initial divergence of approximately 1 degree Celsius, this variance gradually decreased to 0.5 degrees Celsius after 26 minutes of the experimental period.

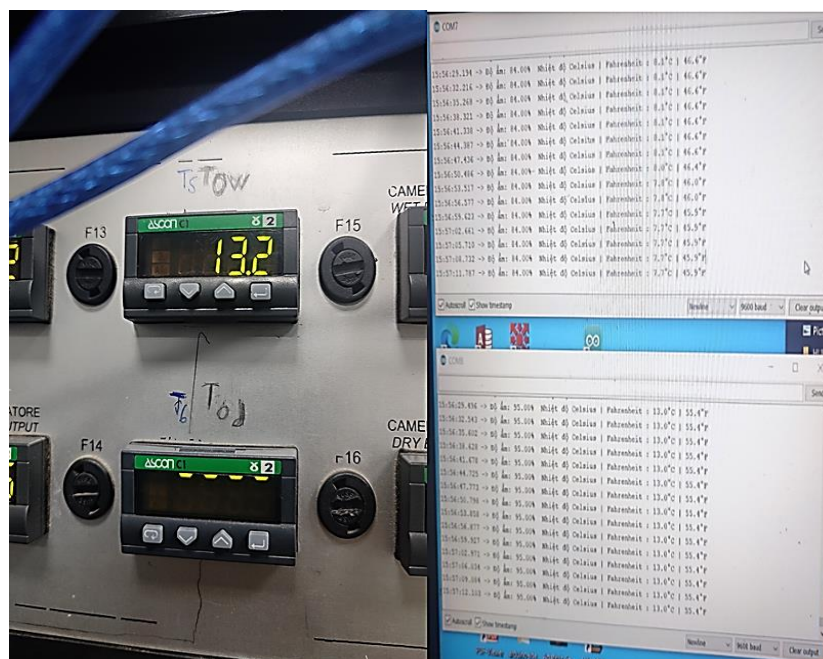


Figure 8: Comparison between the outcomes exhibited on the computer and those displayed on the control panel

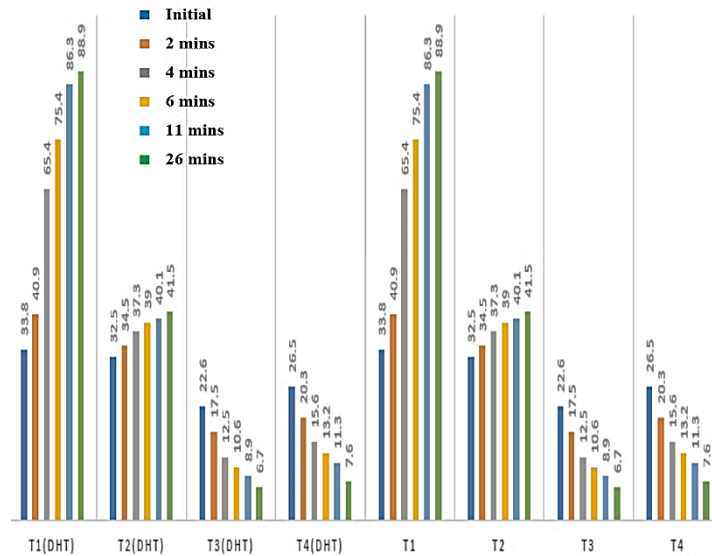


Figure 9: Compare T₁, T₂, T₃, T₄ in the experiment

Figure 9 presents the comparative analysis of temperatures T₁, T₂, T₃, and T₄ as measured by the DHT11 sensor, juxtaposed with the values displayed on the control panel. Notably, these values remained remarkably consistent right from the commencement of the observation.

In all experiments, we observed that initially, the DHT sensor exhibited slower temperature readings compared to the model sensor. However, after approximately 10 minutes of operation, both sensors displayed similar temperatures with an error margin of no more than 0.5°C. To ensure accuracy, we also cross-verified some cases using a temperature gun. When all three testers were connected, the sensor readings were nearly identical, further confirming the consistency and reliability of the sensor data.

Overall, the data obtained through the computer connection is reliable, with errors falling within the acceptable range. Considering the cost-effectiveness of this method, it can be regarded as a successful approach in addressing the core problem. Further enhancements can be explored to attain even better results with this model.

5 CONCLUSIONS

This research paper focuses on the utilization of the MODEL T110D/C (9954010) humid air experiment model, which is connected to a computer system for data acquisition. This innovative approach aims to enhance the learning experience of students specializing in Heat and Refrigeration Technology. By providing students with the opportunity to interact with the model, it offers a captivating way to delve into the intricacies of air-regulating processes.

The MODEL T110D/C serves as an engaging educational tool that goes beyond theoretical knowledge, enabling students to gain practical insights into the field. By connecting the model to a computer, students can access real-time data, allowing them to analyze and understand the complex dynamics of humidity control. This hands-on approach empowers students to explore various scenarios and observe the impact of different parameters on the system's performance.

REFERENCES

- [1] M. McRoberts, *Beginning Arduino*. Apress, 2013.
- [2] S. Kubínová and J. Šlégr, "ChemDuino: Adapting Arduino for low-cost chemical measurements in lecture and laboratory." ACS Publications, 2015.
- [3] B. Andò, S. Baglio, and N. Pitrone, "Remote connection for extended availability of the educational lab," 2001.
- [4] Nguyễn Thị Tâm Thanh, *Thí nghiệm Kỹ thuật lạnh – Điều hòa không khí*. IUH, 2012

YSC5.F229

TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ HỆ THỐNG KHO LẠNH BẢO QUẢN CÀ CHUA SỨC CHỨA 100 TẤN

VŨ MINH THẮNG¹, TRẦN HỮU TÀI¹, PHẠM TẤN PHƯỚC¹, ĐỖ DUY TUẤN¹, TRẦN VĂN QUY¹,
LÊ THỊ BÍCH NGUYỆT^{1*}

¹*Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

**lethibichnguyet@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Kho lạnh bảo quản đóng vai trò quan trọng chuỗi cung ứng thực phẩm, giúp giảm thiểu sự hư hỏng của nông sản, thực phẩm xuống mức thấp nhất. Cà chua là một trong những nông sản được tiêu thụ ở mức cao, là loại thực phẩm giàu carbohydrate, axit hữu cơ, axit amin, vitamin, sắc tố, các hợp chất phenolic và các chất khoáng cần thiết cho con người. Nghiên cứu thực hiện tính toán thiết kế hệ thống kho lạnh bảo quản cà chua với sức chứa 100 tấn đặt tại Bảo Lộc, một trong những khu vực trồng cà chua lớn nhất cả nước. Kho lạnh bảo quản cà chua được tính toán dựa trên chu trình quá lạnh quá nhiệt, nhiệt độ bảo quản cà chua 12°C, độ ẩm không khí từ 85%-90%, thời gian bảo quản từ 4-6 tuần. Kho lạnh được thiết kế từ các tấm panel có độ dày 100mm, lượng tải tiêu thụ 32kW. Nghiên cứu này là cơ sở lý thuyết nhằm phục vụ cho nhu cầu thực tế trong việc lắp đặt các kho lạnh bảo quản cà chua, giảm thiểu thất thoát trong khâu bảo quản sau thu hoạch.

Từ khóa. Kho lạnh bảo quản, cà chua, nhiệt độ, độ ẩm.

CALCULATION, DESIGN OF THE COLD STORAGE SYSTEM WITH CAPACITY OF 100 TONS TOMATOES

Abstract. Cold storage plays an important role in the food supply chain, helping to minimize the spoilage of agricultural products and food. Tomatoes are one of the most widely consumed agricultural products, because tomatoes are a rich source of carbohydrates, organic acids, amino acids, vitamins, pigments, phenolic compounds, and minerals, which are essential in human nutrition. Research conducted to calculate and design a cold storage system to preserve tomatoes with a capacity of 100 tons located in Bao Loc City, one of the largest tomato growing areas in the country. The cold storage for tomato preservation is calculated based on the super-cooling-superheating cycle, the storage temperature of tomatoes is 12°C, the air humidity is from 85%-90%, the storage time is from 4-6 weeks. Cold storage is designed from panels with a thickness of 100 mm, with a load consumption of 32 kW. This study is the theoretical basis to serve the practical needs of installing cold storages to preserve tomatoes, minimizing losses in post-harvest preservation.

Keywords. Cold storage, tomatoes, temperature, humidity.

1 TỔNG QUAN

Cà chua (*Lycopersicon esculentum* Mill) thuộc họ Cà (Solanaceae), có nguồn gốc từ Nam Mỹ là loại quả nhiệt đới, với hàm lượng dinh dưỡng cao như vitamin (B1, B2, C, E), khoáng chất và chất chống oxy hóa [1]. Cho nên nhu cầu sử dụng cà chua trong khẩu phần ăn hằng ngày rất có lợi cho sức khỏe con người, có thể ngăn ngừa các loại ung thư và giảm căng thẳng [2,3]. Cà chua được trồng phổ biến ở nhiều nước trên thế giới, với diện tích trồng cà chua lớn thứ 2 trong các loại rau quả. Năm 2019, diện tích cà chua đạt 5,03 triệu/ha, sản lượng lên tới 181 triệu tấn [4]. Ở Việt Nam, cà chua được Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn ưu tiên phát triển dao động khoảng 23-25 nghìn hecta ở các vùng trung du miền núi Bắc Bộ, các tỉnh

miền Trung, Tây Nguyên, vụ hè thu ở Bảo Lộc có 524 ha, năng suất đạt 450 tạ/ha, sản lượng đạt 23,580 tấn [5].

Sản lượng cà chua sau thu hoạch là rất lớn, tuy nhiên loại quả này rất dễ hư hỏng khi không bảo quản đúng cách. Ở các nước nhiệt đới như Việt Nam, nhiệt độ giao động từ 27-32°C không phù hợp cho thu hoạch quả chín [6]. Giữ mát trái cây đã thu hoạch ở nhiệt độ thấp khoảng 20°C sẽ làm chậm hoạt động trao đổi chất dẫn đến quá trình chín sớm. Chậm trễ một giờ giữa thu hoạch vụ mùa và làm mát sẽ dẫn đến mất một ngày thời hạn sử dụng [7].

Con người đã phát triển các hệ thống bảo quản thực phẩm để có thời hạn sử dụng lâu hơn, để các tính chất vật lý và hóa học của thực phẩm được duy trì. Có một số cách bảo quản, chẳng hạn như làm mát, khử trùng, đóng hộp, ướp và sấy khô. Những phương pháp này vẫn được áp dụng cho đến ngày nay và được chứng minh là có thể bảo quản thực phẩm trong nhiều tháng. Nguyên tắc bảo quản thực phẩm là ức chế sự phát triển của vi sinh vật [8]. Trong các phương pháp thì làm lạnh là cách tốt nhất để giữ các sản phẩm dễ hỏng, thực phẩm bảo quản lạnh không bị biến đổi mùi vị, màu sắc, thực phẩm được bảo quản lâu hơn. Nhằm đáp ứng được nhu cầu bảo quản các loại rau củ quả thì bảo quản bằng kho lạnh là phương án hiệu quả. Kho lạnh là một loại phòng đặc biệt, nhiệt độ được giữ ở mức thấp với sự trợ giúp của máy móc và điều khiển chính xác. Kho lạnh giúp bảo quản hàng dễ hỏng, ổn định giá cả bằng cách điều chỉnh thời gian nguồn cung cấp, giúp nhà sản xuất tránh bán tháo và khuyến khích nông dân sản xuất nhiều hơn. Việc xác định chính xác khả năng bảo quản của kho lạnh là vô cùng quan trọng, xác định tổng tải lạnh là cơ sở để lựa chọn kích thước thiết bị kho lạnh và sơ đồ hệ thống hợp lý [9]. Do đó, mục đích nghiên cứu là chọn được nhiệt độ bảo quản phù hợp để bảo quản cà chua, tính toán công suất kho lạnh và phân tích tổng tải lạnh của kho lạnh bảo quản cà chua.

2 DỮ LIỆU TÍNH TOÁN

2.1 Nhiệt độ và độ ẩm bảo quản cà chua

Các loại rau quả nói chung và cà chua nói riêng là sản phẩm dễ hư hỏng cần chú ý sau thu hoạch để giảm lượng vi sinh vật và tăng thời gian sử dụng. Nhiệt độ và thời gian sử dụng là những yếu tố quan trọng gây hư hỏng sản phẩm sau thu hoạch. Có thể đạt được nhiệt độ thích hợp bảo quản bằng kho lạnh, với nhiệt độ thích hợp và độ ẩm cao [9].

Quản lý nhiệt độ thích hợp giữa giữa giai đoạn thu hoạch và tiêu thụ được chứng minh là cách hiệu quả nhất để duy trì chất lượng. Giữ mát quả đã thu hoạch ở nhiệt độ khoảng 20°C sẽ làm chậm nhiều hoạt động trao đổi chất dẫn đến quá trình chín, do có thời gian hơn cho tất cả các công việc xử lý sản phẩm sau thu hoạch. Nói chung, chậm trễ một giờ bảo quản sau thu hoạch vụ mùa và làm mát sẽ dẫn đến mất một ngày sử dụng [10,11]. Khi bảo quản cà chua ở nhiệt độ (25÷27°C) thì cà chua chuyển từ màu xanh sang màu đỏ sau 11 ngày. Cà chua bảo quản ở nhiệt độ 10÷12°C thì màu sắc quả cà chua chuyển từ màu xanh sang màu đỏ sau 42 ngày [12]. Tổn thương lạnh xảy ra với cà chua được bảo quản dưới 10°C làm cho quả mềm sớm, phát triển màu không đều, rỗ bề mặt [13]. Do đó điều quan trọng là xác định nhiệt độ tối ưu khi xử lý cà chua trong quá trình thu hoạch.

Mất nước từ sản phẩm rau quả sau thu hoạch chủ yếu là do lượng ẩm có trong không khí được biểu thị bằng độ ẩm tương đối. Ở độ ẩm tương đối cao, các loại quả thu hoạch sẽ duy trì được giá trị dinh dưỡng, hình thức, trọng lượng và hương vị, đồng thời giảm tốc độ héo, mềm, mọng nước. Quả cà chua có hàm lượng nước rất cao và dễ bị teo sau thu hoạch. Các giá trị tối ưu của độ ẩm tương đối với cà chua xanh nằm trong khoảng 85-95% nhưng đối với quả chín hơn 90-95% đối với quả chín cứng hơn [14]. Bảo quản quả cà chua ở độ ẩm tương đối thấp hơn có thể dẫn đến quả bị teo lại. Bổ sung độ ẩm (làm ướt trái cây) trong kho bảo quản có độ ẩm tương đối thấp hơn có thể làm giảm hao hụt khối lượng và ngăn ngừa trái cây bị héo. Trong khi đó, nên tránh môi trường bão hòa hoàn toàn với độ ẩm tương đối 100%, vì hơi ẩm ngưng tụ trên bề mặt quả có thể khuyến khích nấm mốc và nấm phát triển.

2.2 Phương pháp tính tải cho kho lạnh

Không khí bên trong kho lạnh hấp thụ nhiệt từ một số nguồn. Nguồn nhiệt này phải được loại bỏ, nếu nhiệt độ và độ ẩm của không khí duy trì ở mức mong muốn. Lượng nhiệt nóng này được loại bỏ làm cho nhiệt độ giảm xuống và độ ẩm tăng lên trong không gian muốn làm lạnh, phương pháp này gọi là chênh lệch nhiệt độ tải làm mát [15]. Có 2 loại nguồn nhiệt: nguồn bên trong (nhiệt tỏa ra từ sản phẩm, đèn điện, quạt, người lao động và nguồn bên ngoài (nhiệt tỏa ra từ kết cấu bao che trần, sàn, bức xạ mặt trời) [16].

Tổng dòng nhiệt tổn thất vào kho lạnh Q được xác định theo biểu thức:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (1)$$

Q₁: dòng nhiệt qua kết cấu bao che; phụ thuộc chủ yếu vào nhiệt độ bên ngoài, thay đổi theo thời gian trong ngày và theo mùa trong năm; kW

$$Q_1 = k_t \cdot F \cdot (t_{mt} - t_{bq}), \text{ W} \quad (2)$$

k_t: hệ số truyền nhiệt thực của kết cấu bao che, W/m²K.

F: diện tích bề mặt kết cấu bao che, m².

t_{mt}: nhiệt độ môi trường bên ngoài, °C.

t_{bq}: nhiệt độ phòng lạnh, °C [18].

Q₂: dòng nhiệt qua sản phẩm tỏa ra (đặc biệt khi gia lạnh và kết đông), phụ thuộc vào thời vụ; kW

$$Q_2 = M \cdot (i_1 - i_2) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600}, \text{ W} \quad (3)$$

i₁, i₂: entanpi sản phẩm của quả cà chua ở nhiệt độ đầu vào và đầu ra, kJ/kgK

M- công suất buồng gia lạnh bảo quản sản phẩm, hay khối lượng hàng được nhập vào, tấn/ngày đêm

C_b- Nhiệt dung riêng của bao bì, với bao bì là bia cactong thì C_b=1,46kJ/kg

t₁ -nhiệt độ bao bì trước khi vào kho lạnh, °C.

t₂- nhiệt độ bao bì được làm lạnh, °C.

Q₃: dòng nhiệt từ ngoài vào do thông gió phòng lạnh, phụ thuộc vào loại hàng bảo quản các sản phẩm như thịt, bơ, sữa không phải xét thông gió nhưng các sản phẩm còn hô hấp sau thu hoạch; kW

$$Q_3 = G_k \cdot (i_1 - i_2), \text{ W} \quad (4)$$

G_k: lưu lượng không khí của quạt thông gió, m³/h

i₁ và i₂: eantanpi của không khí ngoài và ở trong buồng, kJ/k, tra đồ thị I-d

Q₄: dòng nhiệt từ các nguồn khác nhau khi bận hành, phụ thuộc vào công nghệ chế biến

$$Q_4 = A \cdot F + 350 \cdot n + N \cdot \varphi + B \cdot F, \text{ W} \quad (5)$$

A: công suất chiếu sáng riêng, với kho bảo quản (100W-40 m²).

F: diện tích kho lạnh

350: nhiệt lượng do một người thải ra khi làm việc nặng, W/người.

n: số người làm việc trong phòng, chọn n = 5 người.

N - tổng công suất điện, buồng bảo quản lạnh, kW;

hệ số hoạt động đồng thời, các động cơ hoạt động đồng thời.

Q₅: dòng nhiệt tỏa ra khi sản phẩm hô hấp (chỉ có các loại rau, quả, trứng...), phụ thuộc vào sinh hóa sản phẩm thở; kW

$$Q_5 = E \cdot (0,1q_n + 0,9q_{bq}), \text{ W} \quad (6)$$

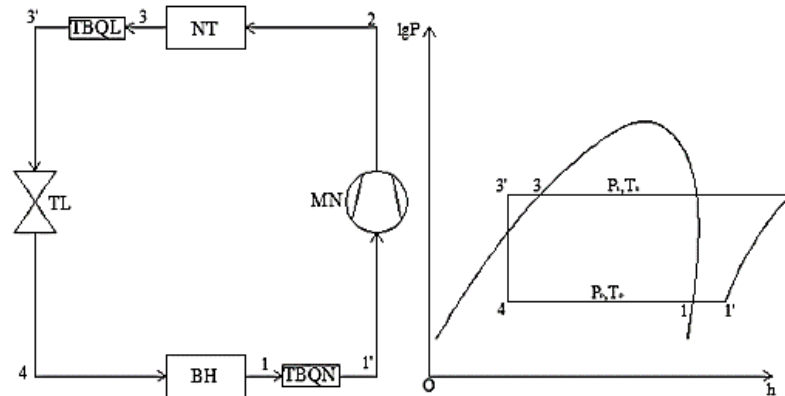
E - dung tích kho lạnh, Tấn;

q_n và q_{bq} - dòng nhiệt do sản phẩm tỏa ra ở nhiệt độ khi nhập vào kho lạnh và ở nhiệt độ bảo quản trong kho lạnh, W/tấn;

2.3 Chu trình lạnh của hệ thống

Chọn chu trình làm việc của hệ thống kho lạnh bảo quản là chu trình quá lạnh quá nhiệt cho môi chất NH₃.

Chu trình có các điểm nhiệt độ đặc trưng sau: nhiệt độ sôi của môi chất lạnh t₀=2°C, nhiệt độ ngưng tụ của môi chất t_k=44°C, nhiệt độ quá lạnh của lỏng trước van tiết lưu t_{q1}=34°C, nhiệt độ hơi hút t_h=12°C[18].



Hình 1: Chu trình quá lạnh quá nhiệt môi chất NH₃

Các quá trình của chu trình quá lạnh quá nhiệt [18]:

1-1': quá trình quá nhiệt hơi hút về máy nén, $p_1=p_1'$

1'-2: quá trình nén đoạn nhiệt từ áp suất p_0 đến p_k với $s_1=s_2$

2-3: quá trình làm mát ngưng tụ thành lỏng môi chất đẳng áp $p_2=p_3$

3-3': quá trình quá lạnh môi chất lỏng trong thiết bị ngưng tụ, $p_3=p_3'$

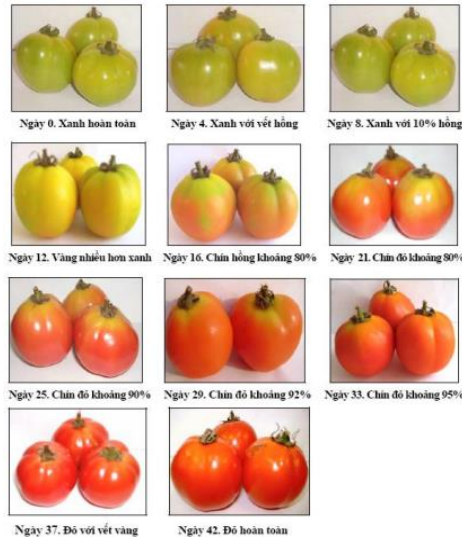
3'-4: quá trình tiết lưu ở van tiết lưu từ nhiệt độ và áp suất ngưng tụ xuống áp suất, nhiệt độ bay hơi, $i_3'=i_4$.

4-1': quá trình bay hơi đẳng nhiệt, đẳng áp $p_4=p_1=p_0$ thu nhiệt của môi trường cần làm lạnh. Kết thúc quá trình bay hơi là điểm 1' nằm trong vùng hơi bão hòa khô, $p_4=p_1$.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Xác định nhiệt độ và độ ẩm bảo quản cà chua

Dựa trên việc tham khảo các tài liệu về điều kiện bảo quản cà chua có thông số nhiệt độ bảo quản cà chua như sau: nhiệt độ bảo quản là 12°C, độ ẩm tương đối là 85% thì quả cà chua đạt độ chín đỏ đều sau 42 ngày [12]. Tồn thương lạnh có thể xảy ra với quả cà chua được bảo quản ở nhiệt độ dưới 10°C [17].

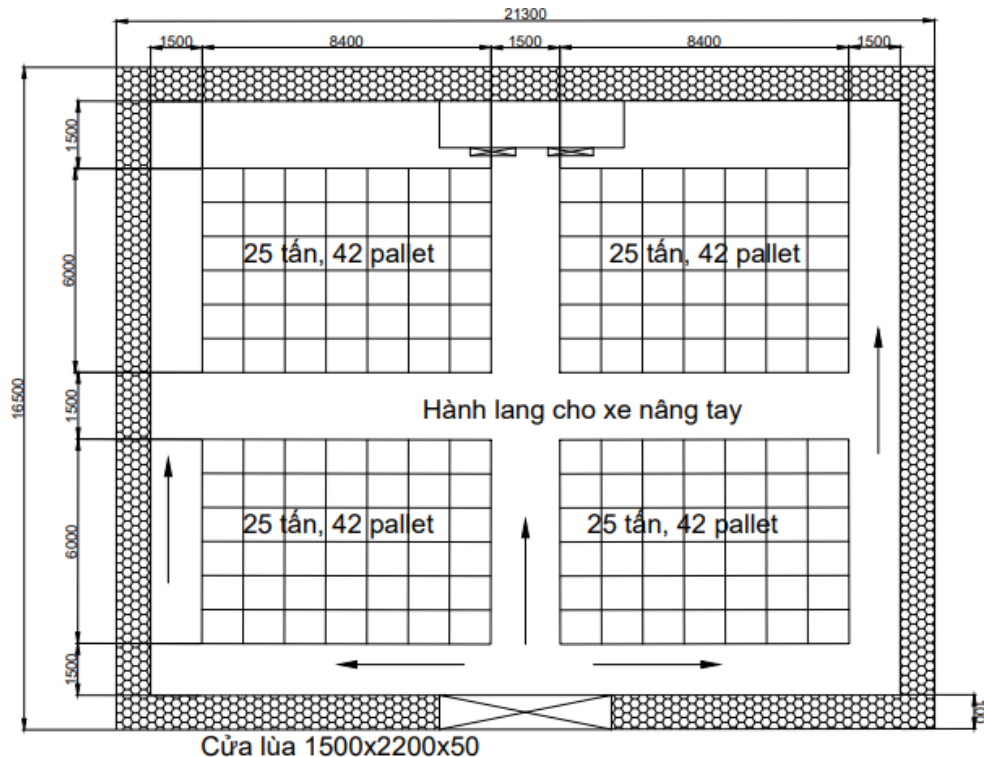


Hình 2: Cà chua bảo quản ở nhiệt độ 10÷12°C [12]

3.2 Dung tích kho lạnh

Bề dày cách nhiệt cho các vách kho lạnh được tính vách có bề dày 100mm. Kho lạnh bảo quản cà chua có sức chứa 100 tấn được lắp ghép bằng các tấm panel polyurethan có độ dày là 100mm, chọn pallet chất hàng có kích thước 1200x1000x150mm, kích thước sọt đựng cà chua 600x450x270 mm. Với tổng khối lượng

chứa lên đến 100 tấn thì tổng số pallet cần có là 167 cái, số sọt chứa cà chua là 4000 cái. Diện tích nền tối thiểu 200 m², tải trọng theo thể tích đến 600kg/m³, kích thước kho lạnh LxWxH=21300x16500x3500mm. Bố trí các pallet để chất các sọt cà chua cần chừa các khoảng không gian để người lao động dễ theo tác nhập hàng và xuất hàng trong thời gian làm việc, các xe chuyên dụng nâng tay có thể đi vào được.



Hình 3: Bố trí mặt bằng kho lạnh

3.3 Kết quả tính tải lạnh

Bảng 2: Kết quả tính tổng tải nhiệt

Dòng nhiệt tổn thất	Q_i (W)	Kết quả
Kết cấu bao che	Q_1	4937,5 W
Do sản phẩm và bao bì	Q_2	8816 W
Thông gió bùong lạnh	Q_3	5960 W
Dòng nhiệt do vận hành	Q_4	10360 W
Dòng nhiệt do quả hô hấp	Q_5	1581 W
	ΣQ	31655 W

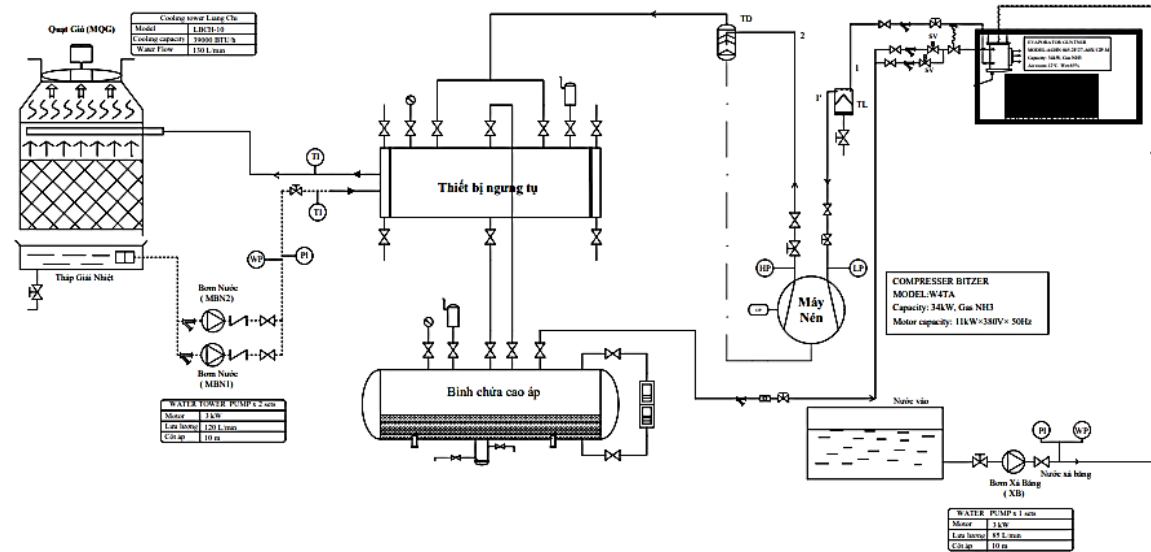
Tổn thất nhiệt cho kho lạnh bảo quản cà chua với sức chứa 100 tấn thì lượng nhiệt tải lên đến 32 kW. Vị trí đặt kho lạnh bảo quản cà chua là đặt trong nhà xưởng nên phần nhiệt tổn thất qua kết cấu bao che không bị ảnh hưởng nhiều chỉ chiếm khoảng 15%.

Dòng nhiệt do sản phẩm tỏa cũng chiếm một lượng tổn thất tương đối khoảng gần 30% là do độ chín của quả và ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường. Tuy nhiên, dòng nhiệt tổn thất thường xuyên bị thay đổi là do lượng nhập xuất hàng thường xuyên phụ thuộc vào mùa vụ.

Đối với kho lạnh bảo quản rau củ quả có hô hấp thì cần xét đến phân thông gió cho kho lạnh, đây là phần giúp quả bảo quản nhưng vẫn chín đều tự nhiên. Tổn thất từ thông gió cho kho lạnh chiếm khoảng 18%.

Dòng nhiệt tổn thất do vận hành là dòng nhiệt do các thiết bị sử dụng điện như đèn, quạt, người lao động bên trong, do mở cửa kho lạnh, xả băng... Dòng nhiệt này có sự ảnh hưởng nhiều đến tính toán tổn thất chiếm đến 35% đây chỉ là phần tính toán sơ bộ chỉ dựa vào các thông số kinh nghiệm còn cụ thể như nào do chọn các thiết bị điện bên trong kho lạnh, tần suất mở cửa của kho, phương pháp xả băng dàn lạnh.

3.4 Sơ đồ hệ thống kho lạnh



Hình 4: Sơ đồ hệ thống kho lạnh bảo quản cà chua

Đặc điểm nổi trội của sơ đồ nguyên lý hệ thống kho lạnh 1 cấp cho NH₃: hệ thống có 1 bình chứa cao áp để chứa lượng lỏng từ bình ngưng đổ về tránh nhiệt độ lỏng quá cao do quá lỏng trong đường ống. Nếu máy nén bị quá nhiệt, môi chất sẽ được hút vào bình tách dầu, được lọc lại và đưa trở lại bình ngưng nhờ sự chênh lệch áp suất. Bình ngưng ngưng tụ thành lỏng với sự trao đổi nhiệt với tháp giải nhiệt. Môi chất được giải nhiệt và tạo thành lỏng cao áp được đưa đến bình chứa cao áp, rồi di chuyển qua phin lọc để làm sạch các cặn qua mắt xem gas rồi di chuyển qua đường ống đến cụm van tiết lưu nhiệt. Van tiết lưu nhiệt sẽ điều chỉnh lưu lượng lỏng, nhờ bộ phận đầu cảm biến. Lượng hơi đi ra khỏi dàn lạnh được quá nhiệt trong thiết bị được đưa về bình tách lỏng và hồi về đầu hút của máy nén. Chu trình cứ thế tiếp diễn và lặp lại

Nhược điểm: việc làm mát cho máy nén còn hạn chế tuy nhiên đó cũng là nền tảng để tiếp tục hoàn thiện hệ thống trong tương lai.

4 KẾT LUẬN

Qua quá trình toán và thiết kế kho lạnh bảo quản cà chua đã được nêu trên. Ta thấy rằng khi bảo quản sản phẩm rau củ quả sau thu hoạch nói chung và cà chua nói riêng thì chọn được nhiệt độ tối ưu, độ ẩm tương đối cao thì sẽ thời gian bảo quản sẽ được tăng lên. Việc tính toán thất nhiệt của kho lạnh là cực kỳ quan trọng, từ đó có thể chọn được chu trình lạnh của hệ thống, thiết bị phù hợp với công suất yêu cầu. Đối với kho lạnh bảo quản cà chua có sự hô hấp trao đổi chất cần xét đến số lần thông gió bù đắp lạnh trong buồng. Chọn thiết bị máy nén, dàn lạnh cần chọn đúng với công suất tính hoặc có thêm hệ số an toàn, tránh việc thiếu tải gây ảnh hưởng đến chất lượng cà chua. Cần bổ sung thêm thiết bị cung cấp ẩm khi độ ẩm tương đối trong kho không đạt đúng tiêu chuẩn. Với kho bảo quản cà chua thì việc sử dụng chu trình nén 1 cấp thì cũng có thể đạt được kết quả bảo quản mong muốn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Adalid A.M., Roselló S. & Nuez F, *Evaluation and selection of tomato accessions (Solanum section Lycopersicon) for content of lycopene, β-carotene and ascorbic acid. Journal of food composition and analysis.* 23(6): 613-618,2010.
- [2] Rao, A.V.; Ali, A, *Biologically Active Phytochemicals in Human Health: Lycopene. International Journal of Food Properties,* 10 (2), 279–288,2007

- [3] Rahman, M. S, *Purpose of food preservation and processing*. In: *Handbook of Food Preservation*. Rahman, M. S., Ed. Marcel Dekker, New York. pp. 1–9,1999.
- [4] FAOSTAT, *Growing areas and quantity of tomato in the world*. Received from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, on March 15, 2021.
- [5] Bộ Khoa học và Công nghệ, *Nghiên cứu chọn tạo giống cà chua lai năng suất cao, chất lượng tốt phù hợp cho các tỉnh phía Nam*. Truy cập từ <https://www.vista.gov.vn/news/ket-qua-nghien-cuu-trien-khai/nghien-cuu-chon-tao-giong-ca-chua-lai-nang-suat-cao-chat-luong-tot-phu-hop-cho-cac-tinh-phia-nam-3591.html>, ngày 15/3/2021,2020.
- [6] Suslow, T.V. and Cantwell, M, *Tomato recommendations for maintaining postharvest quality*. *Postharvest Technology Research and Information Center, Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA, USA*. 3 pp,2005.
- [7] M. I. Cantwell, *Postharvest Handling of Specialty Vegetables, Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, Calif, USA,1997*.
- [8] L.H. Afrianti, “Food preservation technology”, Bandung: Alfabeta. L.H. Afrianti, “Teknologi pengawetan pangan”, Bandung: Alfabeta.
- [9] A.I. Basediya, D.V.K. Samuel, and V. Beera, “Evaporative cooling system for storage of fruits and vegetables-a review”, *Journal of Food Science and Technology*, Vol. 50, pp. 429-442,2013.
- [10] M. I. Cantwell, *Postharvest Handling of Specialty Vegetables, Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, Calif, USA, 1997*.
- [11] R. E. Paull, “*Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality,*” *Postharvest Biology and Technology*, vol. 15, no. 3, pp. 263–277, 1999.
- [12] Nguyễn Minh Thủy, N. T. K. Q, *Xây dựng mô hình đánh giá chất lượng cà chua thu hoạch. Tạp Chí Khoa Học, 11, 246–253,2009*.
- [13] J. K. Raison and J. M. Lyons, “Chilling injury: a plea for uniform terminology,” *Plant, Cell & Environment*, vol. 9, no. 9, pp. 685– 686, 1986.
- [14] T. V. Suslow and M. Cantwell, “*Tomato-recommendations for maintaining postharvest quality,*” in *Produce Facts*, A. A. Kader, Ed., *Postharvest Technology Research & Information Center, Davis, Calif, USA, 2009*.
- [15] A.A. Kader, “*Postharvest technology of horticultural crops*”, *Division of Agricultural and Natural Resources, University of California,2005*.
- [16] S. Harahap, A. Hamid, and H. Iman, “Repeatedly calculation of cooling load at Auditorium, Manggala Wanabakti Block III Building Ministry of Forestry Jakarta, *Sinergi*, Vol. 18, No. 3, pp. 149-154,2014.
- [17] J. K. Raison and J. M. Lyons, “Chilling injury: a plea for uniform terminology,” *Plant, Cell & Environment*, vol. 9, no. 9, pp. 685– 686, 1986.
- [18] Nguyễn Đức Lợi, *Hướng dẫn thiết kế hệ thống lạnh*, NXB khoa học và kỹ thuật Hà Nội,2002.

YSC5.F230

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM QUÁ TRÌNH SẤY ĐƯƠNG QUY BẰNG KỸ THUẬT SẤY CHÂN KHÔNG

THÂN THỊ THANH TOÀN*, TRẦN MINH QUANG, CÙNG TẤN LỘC, CAO XUÂN QUỐC, TRỊNH ANH TUẤN, PHẠM QUANG PHÚ

Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

**19525501.toan@student.iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Nghiên cứu này nhằm mục đích nghiên cứu tác dụng mà sâm đương quy mang lại đồng thời nghiên cứu chế tạo máy sấy chân không để sấy sâm đương quy một cách hiệu quả nhất. Trong nghiên cứu này, sâm đương quy được sấy trên máy sấy chân không ở các nhiệt độ sấy khác nhau (35, 40, 45, 50, 55, 60°C) để nghiên cứu về động học quá trình sấy từ đường cong sấy thực nghiệm. Từ đó, 13 mô hình toán khác nhau dựa trên định luật khuếch tán thứ hai của Fick được áp dụng để xác định mối tương quan giữa độ ẩm không thứ nguyên theo thời gian. Kết quả là mô hình toán của Midilli-Kucuk phù hợp nhất với kết quả thực nghiệm với giá trị độ lệch trung bình bình phương (RMSE) nhỏ hơn 0,015 và hệ số tương quan bình phương lớn hơn 0,999.

Từ khóa. Sâm đương quy, sấy chân không, động học sấy, mô hình toán, định luật Fick.

EXPERIMENTAL RESEARCH IN THE DRYING PROCESS OF ANGELICA SINENSIS BY VACUUM DRYING TECHNOLOGY

Abstract. This paper aims to study the effects that Duong Quy ginseng brings and at the same time research and manufacture a vacuum dryer to dry Angelica Sinensis in the most effective way. In this study, Angelica Sinensis were dried on a vacuum dryer at different drying temperatures (35, 40, 45, 50, 55, 60°C) to study the drying kinetics from the characteristic drying curve. Since, 13 different mathematical models based on Fick's second law of diffusion are applied to determine the correlation between dimensionless moisture ratio versus time. As a result, the Midilli-Kucuk model were found to match to the experimental results with the Root Mean Square Error (RMSE) value less than 0,015 and the coefficient of correlation greater than 0.999.

Keywords. Angelica Sinensis, vacuum drying, drying kinetics, mathematics model, Fick's law.

1 GIỚI THIỆU

Sâm đương quy (Angelica Sinensis) là một loại thảo mộc lâu năm có mùi thơm, chúng được tìm thấy đầu tiên ở Trung Quốc, Nhật Bản và Hàn Quốc. Tên thông dụng của đương quy: Đông Quai (tiếng Trung), toki (tiếng Nhật), tanggwi (tiếng Hàn) và kinesisk kvan (tiếng Đan Mạch). Sâm đương quy là một loại thảo dược quý hiếm, hương vị của đương quy có sự hòa trộn của vị đắng, ngọt ngào và cay nồng, có tác dụng làm ấm cơ thể bên trong một cách tự nhiên. Đương quy được sử dụng từ lâu đời trong y học Trung Quốc và nhiều quốc gia khác nhau trên thế giới như một liệu pháp chữa bệnh và bồi bổ sức khỏe. Đồng thời Đương Quy được coi là một loại thuốc bổ máu được nhiều thế hệ phụ nữ sử dụng với tác dụng hỗ trợ làm giảm triệu chứng đau bụng kinh và điều hòa kinh nguyệt.

Rễ đương quy chứa khoảng 0,4-0,7% dầu dễ bay hơi, các thành phần chính là nbutylidenephthalide, ligustilide, n-butylphthalide, axit ferulic, axit nicotinic và axit succinic. 1-3 Lượng đáng kể vitamin A và carotenoids (0,675%), vitamin B12 (0,25-0,40 mcg/100 g), vitamin E, axit ascorbic, axit folinic, biotin, các loại phytosterol khác nhau (ví dụ: beta-sitosterol), canxi, magiê và các loại khác, các khoáng chất đa lượng thiết yếu cũng được tìm thấy trong rễ đương quy.

Sâm đương quy là một loại thảo dược được sử dụng rộng rãi trong y học truyền thống Trung Quốc, Hàn Quốc và Nhật Bản. Trong những năm gần đây, sâm đương quy đã thu hút sự quan tâm của các nhà nghiên cứu và các chuyên gia y tế trên toàn thế giới. Tại Trung Quốc, nhiều nghiên cứu đã được tiến hành để khảo sát các hoạt chất và tác dụng của sâm đương quy. Các nghiên cứu cho thấy rằng, sâm đương quy có thể có tác dụng bảo vệ gan, giảm mỡ máu, tăng cường miễn dịch và chống ung thư. Chính vì vậy quá trình sấy sâm đương quy là một trong những bước quan trọng trong sản xuất sâm đương quy để bảo quản và tăng cường giá trị dinh dưỡng của sản phẩm. Độ ẩm sâm đương quy sau khi sấy để bảo quản tốt nhất vào khoảng 10%. Hiện nay trên thị trường có rất nhiều kỹ thuật sấy nhưng kỹ thuật chân không (vacuum drying) theo lý thuyết có thể giữ được tới 96% các chất dinh dưỡng so với sản phẩm tươi (Tân, 2016). Sấy chân không là phương pháp sấy khô sản phẩm bằng cách tạo ra một môi trường chân không hoặc áp suất rất thấp xung quanh sản phẩm. Quá trình này giúp loại bỏ độ ẩm từ sản phẩm một cách hiệu quả. Cấu tạo chính của máy sấy chân không (vacuum dryer) có thể thay đổi tùy thuộc vào từng mô hình và ứng dụng cụ thể. Dưới đây là một cấu trúc cơ bản của máy sấy chân không:

Buồng sấy (Drying chamber): Buồng sấy là nơi chứa sản phẩm cần được sấy chân không. Nó thường có thiết kế kín và chịu được áp suất thấp. Buồng sấy có thể được làm bằng thép không gỉ hoặc các vật liệu khác có tính chịu hóa chất và khả năng chịu áp.

Hệ thống chân không (Vacuum system): Hệ thống chân không bao gồm bơm chân không và các phụ kiện liên quan. Bơm chân không được sử dụng để tạo ra áp suất thấp hoặc chân không trong buồng sấy. Các phụ kiện bao gồm van điều khiển áp suất, van xả và các ống kết nối.

Hệ thống sưởi (Heating system): Hệ thống sưởi được sử dụng để tăng nhiệt độ trong buồng sấy và quá trình sấy. Hệ thống này có thể bao gồm các phần tử sưởi điện, bộ truyền nhiệt hoặc hệ thống dẫn nhiệt để cung cấp nhiệt cho sản phẩm.

Hệ thống điều khiển (Control system): Hệ thống điều khiển được sử dụng để giám sát và điều chỉnh các thông số quan trọng trong quá trình sấy, bao gồm nhiệt độ, áp suất, thời gian và các thông số khác. Nó bao gồm các bộ vi xử lý, cảm biến và các thiết bị điều khiển.

Hệ thống xả (Exhaust system): Hệ thống xả được sử dụng để loại bỏ hơi nước và các chất khí khác khỏi buồng sấy. Nó bao gồm các ống thoát, van xả và hệ thống xử lý khí thải (nếu cần).

Các máy sấy chân không cũng có thể có các tính năng bổ sung như hệ thống làm lạnh, hệ thống quạt để cải thiện quá trình sấy và các tính năng an toàn như cảm biến quá tải và hệ thống báo động. Cấu trúc cụ thể sẽ phụ thuộc vào mục đích sử dụng và yêu cầu của ứng dụng cụ thể.

Kỹ thuật sấy chân không hiện nay không còn là kỹ thuật xa lạ trong lĩnh vực sấy vì các ưu điểm mà loại máy sấy này mang lại, tuy nhiên sấy chân không thường áp dụng để sấy các loại sản phẩm mang lại giá trị kinh tế cao vì chi phí đầu tư không nhỏ. Máy sấy chân không được ứng dụng vào nhiều lĩnh vực như: công nghiệp thực phẩm, dược phẩm, công nghiệp hóa chất, công nghiệp điện tử, công nghiệp ô tô, công nghiệp bao bì... Sấy sâm đương quy bằng máy sấy chân không là một phương pháp mới nhưng được đánh giá là hiệu quả và an toàn đáp ứng tất cả nhu cầu cần thiết của sản phẩm. Chính vì vậy, việc nghiên cứu và áp dụng các phương pháp sấy sâm đương quy phù hợp là rất cần thiết để tăng cường chất lượng sản phẩm, đảm bảo an toàn sức khỏe cho người sử dụng và tạo ra hiệu quả kinh tế trong sản xuất và kinh doanh sâm đương quy.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Vật liệu sấy

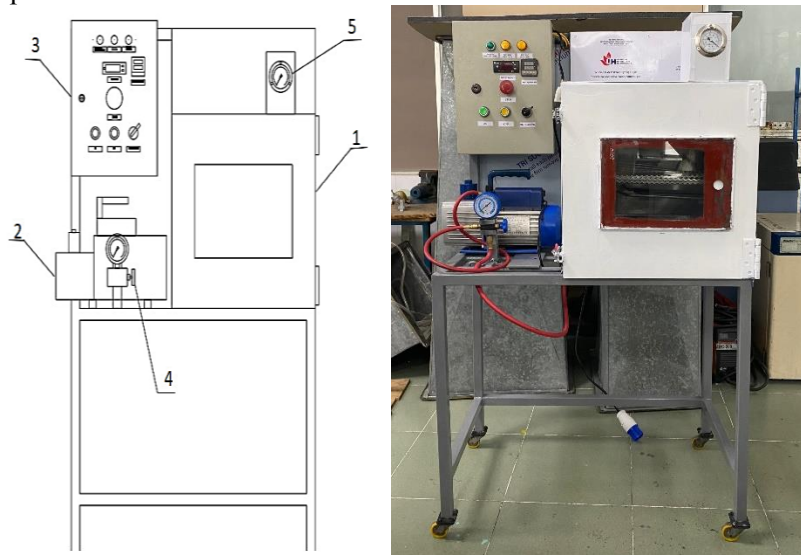
Bảng 1: Thông số của sâm đương quy và phạm vi thực hiện

Loại sâm	Sâm đương quy (<i>Angelica sinensis</i>)
Hình dạng sâm	Củ sâm to nhiều rễ nhỏ,
Khối lượng (g)	300
Độ ẩm ban đầu (cơ sở khô, %)	81,35
Nhiệt độ sấy (°C)	35, 40, 45, 50, 55, 60
Khối lượng mỗi mẻ sấy (kg)	1

Sâm đương quy (*Angelica Sinensis*), có độ ẩm trung bình sau khi thu hoạch là 81,35%, củ sâm đương quy còn tươi mới không bị đen, ứng được sử dụng làm vật liệu trong quá trình làm thí nghiệm. Các thông số của sâm đương quy được trình bày trong bảng 1.

2.2 Phương tiện thí nghiệm

Quá trình thực hiện thí nghiệm được tiến hành tại phòng X6.17, Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Trường Đại học Công nghiệp TP.HCM. Sâm đương quy được sấy trên máy sấy chân không kiểu mẻ có năng suất 1kg/mẻ sâm đương quy được cắt lát với kích thước 5mm, nhiệt độ và tác nhân sấy. Độ ẩm vật liệu sấy được xác định bằng máy đo độ ẩm vật liệu DAB 100-3 của hãng Kern, Đức, sai số độ ẩm là $\pm 0,01\%$. Thời gian lấy mẫu là 60 phút/lần.



1- Buồng sấy; 2- Máy hút chân không; 3- Tủ điện;
4- Van điều chỉnh áp suất và đồng hồ hiển thị; 5- Đồng hồ đo áp suất.

Hình 1: Mô hình máy sấy chân không dạng mẻ.

2.3 Xây dựng đường cong sấy bằng mô hình thực nghiệm

Định luật khuếch tán thứ hai của Fick được sử dụng để mô tả quá trình khuếch tán ẩm:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{\text{eff}} \nabla^2 M \quad (1)$$

Hệ số độ ẩm không thứ nguyên của các mẫu trong quá trình sấy được biểu thị bằng phương trình sau:

$$\text{MR} = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (2)$$

Do giá trị M_e nhỏ hơn nhiều so với M và M_0 nên đại lượng MR có thể được tính dưới dạng đơn giản hơn [5] mà sai số không đáng kể:

$$\text{MR} = \frac{M}{M_0} \quad (3)$$

Dạng giải tích đơn giản của phương trình khuếch tán ẩm của Fick cho vật liệu có hình dạng tấm phẳng, hình trụ hoặc hình cầu được sử dụng để tính toán hệ số khuếch tán ẩm hiệu dụng [6] khi bỏ qua sự co rút của vật liệu và xem như ẩm phân bố đều bên trong vật liệu sấy:

Tấm phẳng dài vô hạn:

$$\text{MR} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp\left[-(2n-1)^2 \frac{\pi^2 D_{\text{eff}} t}{L^2}\right] \quad (4)$$

Với thời gian sấy dài ($\text{MR} < 0,6$) và kích thước L bé thì phương trình có thể viết lại như sau:

$$\text{MR} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left[-\frac{\pi^2 D_{\text{eff}} t}{L^2}\right] \quad (5)$$

Các mô hình toán khác nhau đã được đề xuất nhằm xây dựng đường cong sấy phù hợp với thực tế. Các mô hình này được trình bày trong bảng 2, bao gồm các hệ số: a, b, k, n, g, k_0, k_1 phụ thuộc vào từng loại vật liệu sấy và chế độ sấy. Để xác định được các hệ số này, dữ liệu thực nghiệm được sử dụng cùng với phương pháp hồi quy phi tuyến và có thể tính toán bằng phần mềm Statgraphics.

Bảng 2: Tổng hợp mô hình toán xác định độ ẩm không thứ nguyên

Mô hình toán	Phương trình
Midilli kucuk[1]	$MR = a.exp(-k.t^n) + b.t$
Page[2]	$MR = exp(-k.t^n)$
Lorgarithmic[3]	$MR = a.exp(-k.t) + c$
Two-term[4]	$MR = a*.exp(-k_0.t) + b.exp(-k_1.t)$
Wang và Singh[5]	$MR = l + a.t + b.t^2$
Mô hình khuếch tán ẩm xấp xỉ (ADM) [6], [7]	$MR = a.exp(-k.t) + (1-a) exp(-k.b.t)$
Henderson và Pabis hiệu chỉnh[8]	$MR = a.exp(-k.t) + b.exp(-g.t) + c.exp(-h.t)$
Page hiệu chỉnh[9]	$MR = exp(-(k.t)^n)$
Henderson và Pabis[10]	$MR = a.exp(-k.t)$
Two term exponential[11]	$MR = a.exp(-k.t) + (1-a)exp(-k.a.t)$
Verma và cộng sự[12]	$MR = a.exp(k.t) + (1-a).exp(-g.t)$
Weibull và cộng sự [13]	$MR = a-b.exp(-k.t^n)$
Newton[14], [15]	$MR = exp(-k.t)$

Mức độ phù hợp của mô hình toán được xác định bằng các tham số thống kê như hệ số tương quan (R^2), chi bình phương (χ^2) và sai số toàn phương trung bình (MSE) hay dạng căn bậc hai (RMSE).

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2 \right]^{1/2} \tag{6}$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N - n} \tag{7}$$

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Xây dựng đường cong sấy

Kết quả sấy đương quy trên máy sấy chân không ở 6 nhiệt độ sấy khác nhau: 35, 40, 45, 50, 55 và 60°C, được tổng hợp và trình bày trong bảng 3. Để đạt được độ ẩm sản phẩm 10%, khi sấy với nhiệt độ 35°C thì thời gian sấy gấp 2,5 lần khi sấy ở nhiệt độ 60°C. Nhiệt độ sấy 40°C, 45°C, 50°C, 55°C chênh lệch thời gian sấy khoảng 1 tiếng (giá trị tối thiểu cho 1 lần lấy số liệu).

3.2 Động học quá trình sấy

Các dữ liệu thực nghiệm được xử lý trong phần mềm Statgraphics Centurion 18 bằng phương pháp hồi quy phi tuyến (nonlinear regression) theo 06 mô hình toán khác nhau (bảng 2). Kết quả phân tích dữ liệu được trình bày từ bảng 3. Trong nghiên cứu này, giá trị thời gian t trong các phương trình được tính theo phút.

Bảng 3: Kết quả xây dựng đường cong sấy theo các mô hình toán

Mô hình toán	Nhiệt độ sấy	Các hệ số								RMSE	R^2
		a	b	c	k	n	k_0	k_1	g		
Midilli kucuk	35°C	0,9979	-0,002	-	0,04	1,208				0,0153	0,9990
	40°C	0,9985	-0,0001		0,005	1,079				0,0131	0,9994
	45°C	0,9977	-0,0005		0,005	1,107				0,0118	0,9993
	50°C	1	-0,0005		0,0143 5	0933 1				0,0054	0,9999
	55°C	0,9983	-9,46e-05		0,0037	1,347				0,0126	0,9994
	60°C	1,003	3,538e-05		0,0023	1,5				0,0177	0,9989
Page	35°C	-	-	-	0,032	1,332	-	-	-	0,0221	0,9968

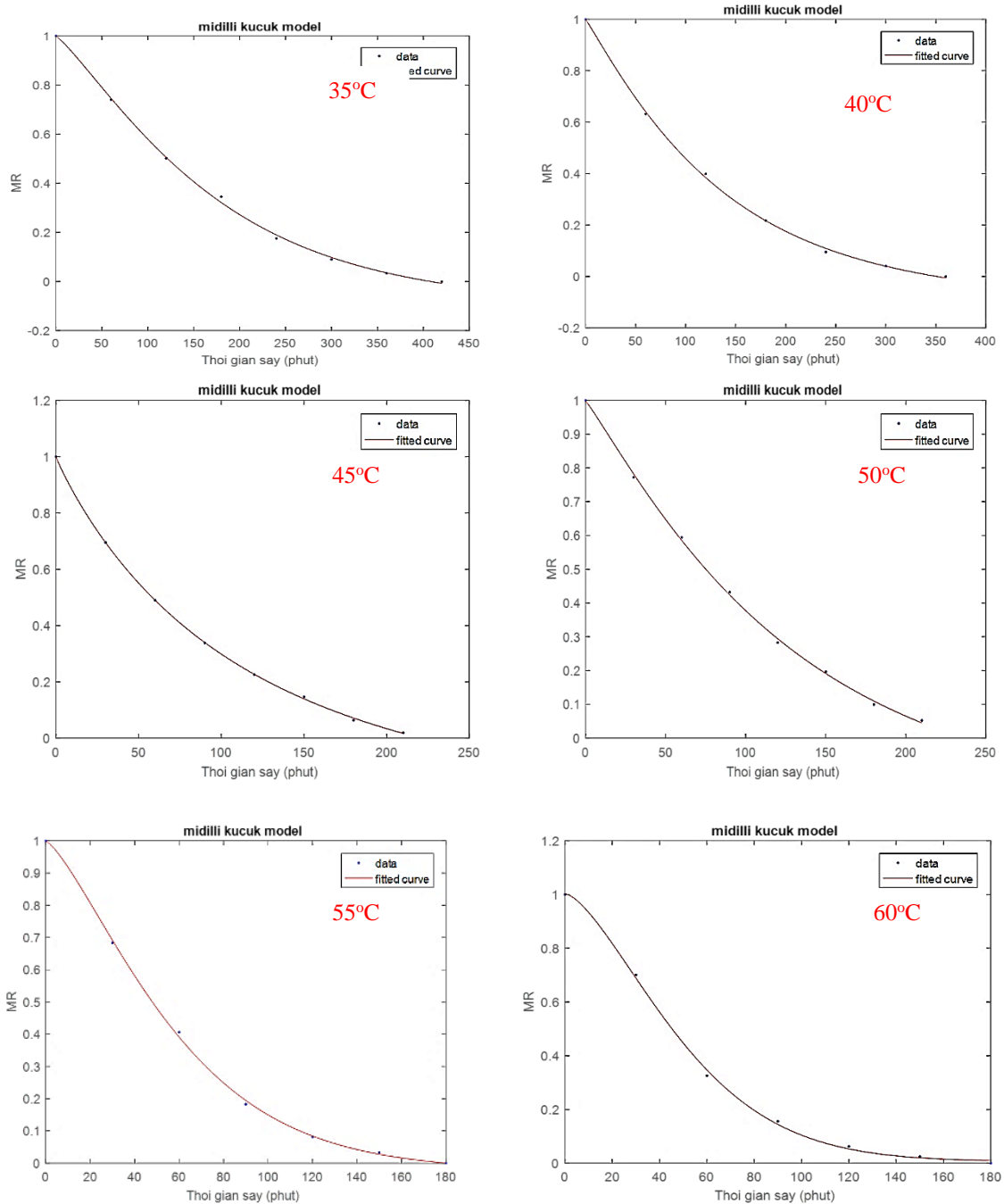
	40°C				0,003	1,203				0,0206	0,9974
	45°C				0,003	1,264				0,0198	0,997
	50°C				0,008	1,113				0,0218	0,9965
	55°C				0,003	1,388				0,0121	0,9991
	60°C				0,0024	1,483				0,0142	0,9989
Lorgarithmic	35°C	1,21	-	-0,19	0,56	-	-	-	-	0,0214	0,9975
	40°C	1,108		0,007	-0,1					0,0119	0,9993
	45°C	1,278		-0,2741	0,0067					0,0121	0,9991
	50°C	1,102		-0,1078	0,01					0,0093	0,995
	55°C	1,153		-0,135	0,013					0,0346	0,9944
	60°C	1,134		-0,105	0,015					0,0526	0,9876
Two-term	35°C	0,398	0,65	-	-	-	0,082	0,082	-	0,0605	0,9816
	40°C	0,39	0,6312				0,009	0,009	-	0,0479	0,9914
	45°C	0,4	0,64				0,011	0,01	-	0,0537	0,9855
	50°C	0,032	0,85				0,012	0,01	-	0,0871	0,9623
	55°C	0,2	0,83				0,017	0,017	-	0,0712	0,9823
	60°C	0,4931	0,554				0,019	0,019	-	0,0812	0,9778
Wang và Singh	35°C	-0,57	0,001	-	-	-	-	-	-	0,0102	0,9993
	40°C	-0,006	9,212e-06							0,0234	0,9966
	45°C	-0,008	1,538e-05							0,0079	0,9995
	50°C	-0,0094	2,293e-05							0,0297	0,9934
	55°C	-0,012	3,674e-05							0,0171	0,9983
	60°C	-0,013	4,16e-05							0,0365	0,9925
Mô hình khuếch tán âm xấp xỉ (ADM)	35°C	3,186	0,71	-	0,04	-	-	-	-	0,0201	0,9978
	40°C	0,0007	0,2		0,05					0,0429	0,9909
	45°C	0,0028	0,7		0,015					0,0517	0,9832
	50°C	0,0021	0,9392		0,014					0,0318	0,9937
	55°C	0,015	1		0,017					0,0648	0,9804
	60°C	0,9254	1		0,018					0,0743	0,9752
Henderson và Pabis hiệu chỉnh	35°C	0,08958	0,454	0,51	0,15				0,08	0,097	0,9796
	40°C	0,085	0,6365	0,31	0,5				0,008	0,1058	0,9861
	45°C	2,458e-05	3,556e-05	1,036	0,144				0,02	0,0759	0,9855
	50°C	0,002	2,987e-05	1,012	0,067				0,02	0,0494	0,9939
	55°C	1,42e-05	4,76e-08	1,038	0,024				0,6334	0,1229	0,9824
	60°C	3,671e-05	1,09e-05	1,043	0,035				0,051	0,1406	0,9778
Page hiệu chỉnh	35°C				0,075	1,332				0,0221	0,9968
	40°C				0,008	1,203				0,0206	0,9974
	45°C				0,01	1,263				0,0198	0,9970
	50°C				0,012	1,113				0,0218	0,9965
	55°C				0,016	1,388				0,0121	0,9991
	60°C				0,017	1,487				0,0142	0,9989
Henderson và Pabis	35°C	1,042			0,082					0,053	0,9816
	40°C	1,019			0,009					0,0371	0,9914
	45°C	1,036			0,01					0,0438	0,9855
	50°C	1,013			0,012					0,0284	0,9940
	55°C	1,038			0,017					0,0549	0,9824
	60°C	1,044			0,019					0,0629	0,9778
Two term exponential	35°C	1,864			0,113					0,0266	0,9954
	40°C	0,002			5,34					0,039	0,9908
	45°C	0,0005			21,43					0,0472	0,9832
	50°C	0,001			12,34					0,0292	0,9937

	55°C	0,0006			26,23				0,0581	0,9804
	60°C	0,0006			30,48				0,0665	0,9752
Verma và cộng sự	35°C	2,508e-14			0			0,079	0,0565	0,9791
	40°C	3,528e-14			0			0,009	0,0383	0,9909
	45°C	3,538e-14			0			0,01	0,0472	0,9833
	50°C	3,566e-14			0			0,013	0,0291	0,9937
	55°C	2,868e-14			0			0,017	0,058	0,9804
	60°C	3,123e-14			0			0,018	0,0664	0,9752
Weibull và cộng sự	35°C	-0,08	-1,1		0,04	1,186			0,0147	0,9991
	40°C	-0,08	-1,077		0,005	1,056			0,012	0,9994
	45°C	-0,168	-1,166		0,005	1,085			0,0114	0,9993
	50°C	-0,19	-1,19		0,014	0,911			0,0055	0,9998
	55°C	-0,019	-1,018		0,004	1,336			0,0124	0,9995
	60°C	-0,164	-1,215		0,262	0,33			0,2279	0,8251
Newton	35°C				0,08				0,0523	0,9791
	40°C				0,009				0,0343	0,9909
	45°C				0,01				0,0437	0,9833
	50°C				0,013				0,0269	0,9937
	55°C				0,017				0,0529	0,9804
	60°C				0,019				0,0606	0,9752

Dựa vào các kết quả phân tích trên 13 mô hình toán có các giá trị RMSE thấp nhất nên phù hợp với kết quả thực nghiệm. Nhưng kết quả về chỉ số hệ số tương quan (R^2) thì mô hình Midilli kucuk có giá trị này lớn hơn tất cả nên là mô hình phù hợp nhất với nghiên cứu của bài báo:

Bảng 4: Mô hình toán Midilli kucuk 6 mức nhiệt độ sấy

Nhiệt độ sấy (°C)	Phương trình $MR = a.exp(-k.t^n) + b.t$
35	$MR = 0,9979.exp(-0,04.t^{1,208}) - 0,002.t$
40	$MR = 0,9985.exp(-0,005.t^{1,079}) + 0,0001.t$
45	$MR = 0,9977.exp(-0,005.t^{1,107}) - 0,0005.t$
50	$MR = 1.exp(-0,01435.t^{0,9331}) - 0,0005.t$
55	$MR = 0,9983.exp(-0,0037.t^{1,347}) + (-9,46e-05).t$
60	$MR = 1,003.exp(-0,0023.t^{1,5}) + (3,538e-05).t$



Hình 2: Đường cong sấy đường quy ở mô hình Midilli kucuk 06 mức nhiệt độ sấy khác nhau

4 KẾT LUẬN

Thực nghiệm đã chứng minh rằng sấy sâm đương quy bằng máy sấy chân không có thể giúp giảm độ ẩm của sâm đương quy xuống mức an toàn và đảm bảo giữ nguyên hàm lượng hoạt chất của nó. Các thông số về nhiệt độ, thời gian sấy và áp suất chân không được điều chỉnh để đạt được kết quả tối ưu nhất. Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng sấy sâm đương quy ở nhiệt độ 60°C, trong khoảng thời gian 4 giờ và áp suất chân không 60 kPa là phù hợp nhất để đạt được hàm lượng hoạt chất cao và độ ẩm thấp nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] A. Midilli, H. Kucuk, Z. Yapar, A new model for single-layer drying, *Dry.Technol.* 20 (7) (2002) 1503–1513.

- [2] G.E. Page, *Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers*, M.S. Thesis, Department of Mechanical Engineering, Purdue University, USA, 1949.
- [3] I.T. Togrul, D. Pehlivan, Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers, *J. Food Eng.* 55 (2002) 209–216.
- [4] S.M. Henderson, Progress in developing the thin layer drying equation, *Trans. ASAE* 17 (1974) 1167–1168.
- [5] C.Y. Wang, R.P. Singh, Use of variable equilibrium moisture content in modelling rice drying, *Trans. ASAE* 11 (1978) 668–672.
- [6] A.S. Kassem, Comparative studies on thin layer drying models for wheat, in: *Proceedings of the 13th International Congress on Agricultural Engineering*, vol. 6, 2–6 February, Morocco, 1996.
- [7] O. Yaldiz, C. Erketing, H.I. Uzun, Mathematical modelling of thin layer solar drying of sultana grapes, *Energy*, 26 (2001) 457–564.
- [8] V.T. Karathanos, Determination of water content of dried fruits by drying kinetics, *J. Food Eng.* 39 (1999) 337–344.
- [9] G.M. White, et al., Fully exposed drying of popcorn, *Trans. ASAE* 24 (1981) 466–468.
- [10] S.M. Henderson, S. Pabis, Grain drying theory. II. Temperature effects on drying coefficients, *J. Agric.* 44 (1961) 1111–1122.
- [11] Y.I. Sharaf-Elden, et al., A model for ear corn drying, *Trans. ASAE* 5 (1980), 1261–1265.
- [12] L. Verma, et al., Drying effects of drying air parameters on rice drying models, *Trans. ASAE* 85 (1985) 296–301.
- [13] Corzo, O., Bracho, N., Pereira, A., & Vásquez, A. (2008). Weibull distribution for modeling air drying of coroba slices. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10), 2023-2028.
- [14] Ceylan, İ., Aktaş, M., & Doğan, H. (2007). Mathematical modeling of drying characteristics of tropical fruits. *Applied Thermal Engineering*, 27(11-12), 1931-1936.
- [15] Vega, A., Fito, P., Andrés, A., & Lemus, R. (2007). Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo). *Journal of food Engineering*, 79(4), 1460-1466.

YSC5.F231

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM SẤY NGÒ RÍ BẰNG TIA HỒNG NGOẠI

TRẦN VŨ NGUYỄN, LƯƠNG QUANG TUẤN, LÊ ANH KIÊN, NGUYỄN TRỌNG TÍNH,
TRẦN TRỌNG TRÍ, BUI TRUNG THÀNH

Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

**Tác giả liên hệ: buitrungthanh@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Bài báo trình bày kết quả thực nghiệm sấy Ngò rí bằng tia hồng ngoại trên mô hình máy sấy bức xạ hồng ngoại. Thực nghiệm được thực hiện sấy ở 3 chế độ nhiệt độ gồm 50°C, 60°C và 80°C, và vận tốc không khí trong buồng sấy được duy trì ổn định ở mức 3,9 m/s. Kết quả thực nghiệm cho kết quả sấy Ngò rí có độ ẩm nguyên liệu 87%, nhiệt độ không khí trong buồng duy trì ở 60°C cho kết quả thời gian sấy là 3h, độ ẩm sản phẩm đạt độ ẩm 9,86% và tiêu hao điện năng riêng là 2.5 kWh/kg ẩm.

Từ khóa. Sấy Ngò rí, sấy hồng ngoại, độ ẩm vật liệu sấy.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF INFRAED DRYING FOR CORIANDER

Abstract. This paper presented experimental results of the coriander drying by the infrared radiation dryer model, which is heated by infrared light bulbs. The experiments was carried out to dry the fresh coriander with the initial moisture content of coriander is 87% at the 3 temperature modes of 50°C, 60°C, 80°C with air velocity in the chamber which maintained at 3.9 m/s. Experimental research results obtained a good resume such as at temperature of 60°C, drying time is 3 hours, the finished product of coriander is 9.86% and the specific power consumption is 2.5 kWh/kg of water.

Keywords. Coriander drying, infrared drying, moisture content.

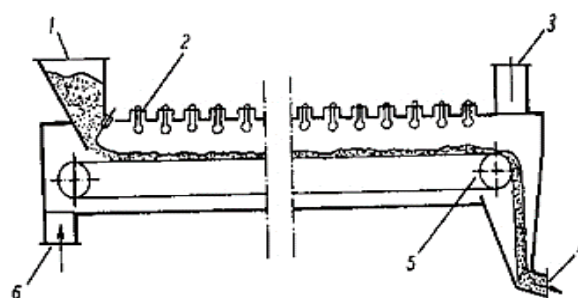
1 GIỚI THIỆU

Những năm trở lại đây, nghiên cứu sấy nông sản – thực phẩm bằng tia hồng ngoại nhằm hướng đến việc xây dựng chế độ sấy phù hợp với từng loại thực phẩm để đưa ra thị trường sản phẩm tốt nhất được các nhà khoa học trên thế giới và Việt Nam quan tâm nghiên cứu, ứng dụng đã đem lại kết quả khả quan. Đối với trong nước có tác giả Đoàn Thị Hồng Hải và các cộng sự [1] đã nghiên cứu hiệu quả của việc sấy khô Thanh Long bằng máy sấy hồng ngoại, nguồn nhiệt được cấp từ các bóng đèn hồng ngoại, máy được bố trí thêm một quạt hút ẩm để tăng quá trình thải ẩm ra ngoài. Thanh long được cân, cắt lát theo kích thước 5mm và được bố trí đều trên các khay sấy, nhiệt độ không khí nóng cấp vào buồng sấy ở 60°C với cường độ bức xạ 5kW/m², sấy trong khoảng thời gian 11h. Kết quả sấy cho ra sản phẩm có chi phí năng lượng cho 1kg sản phẩm thanh long sấy là 10kWh/kg, độ ẩm của sản phẩm sấy 12.2%, độ tổn thất hàm lượng Vitamin là 9.8%. Kang và các cộng sự (2011) [2] đã nghiên cứu sấy mực bằng phương pháp sấy không khí nóng và sấy bức xạ hồng ngoại. Nhóm tác giả tiến hành thực nghiệm tại các mức nhiệt độ TNS 40°C, 50°C, 60°C ở các vận tốc TNS 0,6, 0,8, 1,2 m/s. Kết quả cho thấy khi sấy bức xạ hồng ngoại, tốc độ sấy nhanh và tiết kiệm năng lượng hơn. Tại nhiệt độ TNS 40°C và vận tốc TNS 0,8 m/s, phương pháp sấy bức xạ hồng ngoại tiết kiệm 37,4% năng lượng so với phương pháp sấy không khí nóng. Bên cạnh đó, khi sấy bức xạ hồng ngoại cho thấy số lượng vi khuẩn hiếu khí giảm, màu sắc ít thay đổi và độ cứng của mực thấp hơn so với các phương pháp sấy khác. Ježek và cộng sự (2008) [3] đã nghiên cứu quá trình mất nước của cần tây khi sấy bằng bức xạ hồng ngoại ở nhiệt độ 50°C và 75°C. Kết quả đã chỉ ra rằng: thời gian mất nước phụ thuộc vào hàm lượng của các thành phần dễ bay hơi trong các mẫu cần tây, tức là hàm lượng các thành phần này càng cao thì thời gian loại bỏ chúng càng dài. Nathakaranakule và cộng sự (2010)[4], đã nghiên cứu thực nghiệm sấy nhãn sử dụng bức xạ hồng ngoại kết hợp bơm nhiệt. Nhóm tác giả đã nhận xét bức xạ hồng ngoại giúp tăng tốc độ sấy, do đó thời gian sấy giảm, cấu trúc của lòng nhãn xốp hơn, ít tổn hao về sản lượng khi sấy khô

và tỷ lệ hồi ẩm cao hơn, giảm độ cứng và trở nên mềm dẻo, màu sắc nhẵn khô đỏ và sẫm hơn các mẫu thử không sử dụng bức xạ hồng ngoại. Kết quả cũng cho thấy năng lượng khi sấy có sự hỗ trợ của hồng ngoại thấp hơn khi sấy bơm nhiệt thông thường. Meeso (2007) [5] khi nghiên cứu lý thuyết bằng việc giải mô hình toán của QTS lúa có bức xạ hồng ngoại cho thấy mô hình có bức xạ hiệu quả hơn trong việc giảm ẩm và nhiệt độ bên trong hạt lúa. Swasdisevi cùng các cộng sự (2007) [6] đã chỉ ra quá trình làm khô lát chuối sử dụng sóng hồng ngoại trong môi trường chân không có tốc độ làm khô sản phẩm tốt hơn các phương pháp khác.

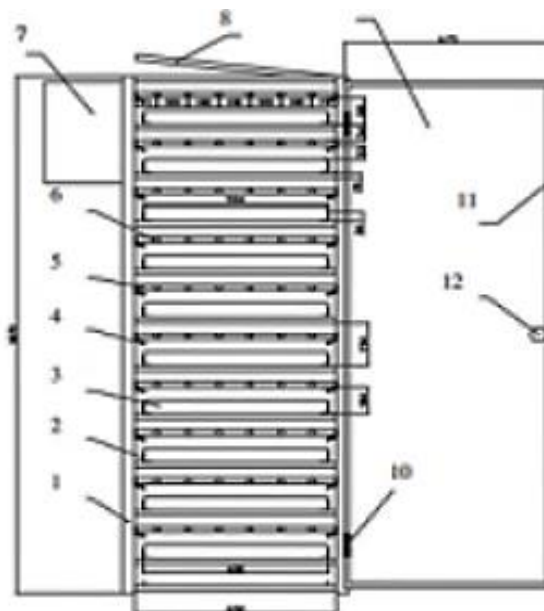


Hình 1. Hình ảnh thiết bị sấy thanh long bằng tia hồng ngoại.



1. Cửa nạp vật sấy ẩm; 2. Các bóng đèn công suất lớn;
3. Cửa khí thải; 4. Cửa sản phẩm sấy; 5. Băng tải;
6. Cửa không khí vào.

Hình 2. Hệ thống sấy bằng tải bức xạ -đổi lưu



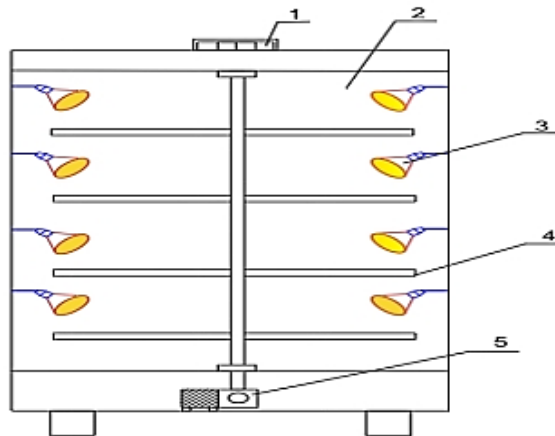
1. Khung máy; 2. Giá đỡ khay; 3. Khay sấy; 4. Ezector (thoát ẩm); 5. Giá đỡ thanh gốm hồng ngoại;
6. Thanh gốm hồng ngoại; 7. Tủ điều khiển; 8. Cửa thoát ẩm; 9. Cửa tủ sấy; 10. Bàn lê; 11. Gloang cao su;
12. Tay nắm

Hình 3. Thiết bị sấy thóc sử dụng gốm bức xạ hồng ngoại.

Đối với lĩnh vực sấy Ngò rí có tác giả Nguyễn Thị Hiền đã khảo sát tác động của nhiệt độ và thời gian sấy đến chất lượng của ngò rí, nghiên cứu cho thấy rằng sấy ngò rí bằng điện với nhiệt độ 60°C trong 4 giờ là phương pháp tối ưu để giảm độ ẩm và giữ được hương vị và màu sắc của ngò rí. Nhằm có cơ sở phát triển sấy rau củ bằng sấy hồng ngoại nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu, thực nghiệm xây dựng chế độ sấy hồng ngoại. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm sấy Ngò rí trên mô hình sấy hồng ngoại. Thực nghiệm được thực hiện tại khoa Công nghệ Nhiệt Lạnh, Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh vào thời điểm mùa khô, nhiệt độ trung bình ngoài trời 33 °C, độ ẩm môi trường trung bình của không khí 68%. Trong nghiên cứu thực nghiệm nhóm nghiên cứu tìm vùng nhiệt độ tác nhân sấy hợp lý ảnh hưởng độ ẩm sản phẩm và tiêu hao điện năng riêng.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Nguyên lý hoạt động của mô hình sấy bằng tia hồng ngoại



1. Quạt thái ẩm; 2. Buồng sấy; 3. Bóng đèn hồng ngoại; 4. Khay chứa vật liệu; 5. Động cơ.

Hình 4. Sơ đồ máy sấy hồng ngoại

Thiết bị sấy sau khi khởi động sẽ được cài đặt nhiệt độ sấy và thời gian sấy phù hợp. Sau đó ta sử dụng bộ điều khiển chỉnh công suất để tăng dần độ sáng của đèn và bắt đầu quá trình sấy. Trong khi sấy, nếu nhiệt độ của buồng sấy tăng lên quá cao so với nhiệt độ cài đặt thì sẽ có 2 trường hợp:

-TH 1: Lúc này ta sẽ dùng bộ điều chỉnh công suất để hạ độ sáng của đèn hồng ngoại xuống để giảm nhiệt độ buồng sấy xuống mức phù hợp.

-TH 2: Ta sử dụng mạch điều khiển đèn tự động để ngắt đèn sấy dựa trên các cảm biến nhiệt độ, lúc này quạt hút ẩm sẽ đưa nhiệt lượng thừa ra ngoài để giảm nhiệt độ trong buồng sấy xuống. Sau khi nhiệt độ buồng sấy được hạ thấp xuống dưới mức cài đặt sẽ lặp đi lặp lại cho đến khi hết thời gian sấy đã cài đặt. Sau khi hết thời gian sấy thì chuông báo của thiết bị sẽ reo lên thông báo cho người vận hành quá trình sấy đã xong. Sau đó thiết bị sẽ tự động tắt. Kết thúc quá trình sấy.

2.2 Kết cấu buồng sấy vật liệu

Buồng sấy Ngò rí có kết cấu như Hình 5, kích thước tổng thể 1250 x 800mm bên trong bố trí 4 khay sấy, kích thước khay có đường kính 600mm, khoảng cách giữa các khay sấy là 220mm.

2.3 Các thông số công nghệ của quá trình sấy và cách xác định

a) Chiều dày vật liệu (mm): Độ dày lớp vật liệu ảnh hưởng đến thời gian sấy. Mật độ nguyên liệu ngò rí được bố trí trên khay phạm vi từ 2-5kg/m². Chiều dày lớp ngò rí khi tính toán và kiểm chứng đo lại bằng thước lá.

b) Nhiệt độ tác nhân sấy (°C): là một trong thông số chính của quá trình sấy, nhiệt độ tác nhân sấy trong thực nghiệm được chọn ở ba nhiệt độ 50°C, 60 °C, 80 °C. Nhiệt độ tác nhân sấy được hiệu chỉnh thông qua hộp điều khiển và được theo dõi bằng đồng hồ đo nhiệt độ. Thông số và độ chính xác các dụng cụ đo và kiểm tra theo Bảng 1.

c) **Thời gian sấy (giờ):** thời gian sấy trong nghiên cứu này là thời gian được tính từ lúc bắt đầu cấp TNS vào buồng sấy được tính theo PT1.

$$t_s = t_{kt} - t_{bd} \quad (1)$$

Với:

t_s - thời gian sấy (giờ);

t_{kt} - thời gian bắt đầu (TNS) (giờ);

t_{bd} - thời gian mà TNS bắt đầu không đạt mức nhiệt độ theo yêu cầu (giờ);

2.4 Các kết quả đánh giá quá trình sấy

a) **Độ ẩm sản phẩm (%)** là thông số đánh giá chất lượng sản phẩm sấy. Độ ẩm của ngò rí được tính theo độ ẩm tương đối, được xác định theo PT2

$$M_{wb} = \frac{G1 - G2}{G1} (100\%) \quad (2)$$

Với:

M - độ ẩm tương đối (%);

- khối lượng ngò rí ban đầu (g);

- Khối lượng ngò rí lúc đo kiểm (g);

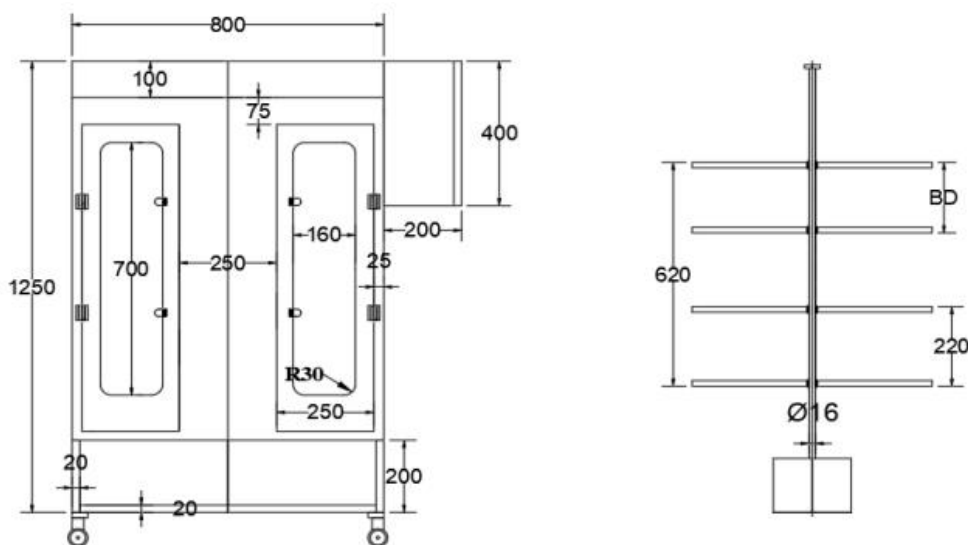
b) **Tiêu hao điện năng riêng (kWh/kg ẩm):** là mức tiêu thụ điện năng để làm bay hơi 1kg ẩm trong quá trình sấy, được xác định theo PT3

$$N_i = \frac{N}{W} \left(\frac{kWh}{kg \text{ ẩm}} \right) \quad (3)$$

N_i - tiêu thụ điện năng riêng (kWh/kg ẩm);

W - tổng lượng nước bay hơi từ VLS (kg);

N - tổng tiêu thụ điện trên các thiết bị có trong mô hình thí nghiệm sấy (kWh);



Hình 5. Kết cấu buồng sấy và bố trí khay sấy của mô hình

2.5 Dụng cụ phục vụ đo đạc trong thí nghiệm

Bảng 1 Sử dụng dụng cụ đo để xác định các thông số công nghệ của quá trình sấy

TT	Tên thiết bị	Độ phân giải	Model	Hãng sản xuất	Độ chính xác
1	Máy đo bức xạ mặt trời	0.1 W/m ²	TM-206	TENMARS-Đài Loan	
2	Máy đo vận tốc	0.1m/s	410-2	TESTO-Đức	2m/s
3	Cân điện tử	1g	SW-1	CAS-Mỹ	1g

2.6 Mục đích nghiên cứu và thực nghiệm

Nghiên cứu được thực hiện nhằm xác định giá trị nhiệt độ TNS đến độ ẩm sản phẩm sấy và tiêu thụ điện năng riêng theo thời gian diễn ra quá trình sấy.

2.7 Bố trí thí nghiệm

Ngò rí là tươi được loại bỏ gốc, lá nhỏ, hỏng, được rửa sạch, để ráo, cắt khúc có kích thước từ 3-5mm và độ ẩm ban đầu đo được là 87%. Khối lượng nguyên liệu ngò rí tươi là 2,24kg, được chia đều cho 4 khay sấy (khối lượng nguyên liệu sấy trên đều chia đều trên mỗi khay 0.56 kg), độ dày lớp ngò rí trên mỗi khay được đo kiểm tra lại bằng thước lá có chiều cao $h=3\text{cm}$. Nhiệt độ TNS cấp vào buồng sấy được điều chỉnh 3 mức 50°C , 60°C , 80°C , vận tốc không khí lưu chuyển qua các khay sấy được điều chỉnh cố định $3,9\text{m/s}$ thông qua một quạt hút bố trí phía trên buồng sấy. Các thông số liên quan cường độ bức xạ bóng đèn hồng ngoại, nhiệt độ ẩm của vật liệu sấy. Kết quả số liệu trong bảng thực nghiệm được xử lý sau khi đo được.



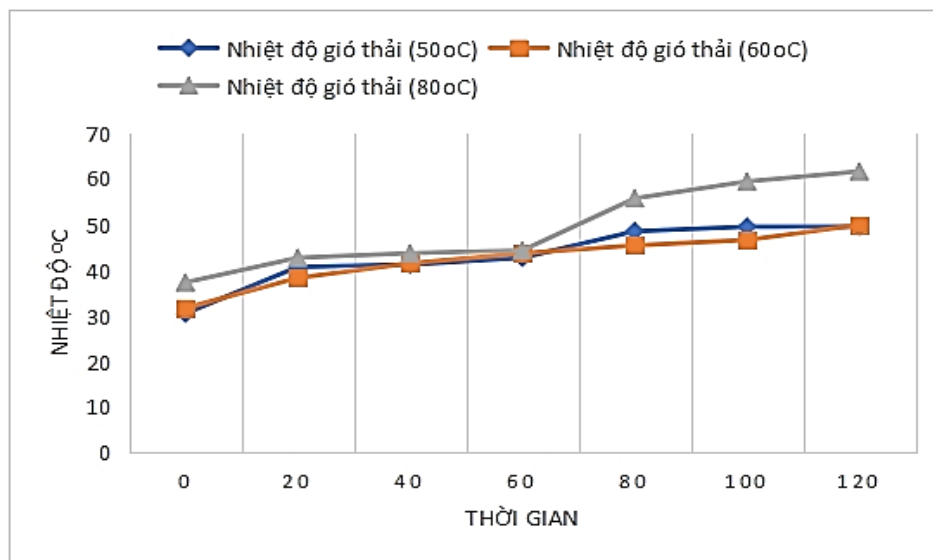
Hình 6. Ngò rí được đưa vào rổ và cân kiểm tra trước khi xếp vào buồng sấy

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Khảo sát xác định biến thiên của các thông số công nghệ sấy theo cường độ bức xạ

Bảng 2. Kết quả giá trị của số liệu bức xạ tia hồng ngoại, nhiệt độ môi trường, nhiệt độ không khí theo thời gian ứng với nhiệt độ cấp vào buồng sấy thực nghiệm

TT giờ theo dõi TN	Thời gian sấy (phút)	Nhiệt độ TNS 50°C			Nhiệt độ TNS 60°C			Nhiệt độ TNS 80°C		
		BXHN (W/m^2)	Nhiệt độ môi trường ($^{\circ}\text{C}$)	Nhiệt độ gió thổi ($^{\circ}\text{C}$)	BXHN (W/m^2)	Nhiệt độ môi trường ($^{\circ}\text{C}$)	Nhiệt độ gió thổi ($^{\circ}\text{C}$)	BXHN (W/m^2)	Nhiệt độ môi trường ($^{\circ}\text{C}$)	Nhiệt độ gió thổi ($^{\circ}\text{C}$)
0	0	146.8	32	30.5	133.7	31.6	31.7	168.4	32	37.3
1	20	155.2	32.5	40.7	133.7	32	38.3	162	33.3	42.7
2	40	57.7	33.1	41.2	89.9	31	41.5	172.8	34.4	43.7
3	60	191.1	33.3	42.7	73.3	31.3	43.7	176.2	34.8	44.3
4	80	192.5	33.9	48.5	172	31.5	45.4	191.3	35.4	55.7
5	100	153.4	34.4	49.5	140.6	31.6	46.6	171.6	35.8	59.4
6	120	196	34.7	49.5	184.5	31.7	49.9	185.4	33.6	61.6



Hình 7. Đồ thị hiển thị sự thay đổi nhiệt độ gió thổi theo thời gian ứng với 3 chế độ nhiệt độ TNS

Nhận xét kết quả: Kết quả thực nghiệm ở bảng 2 cho thấy:

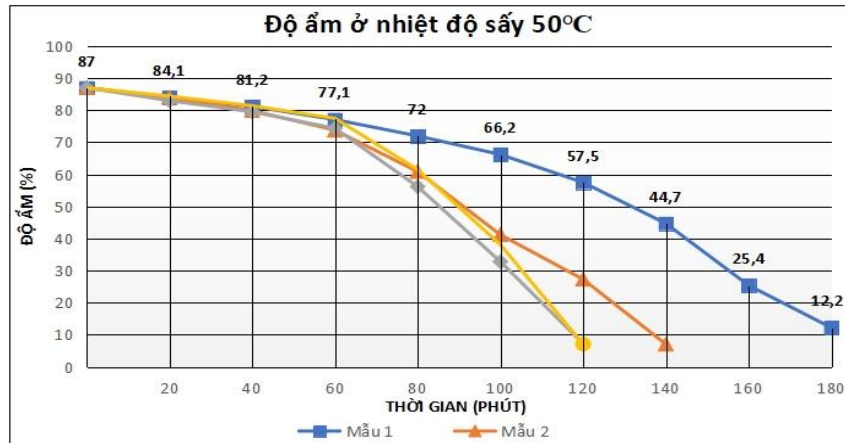
- Nhiệt độ gió thổi chênh lệch với nhiệt độ môi trường từ 2- 15°C và nhiệt độ gió thổi cao nhất ở nhiệt độ 80°C, sau đó giảm dần ở nhiệt độ 50°C, 60°C.
- Cường độ bức xạ hồng ngoại tăng dần và đạt đỉnh ở 80 phút, trong các ngày thực nghiệm trung bình là 198 W/m².
- Tại nhiệt độ 80°C nhiệt độ cao nhất 61.6°C. Như vậy ta có thể thấy nếu sấy ở nhiệt độ cao độ ẩm sẽ được hút ra bên ngoài được tối đa nhất.

Bảng 3. Kết quả giá trị của số liệu độ ẩm theo thời gian

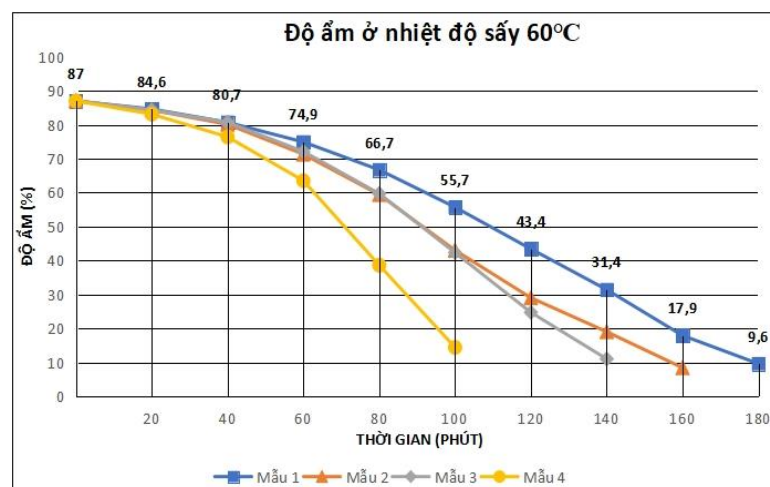
	Nhiệt độ 50°C				Nhiệt độ 60°C				Nhiệt độ 80°C			
	Mẫu khay1	Mẫu khay2	Mẫu khay3	Mẫu khay4	Mẫu khay1	Mẫu khay2	Mẫu khay3	Mẫu khay4	Mẫu khay1	Mẫu khay2	Mẫu khay3	Mẫu khay4
0	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
1	84	84	83	84,4	84,6	84,3	84,3	83,1	82,1	81,3	80,2	78,5
2	81,2	79,9	79,5	81,4	80,7	80,1	80,7	76,4	75,2	74,1	70,2	47,8
3	77,1	73,8	74,4	77,5	74,9	71,3	72,1	63,5	62,6	60,1	50,6	12,7
4	72	60,9	56,2	61,5	66,7	59,4	59,7	38,6	41,1	31,5	36,9	9,2
5	66,2	41,2	32,8	38,1	55,7	43	42,3	14,4	24,3	7,9	27,5	
6	57,5	27,3	7,2	7,07	43,4	29	24,7		9,9		9,8	
7	44,7	7,06			31,4	19	11					
8	25,4				17,9	8,4						
9	12,2				9,6							

Nhận xét kết quả ở Bảng 3 và Hình 9, 10, 11 như sau:

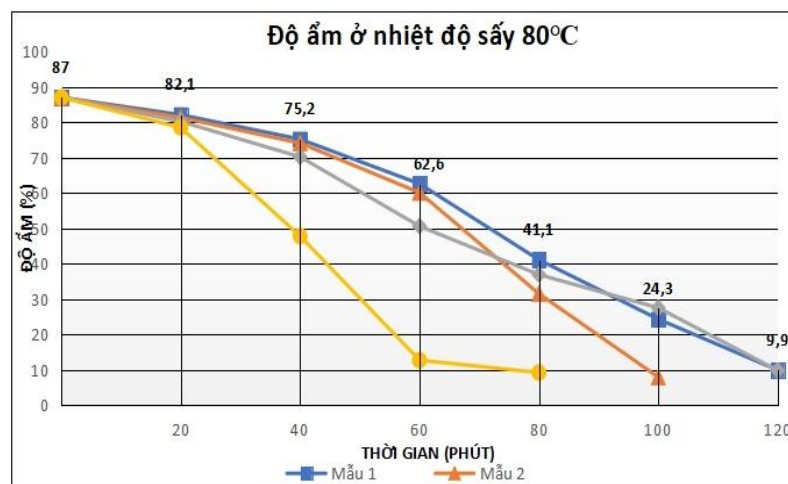
- Độ ẩm của vật liệu sẽ giảm dần theo thời gian sấy, đặc biệt là ở mẫu 4 tất cả ở các nhiệt độ sấy thì nhiệt độ ở mẫu 4 sẽ khô nhanh hơn so với các mẫu còn lại vì mẫu 4 được nằm gần quạt hút ẩm nên sẽ khô nhanh hơn so với các mẫu còn lại.
- Thời gian sấy của nhiệt độ sẽ khác nhau ở nhiệt độ 80°C sẽ được rút ngắn hơn so với 2 nhiệt độ 50°C và 60°C. Cần mất 120 phút để các mẫu đạt đến độ ẩm cần thiết khi sấy ở mức nhiệt độ 80°C còn ở nhiệt độ 50°C, 60°C phải mất đến 180 phút để toàn bộ mẫu khô đến độ ẩm bảo quản.



Hình 8. Đồ thị hiển thị sự thay đổi của độ ẩm theo thời gian khi được sấy ở nhiệt độ 50°C.



Hình 9. Đồ thị hiển thị sự thay đổi của độ ẩm theo thời gian khi được sấy ở nhiệt độ 60°C.



Hình 10. Đồ thị hiển thị sự thay đổi của độ ẩm theo thời gian khi được sấy ở nhiệt độ 80°C.

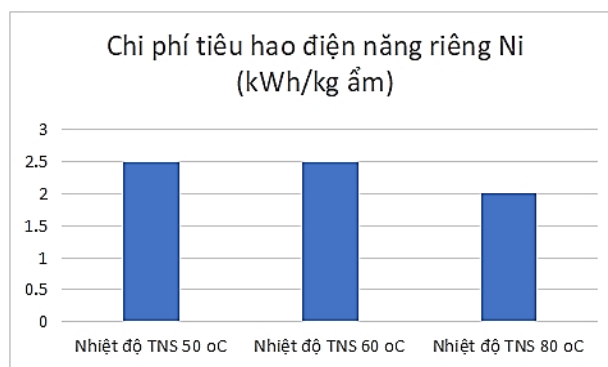
3.2 Xây dựng đồ thị so sánh tiêu hao điện năng riêng ở 3 chế độ sấy

Căn cứ vào bảng tiêu hao điện năng trong quá trình sấy với lượng ẩm bay hơi từ vật liệu sấy theo thời gian sấy, nghiên cứu đã xác định được tiêu hao điện năng riêng theo Bảng 4 và hình 11 ta có nhận xét như sau:

- Điện năng tiêu thụ riêng ở nhiệt độ 80°C là thấp nhất, tuy nhiên chênh lệch không lớn nhiều so với nhiệt độ TNS 50°C và 60°C.

Bảng 4. Điện năng tiêu thụ tương ứng với mỗi nhiệt độ TNS

Giá trị nhiệt độ	Tổng tiêu hao điện N (kWh)	Chi phí tiêu hao điện năng riêng Ni (kWh/kg ẩm)
Nhiệt độ TNS 50°C	5	2,5
Nhiệt độ TNS 60°C	5	2,5
Nhiệt độ TNS 80°C	4	2



Hình 11. Biểu đồ so sánh tiêu thụ điện năng riêng theo nhiệt độ

4 KẾT LUẬN VÀ THẢO LUẬN

Thực nghiệm sấy Ngò rí bằng tia hồng ngoại được tiến hành trong thời gian mùa khô tại TP. Hồ Chí Minh, nhiệt độ không khí môi trường và độ ẩm tương đối của không khí trung bình tương ứng là 33°C và 65%, nhiệt độ trong buồng sấy được điều chỉnh ở 3 mức độ 50°C, 60°C và 80°C, vận tốc không khí lưu chuyển qua các khay sấy được điều chỉnh cố định 3,9m/s. Cho thấy ở nhiệt độ không khí trong buồng sấy ở 60°C cho kết quả tốt nhất, thời gian sấy phạm vi 3giờ, độ ẩm sản phẩm đạt yêu cầu bảo quản là 9,86% sản phẩm sấy giữ được màu sắc tự nhiên của Ngò rí và tiêu hao điện năng 2,5 kWh/kg ẩm.

TÀI LIỆU KHAM KHẢO

- [1] Đoàn Thị Hồng Hải và các cộng sự, Nghiên cứu sấy khô Thanh Long bằng máy sấy hồng ngoại, nguồn nhiệt được cấp từ các bóng đèn hồng ngoại, Tạp chí Cơ học chất lỏng và khoa học Nhiệt, Số 2, 2022.
- [2] Kang và các cộng sự, Nghiên cứu sấy mực bằng phương pháp sấy không khí nóng và sấy bức xạ hồng ngoại, Tạp chí Biosystems, Vol 2, 2011.
- [3] Ježek và cộng sự, Nghiên cứu quá trình mất nước của cần tây khi sấy bằng bức xạ hồng ngoại, Tạp chí Acta 81 ISSN 325-331, 2008.
- [4] Nathakaranakule A., Jaiboon P, Soponronnarit S, Bức xạ hồng ngoại xa hỗ trợ làm khô quả nhãn, Tạp chí kỹ thuật thực phẩm vol 100, ISSN 662-668, 2010.
- [5] Meeso, Nghiên cứu lý thuyết bằng việc giải mô hình toán của QTS lúa có bức xạ hồng ngoại cho thấy mô hình có bức xạ, Journal of food engineering, vol78 4, ISSN 1248-1258, 2007.
- [6] Swasdisevi cùng các cộng sự, Nghiên cứu sấy khô lát chuối sử dụng sóng hồng ngoại trong môi trường chân không, Tạp chí khoa học Công nghệ ISSN 809-816, 2007.

YSC5.F232

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ SẤY CHUỐI THÁI LÁT BẰNG MÁY SẤY LẠNH NGUYÊN LÝ BƠM NHIỆT CÓ CẤP BỔ SUNG NHIỆT BẰNG ĐIỆN TRỞ

NGUYỄN BẢO DUY*, ĐỖ HOÀNG LÂM, ĐỖ QUỐC VŨ, KIỀU MINH TRUNG, LỘC ĐÌNH VĂN, BÙI TRUNG THÀNH

Bộ môn Công nghệ Nhiệt lạnh, Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

Email liên hệ: buitrungthanh@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Bài báo trình bày nghiên cứu thực nghiệm sấy chuối thái lát có độ ẩm ban đầu 70%, có chiều dày 3mm trên mô hình sấy lạnh bằng bơm nhiệt có cấp bổ sung nhiệt bằng điện trở năng suất 500g/m² tại Khoa Công Nghệ Nhiệt Lạnh. Kết quả đánh giá được dựa vào việc xây dựng 2 chế độ sấy gồm thải bỏ tác nhân sấy (không hồi lưu) và chế độ sấy hồi lưu 100% khí thải với vận tốc tác nhân sấy 0,675 m/s, nhiệt độ 51°C. Kết quả thực nghiệm cho thấy ở chế độ sấy thải bỏ tác nhân có thời gian sấy là 7 giờ, đạt độ ẩm bảo quản 8%, tiêu hao điện năng 4,61 kWh/kg ẩm. Ở chế độ sấy hồi lưu 100% khí thải cùng trong thời gian sấy 7 giờ cho sản phẩm sấy đạt độ ẩm 7,6% và tiêu hao điện năng riêng là 2,56 kWh/kg ẩm.

Từ khóa. Sấy chuối thái lát, sấy lạnh nguyên lý bơm nhiệt, độ ẩm vật liệu sấy, độ ẩm sản phẩm sấy.

EXPERIMENTAL STUDY ON DETERMINATION OF SLICED BANANAS DRYING ON THE MODERN OF HEAT PUMP DRYER WITH WITH ADDITIONAL HEAT SUPPLYING BY A RESISTANCE

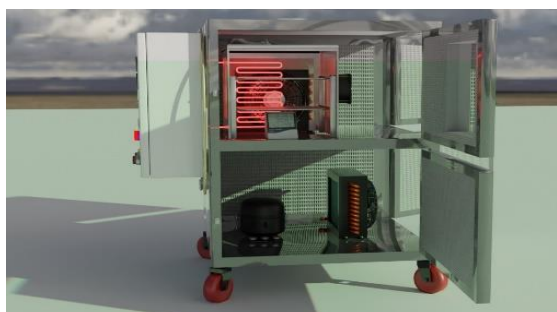
Abstract. This paper presented experimental research of sliced bananas drying with the initial moisture content of 70%, the slide thickness of 3mm and its capacity of 500g/batch on a heat pump freeze-drying model having a resistance heat addition. The evaluation results are based on the two drying regimes including removal of the drying agent (no reflux) and the return 100% of exhaust gas with the drying agent velocity of 0.675 m/s, air temperature of 51°C. Experimental results showed that the mode of the agent removal obtained the drying time was 7 hours, moisture content of finished product gained 8% with the specific electrical and heat energy consuming was 4.61 kWh/kg of moisture. The model of 100% exhaust gas returning obtained the drying time of 7 hours, the finished product moisture content was 7.6% and the specific electrical and heat energy consumption was 2.56 kWh/kg of moisture.

Keywords. Sliced banana drying, heat pump dryer, ininitial moisture coontents, final moisture content.

1 GIỚI THIỆU

Trong những năm trở lại đây việc sử dụng phương pháp sấy để bảo quản sản phẩm đang ngày càng trở nên phổ biến và sử dụng nhiều và phát triển rộng rãi vào các ngành chế biến nông, thủy, hải sản và thực phẩm. Sấy không chỉ đơn thuần là tách nước và hơi nước ra khỏi vật liệu mà là quá trình công nghệ phức tạp đòi hỏi, vật liệu sau khi sấy phải đảm bảo chất lượng theo một chỉ tiêu nào đó với mức phí năng lượng (điện năng, nhiệt năng) tối thiểu [1]. Để có thể có được đạt được các chỉ tiêu về chất lượng sản, thì ta phải chọn các chế độ sấy phù hợp với từng loại vật liệu [1][2][3]. Việc chọn vật liệu sấy cũng là một trong những yếu tố rất quan trọng, vì bên trong các dạng vật liệu sấy có liên kết giữa nước và vật liệu, nếu muốn tách ra khỏi vật ẩm cần có nguồn năng lượng bằng hay lớn hơn năng lượng liên kết của nó với vật ẩm, để có thể lựa chọn phương pháp tách nước tốt nhất [4]. Sau khi lựa chọn vật liệu xong, ta sẽ chọn đến phương pháp sấy, việc lựa chọn chế độ sấy là vô cùng quan trọng. Tạo ra các công nghệ bảo quản thực phẩm là một trong

những việc quan trọng cần phải phát triển bền vững. Tuy nhiên bên cạnh những ưu điểm nhất định [4] thì vẫn còn hạn chế về màu sắc, chất lượng dinh dưỡng ngoài việc bảo quản sản phẩm lâu hư, thì việc duy trì chất lượng cảm quan và chất dinh dưỡng cũng rất cần thiết, đòi hỏi phải sử dụng một phương pháp sấy tiên tiến hơn [4] và một trong những phương pháp được nhắc đến đó là sấy lạnh [1][2][3][4]. Bài báo này sẽ trình bày kết quả thực nghiệm sấy chuỗi thái lát trên mô hình máy sấy lạnh có cấp nhiệt bổ sung điện trở.



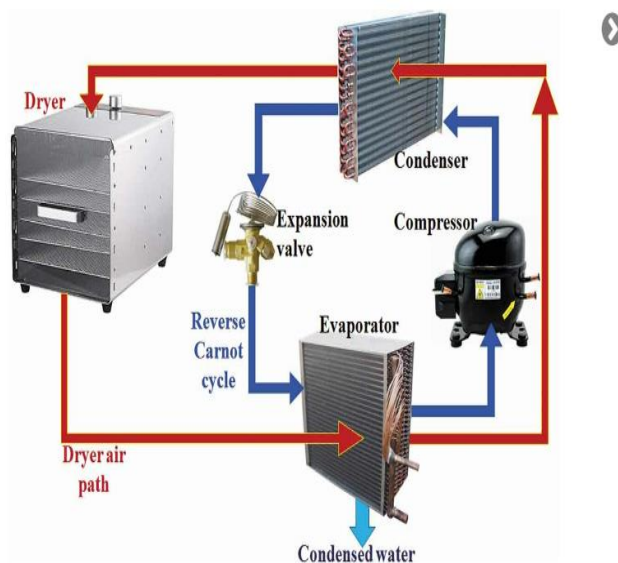
Hình 1. Cấu trúc mô hình máy sấy lạnh sử dụng cho nghiên cứu thực nghiệm theo hình chiếu chính



Hình 2. Cấu trúc mô hình máy sấy lạnh sử dụng cho nghiên cứu thực nghiệm theo hình chiếu chính cạnh

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

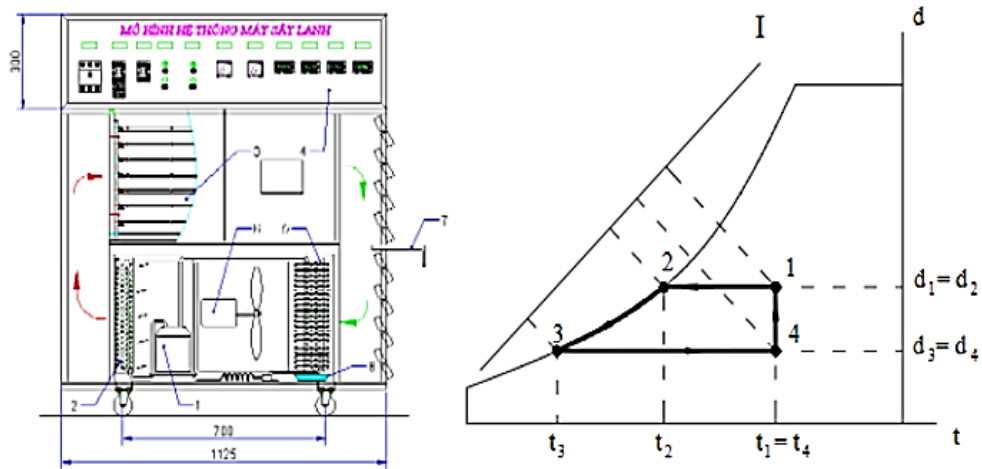
2.1 Nguyên lý hoạt động của mô hình sấy lạnh bơm nhiệt



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý hoạt động máy sấy lạnh nguyên lý bơm nhiệt

Sấy lạnh bơm nhiệt là quá trình sấy được tiến hành ở áp suất khí quyển, tác nhân sấy là không khí được đưa vào thiết bị bay hơi của hệ thống lạnh để hạ nhiệt độ không khí dưới điểm đọng sương, hơi nước trong không khí bị ngưng tụ và được tách ẩm sau khi ra khỏi dàn bay hơi, sau đó được đi qua thiết bị ngưng tụ của hệ thống lạnh để được gia nhiệt lên đến nhiệt độ cao nhất có thể, sau đó được dẫn vào buồng sấy vật liệu ẩm để sấy. Điểm khác biệt của máy sấy lạnh trong nghiên cứu thực nghiệm này là được gắn thêm một điện trở phụ để tiếp tục gia nhiệt không khí nóng sau dàn ngưng tụ lên nhiệt độ sấy mong muốn. Quá trình tách ẩm khỏi vật liệu ẩm là nhờ chênh lệch áp suất riêng phần của hơi nước trong tác nhân sấy với áp suất bão hòa trên bề mặt vật liệu sấy sẽ làm cho ẩm trong vật liệu sấy bay hơi để làm khô vật liệu sấy. Nhiệt độ tác nhân sấy trong mô hình thực nghiệm có thể được điều chỉnh phạm vi từ 30°C đến 70°C nên đã cho phép xây dựng được chế độ sấy cho nhiều loại vật liệu khác nhau mà vẫn đảm bảo được chất lượng sản phẩm sấy.

2.2 Kết cấu buồng sấy vật liệu và biểu diễn 2 chế độ sấy trên đồ thị T-d



Hình 4. Mô hình sấy và đồ thị biểu diễn sấy lạnh ở chế độ hồi lưu toàn phần

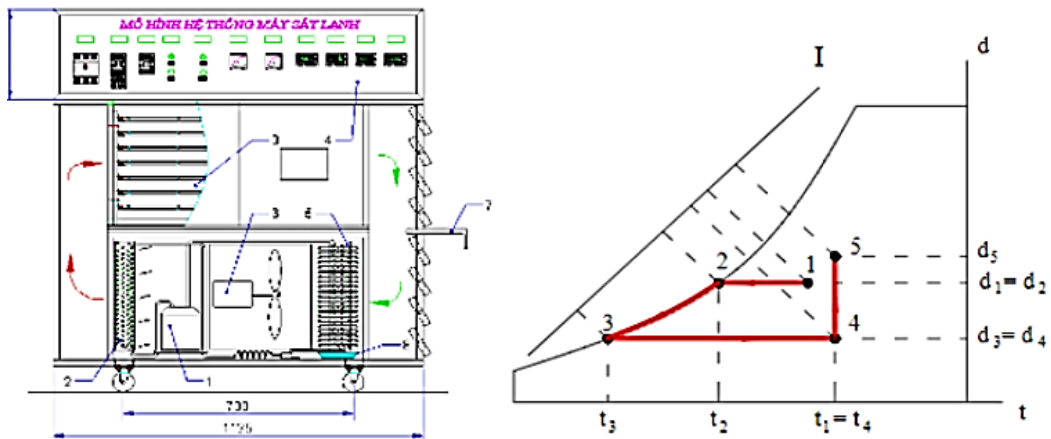
Các quá trình sấy lạnh hồi lưu khí thải trên đồ thị T-d

1-2: Quá trình làm lạnh tác nhân sấy đến nhiệt độ động sương. Điểm (1) là trạng thái không khí sau khi đi qua buồng sấy, điểm (2) là trạng thái không khí trong thiết bị bay hơi, lúc bắt đầu giảm ẩm.

2-3: Quá trình tách ẩm. Điểm (3) là trạng thái không khí ở cuối giai đoạn giảm ẩm.

3-4: Quá trình gia nhiệt tác nhân sấy đến nhiệt độ sấy. Điểm (4) là trạng thái không khí vào buồng sấy sau khi được gia nhiệt qua dàn ngưng tụ và bộ gia nhiệt phụ (bộ gia nhiệt phụ bố trí sau dàn ngưng tụ).

4-1: Quá trình sấy. Tác nhân sấy có độ ẩm thấp, nhiệt độ cao được thổi qua vật liệu sấy, vật liệu sấy được nhận nhiệt và làm ẩm trong vật sấy thoát ra truyền ẩm vào môi trường không khí xung quanh vật sấy khô và chuyển ẩm theo dòng khí thải rồi tiếp tục thổi qua dàn bay hơi để tách ẩm.



Hình 5. Đồ thị và mô hình biến đổi hoạt động trên đồ thị không khí ẩm

Các quá trình sấy lạnh thải bỏ khí thải trên đồ thị T-d

1-2: Quá trình làm lạnh tác nhân sấy đến nhiệt độ động sương. Điểm (1) là trạng thái không khí ở điều kiện môi trường, điểm (2) là trạng thái không khí trong thiết bị bay hơi, lúc bắt đầu giảm ẩm.

2-3: Quá trình tách ẩm. Điểm (3) là trạng thái không khí ở cuối giai đoạn giảm ẩm.

3-4: Quá trình gia nhiệt tác nhân sấy đến nhiệt độ sấy thông qua dàn ngưng tụ và bộ gia nhiệt phụ bằng điện trở. Điểm (3) là trạng thái không khí nóng trước khi vào buồng sấy.

4-5: Quá trình sấy. Tác nhân sấy có độ ẩm thấp được thổi qua vật liệu sấy sẽ nhận ẩm thoát ra từ vật liệu và mang ra khỏi buồng sấy. Điểm (4) là trạng thái không khí sau buồng sấy.

2.3 Các thông số công nghệ của quá trình sấy và cách xác định

a) Chiều dày vật liệu sấy (mm): Chiều dày vật liệu sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến thời gian sấy. Chiều dày vật liệu lát chuối được chọn từ 3mm tới 5mm.

b) Nhiệt độ tác nhân sấy (°C): là một trong những thông số chính của chế độ sấy, nhiệt độ tác nhân sấy trong thực nghiệm được chọn và duy trì ở mức nhiệt độ sấy là 50°C.

c) Thời gian sấy (giờ): Thời gian sấy trong nghiên cứu thực nghiệm này là thời gian được tính từ lúc bắt đầu hoạt động sấy diễn ra sau khi đã đưa nguyên liệu sấy vào buồng sấy [9] tính theo PT1.

$$\tau_s = \tau_{kt} - \tau_{bd} \quad (1)$$

Với: τ_s -thời gian sấy (giờ);

τ_{kt} thời gian bắt đầu (TNS) (giờ);

τ_{bd} -thời gian mà TNS bắt đầu không đạt mức nhiệt độ theo yêu cầu (giờ)

2.4 Kết cấu buồng sấy

Buồng sấy chuối có kết cấu, kích thước tổng dài x rộng (LxH) là 600x600 mm bên trong bố trí hai khay sấy, kích thước khay sấy 300 x 240 mm, khoảng cách giữa các khay sấy 95mm. Năng suất thiết kế trên mỗi khay sấy chứa trên 2 khay sấy được tính 500gam chia đều cho mỗi khay là 250 gam.

2.5 Các kết quả đánh giá quá trình sấy

a) Độ ẩm vật liệu sấy (%): là thông số đánh giá chất lượng của sản phẩm trong quá trình sấy của sản phẩm. Độ ẩm của chuối được tính theo độ ẩm tương đối theo công thức 1.

$$M_{wb} = \frac{G_1 - G_2}{G_1} (100\%) \quad (2)$$

Với: M_{wb} -độ ẩm tương đối (%);

G_1 -khối lượng chuối ban đầu (g);

G_2 Khối lượng chuối lúc đo kiểm (g);

Trong quá trình sấy sử dụng công thức tính độ ẩm tức thời bằng phương pháp cân khối lượng mẫu:

$$M_{iwb} = \frac{G_1 \cdot M_{1wb} - 100 \cdot (G_1 - G_i)}{G_i} \cdot 100\% \quad (3)$$

Trong đó: M_{iwb} là độ ẩm tức thời tại thời điểm kiểm tra trong quá trình sấy (%)

G_i là khối lượng mẫu vật liệu tại thời điểm kiểm tra (g)

M_{1wb} là độ ẩm ban đầu tính theo độ ẩm tương đối của vật liệu trước khi sấy (%)

G_1 là khối lượng vật liệu ẩm vào máy sấy (g)

b) Tiêu hao điện năng tiêu thụ (kWh/kg ẩm): là mức tiêu thụ điện năng để làm bay hơi 500g ẩm trong quá trình sấy được tính theo

$$N_i = \frac{N}{W} \left(\frac{kWh}{kg} \text{ ẩm} \right) \quad (4)$$

N_i -tiêu thụ điện năng riêng (kWh/kg ẩm);

W- tổng lượng nước bay hơi từ VLS (kg);

N-tổng tiêu thụ điện trên các thiết bị có trong mô hình thí nghiệm sấy (kWh).

2.6 Dụng cụ phụ vụ đo đạc trong thí nghiệm

Sử dụng các dụng cụ đo để xác định các thông số trong quá trình sấy theo Bảng 1.

Bảng 1. Dụng cụ đo sử dụng trong thí nghiệm

TT	Tên thiết bị	Đơn vị	Hãng sản xuất	Độ chính xác
1	Máy đo nhiệt độ	độ C	Đài Loan	± 2% hoặc ± 2 độ C
2	Cân điện tử	gam	Đức	± 1g
3	Đồng hồ đo nhiệt độ và độ ẩm	°C	Trung Quốc	Nhiệt độ: ± 1°C Độ ẩm: 40%-80% sai số ±5%RH
4	Máy đo vận tốc gió	1 ft/min	Đài Loan	±2 % + 40 + m/s
5	Thước kẹp	mm	Mitutoyo-Nhật Bản	±0.03mm

2.7 Bố trí thí nghiệm

Chuối sứ mua về rồi thái lát với độ dày từ 3mm-5mm và độ ẩm ban đầu được đo là %. Khối lượng của chuối thái lát là 500g chia đều cho 2 khay mỗi khay là 250g, độ dày của lớp vật liệu được đo đạc nhờ vào thước kẹp cơ. Nhiệt độ tác nhân sấy cấp vào buồng sấy được điều chỉnh ổn định ở mức nhiệt độ 50⁰c. Các thông số liên quan đến thí nghiệm, nhiệt độ không khí môi trường, nhiệt độ phòng, nhiệt độ khay, nhiệt độ vật liệu, độ ẩm vật liệu, vận tốc quạt của máy, vận tốc tác nhân sấy được đo 7 lần sau mỗi 60 phút lấy giá trị trung bình.



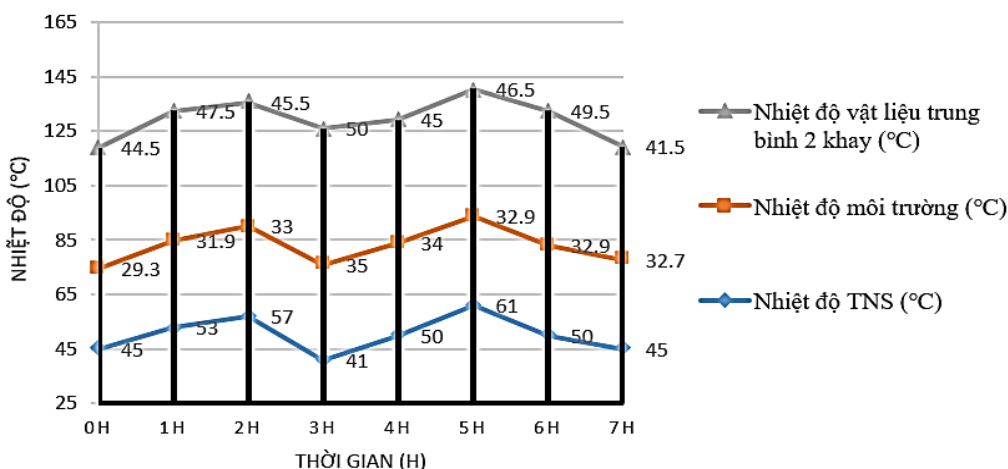
Hình 6. Chuối thái lát đưa vào khay và cân kiểm tra trước khi cho vào buồng sấy

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Khảo sát xác định biến thiên của các thông số công nghệ sấy theo 2 phương pháp sấy

Bảng 2: Kết quả thông số nhiệt độ môi trường và nhiệt độ tác nhân sấy trong buồng sấy của chế độ sấy hồi lưu 100% khí thải.

Số mẫu thí nghiệm	Thời gian sấy (h)	Nhiệt độ TNS (°C)	Nhiệt độ môi trường (°C)	Nhiệt độ vật liệu trung bình 2 khay (°C)
Ban đầu	0	45	29,3	44,5
1	1h	53	31,9	47,5
2	2h	57	33	45,5
3	3h	41	35	50
4	4h	50	34	45
5	5h	61	32,9	46,5
6	6h	50	32,9	49,5
7	7h	45	32,7	41,5



Hình 7. Đồ thị hiển thị sự thay đổi TNS, nhiệt độ trung bình 2 khay, nhiệt độ môi trường của phương pháp sấy hồi lưu 100% khí thải

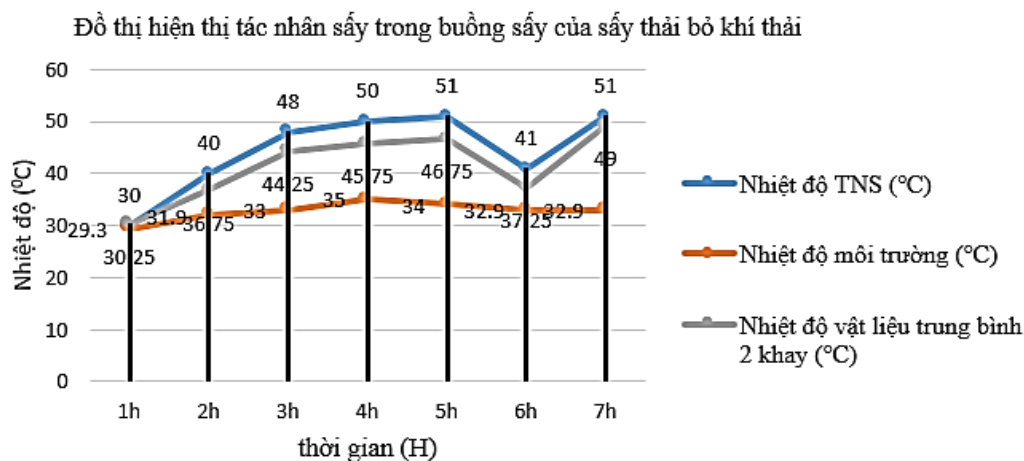
Nhận xét:

Kết quả thực nghiệm cho ta thấy đối với phương pháp sấy hồi lưu ở bảng 2, hình 7 cho thấy; Nhiệt độ TNS chênh lệch với nhau giao động khoảng từ 20°C-25°C chênh lệch cao nhất là vào lúc 6h nhiệt độ lúc đó lên đến 30,5°C và sau đó cân bằng ở lại khoảng thời gian một tiếng sau đó.

Thời gian duy trì TNS ở mức 50°C được thay đổi. Tại mốc thời gian 6h nhiệt độ buồng sấy đạt cao nhất là 61°C và sau đó giảm nhanh. Nếu chọn nhiệt độ TNS phù hợp quá trình sấy lạnh hồi lưu, thì thời gian sấy phù hợp nhất là 4 giờ vì lúc này nhiệt độ duy trì ổn định nhất.

Bảng 3: Kết quả thông số nhiệt độ môi trường và nhiệt độ tác nhân sấy trong buồng sấy của phương pháp sấy không hồi lưu.

Số mẫu thí nghiệm	Thời gian sấy (h)	Nhiệt độ TNS (°C)	Nhiệt độ môi trường (°C)	Nhiệt độ vật liệu trung bình 2 khay (°C)
Ban đầu	0	30	29,3	30,25
1	1h	40	31,9	36,75
2	2h	48	33	44,25
3	3h	50	35	45,75
4	4h	51	34	46,75
5	5h	41	32,9	37,25
6	6h	51	32,9	49
7	7h	52	32,7	49,25

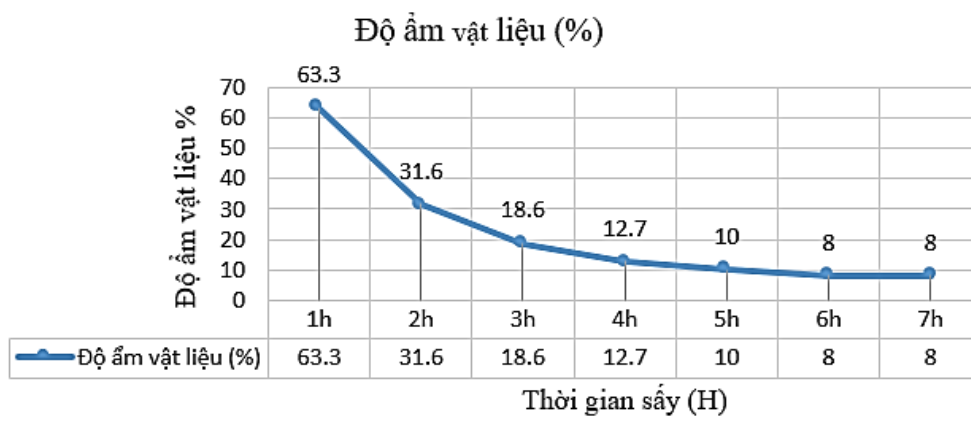


Hình 8. Đồ thị hiển thị tác nhân sấy trong buồng sấy của phương pháp sấy thái bỏ khí thải

3.2 Xây dựng đồ thị độ ẩm theo thời gian đối với hai phương pháp sấy

Bảng 4: Kết quả độ ẩm thực nghiệm sấy chuối ở chế độ sấy hồi lưu 100% khí thải.

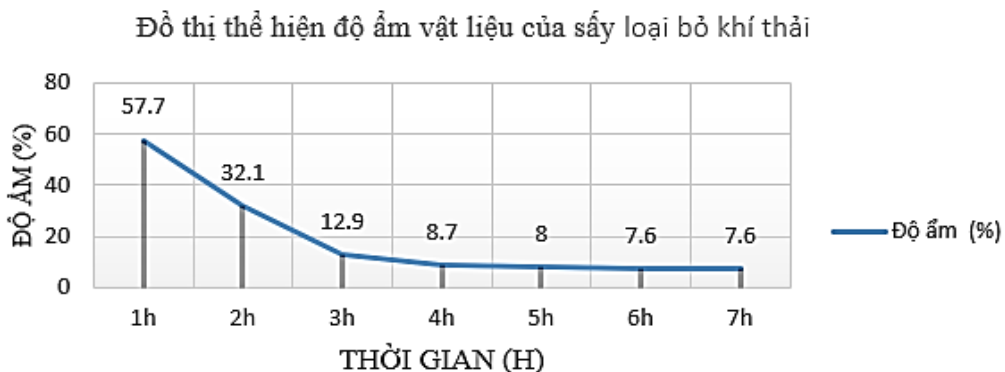
STT	Khối lượng tổng 2 khay sau sấy (g)	Độ ẩm vật liệu (%)	Thời gian
1	493	63,3	9 giờ 35-10 giờ 35
2	337	31,6	11 giờ 50-12 giờ 50
3	274	18,6	13 giờ -14 giờ
4	239	12,7	14 giờ 10-15 giờ 10
5	215	10	15 giờ 15-16 giờ 15
6	197	8	16 giờ 20-17 giờ 20
7	181	8	17 giờ 30-18 giờ 30



Hình 9. Đồ thị hiển thị độ ẩm vật liệu theo thời gian của chế độ sấy hồi lưu 100% khí thải

Bảng 5: Kết quả độ ẩm thực nghiệm sấy chuỗi ở chế độ sấy không hồi lưu loại bỏ khí thải.

STT	Khối lượng sau sấy (g)	Độ ẩm vật liệu(%)	Thời gian
1	485	57,7	8 giờ 20-9 giờ 20
2	329	32,1	9 giờ 20-10 giờ 20
3	286,5	12,9	10 giờ 20-11 giờ 20
4	261,5	8,7	11 giờ 20-12 giờ 20
5	240,5	8	12 giờ 20-13 giờ 20
6	222	7,6	13 giờ 20-14 giờ 20
7	205	7,6	14 giờ 20-15 giờ 20



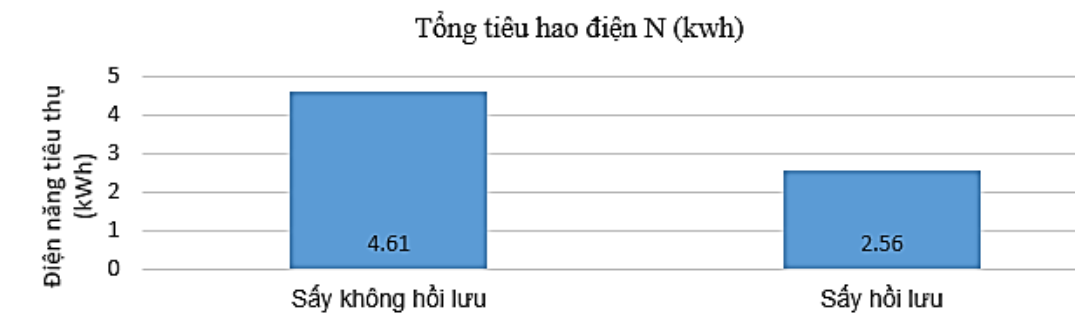
Hình 10. Đường cong sấy chuỗi thái lát ở chế độ sấy thải bỏ khí thải

3.3 Xây dựng đồ thị so sánh tiêu hao điện năng riêng ở 2 chế độ sấy

Căn cứ vào tổng tiêu hao điện năng trong quá trình sấy 7 giờ sấy ở 2 chế độ sấy với lượng ẩm bay hơi từ vật liệu sấy theo thời gian sấy ta xây dựng được biểu đồ sánh điện năng riêng ở 2 chế độ theo Bảng 6.

Bảng 6: Điện năng tiêu thụ riêng tương ứng với 2 chế độ sấy.

Chế độ sấy	Độ ẩm (kg.ẩm)	Tổng tiêu hao điện N (kwh)	Chi phí tiêu hao điện năng riêng (kwh/kg.ẩm)
Sấy không hồi lưu	0,3	4,61	15.3
Sấy hồi lưu	0,291	2.56	8.8



Hình 11. Biểu đồ so sánh điện năng tiêu thụ của hai chế độ sấy

Nhận xét: Nhìn vào Bảng 6 và Hình 11 ta có thể thấy được điện năng tiêu thụ của 2 quá trình sấy này có độ chênh lệch là khá lớn điều này cho thấy chế độ sấy hồi lưu khí thải cho phép tiết kiệm năng lượng điện chung hơn chế độ sấy thải bỏ khí thải.

4 KẾT LUẬN VÀ THẢO LUẬN

Đã thực nghiệm sấy chuối thái lát chiều dày 3mm ở chế độ sấy lạnh hồi lưu 100% khí thải và thải bỏ tác nhân sấy năng suất 0.5 kg/m², mật độ bố trí 5 kg/m², độ ẩm nguyên liệu 60%, nhiệt độ tác nhân sấy 55°C, vận tốc tác nhân sấy 0,645 m/s cho kết quả ở chế độ sấy hồi lưu 100% khí thải cho thời gian sấy là 7 giờ, sản phẩm sấy đạt độ cuối là 7,6%, tiêu hao năng lượng điện riêng bao gồm cấp nhiệt cho quá trình sấy và cấp điện cho hệ thống bơm nhiệt là 8,8 kWh/kg ẩm, sản phẩm sấy có màu vàng nhạt tự nhiên của chuối. Trong khi đó ở chế độ sấy thải bỏ khí thải cho kết quả thời gian sấy là 7giờ, tiêu hao năng lượng điện riêng cho cả quá trình cấp nhiệt cho quá trình sấy và cấp điện cho hệ thống bơm nhiệt là 5,3 kWh/kg ẩm, sản phẩm sấy đạt độ ẩm cuối là 8%, màu sản phẩm sấy vàng nhạt tự nhiên của chuối.

TÀI LIỆU KHAM KHẢO

- [1] Trần Văn Phú, Giáo trình Tính toán và thiết kế hệ thống sấy, Nhà xuất bản Giáo dục, năm 2001, 2003
- [2] Bùi Trung Thành, Giáo trình Lý thuyết sấy và tính toán thiết kế hệ thống sấy Công nghiệp được biên soạn theo chỉ tiết của Trường Đại học Công nghiệp TPHCM, năm 2011.
- [3] Trần Văn Phú, Lê Nguyên Đương, Kỹ thuật sấy nông sản, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 1994.
- [4] Nguyễn Văn Lụa, Kỹ thuật sấy vật liệu, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia TPHCM, Năm 2014
- [5] P. K. Adapa, S. Sokhansanj, G. J. Schoenau, 2002. Performance study of a re-circulating cabinet dryer using a household dehumidifier. Drying Technology, vol. 20, pp. 1673-1689
- [6]. M. Alves-Filho, I. Stranmen, 1996. The Application of Heat Pump in Drying of Biomaterials. Drying Technology, vol. 14, pp. 2061-2090
- [7] Abano, EE, & Sam-Amoah, LK (2011). Ảnh hưởng của các phương pháp tiền xử lý khác nhau đến đặc tính làm khô của lát chuối . ARPN Tạp chí Kỹ thuật và Khoa học Ứng dụng, 6(3), 121 – 18
- [8] S. Prasertsan, P. Saen-saby, 1998. Heat pump drying of agricultural materials. Drying Technology, vol. 16, pp. 235-250
- [9] Hoàng Ngọc Đồng, Hà Văn Tuấn, Nghiên cứu đề xuất mô hình sấy lạnh kết hợp hai chế độ nhiệt độ cao và thấp để sấy thảo dược, Tạp chí khoa học và công nghệ, Đại học Đà Nẵng, số 10 (71).2013
- [10] Nguyễn Văn Phúc, Lê Như Chính, Trần Thị Bảo Tiên, Lương Đức Vũ, Nghiên Cứu thực nghiệm quá trình sấy tôm thẻ sử dụng thiết bị sấy vi sóng kết hợp với sấy lạnh, Tạp chí Khoa học-Công nghệ Thủy sản, số 2/2019
- [11] Võ Mạnh Duy, Lê Chí Hiệp, Nghiên cứu sấy cà rốt bằng máy sấy bơm nhiệt kiểu thùng quay, Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ, 2011:20b 209-

YSC5.F233

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM SẤY ỚT TRÊN MÁY SẤY TĨNH CẤP NHIỆT ĐẢO CHIỀU

LÊ TRƯỜNG GIANG, NGUYỄN PHÚC DUY, PHAN THANH KHANG, NGUYỄN THẾ AN,
TRẦN HỒ KHÁNH DUY, BÙI TRUNG THÀNH

Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

**Email tác giả liên hệ: buitrunghanh@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Bài báo trình bày kết quả thực nghiệm sấy ớt hiểm trên mô hình sấy tĩnh cấp nhiệt đảo chiều có năng suất 600g/mẻ. Thực nghiệm đã xác định chế độ sấy gồm vận tốc gió trung bình là 1,25 m/s, nhiệt độ cấp tác nhân 60°C cho kết quả: Khi cấp nhiệt đảo chiều trong 30 phút thì thời gian sấy là 7h30phút, độ ẩm sản phẩm đạt 8,1%, tiêu thụ điện năng riêng bao gồm cấp nhiệt cho sấy và cấp cho quạt là 26,77 kwh/kg. Khi sấy cấp nhiệt đảo chiều chu kỳ 1 giờ cho kết quả thời gian sấy là 6 giờ, độ ẩm sản phẩm là 4,2%, tiêu thụ điện năng riêng bao gồm cấp nhiệt và cấp điện cho quạt là 19,95 kwh/kg. Sản phẩm ớt khô giữ nguyên màu sắc đỏ vàng.

Từ khóa. Máy sấy tĩnh, cấp nhiệt đảo chiều, sấy ớt, độ ẩm ban đầu, độ ẩm sản phẩm.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF CHILI DRYING ON THE MODEL OF STATIONARY DRYER WITH REVERSIBLE HEAT SUPPLYING

Abstract. The paper is presented the experimental results of chili drying on the stationry drying model of reversible heating supplying with its capacity of 600g/batch. Experiments have determined the drying mode including the average hot air velocity is 1.25 m/s, the temperature of the agent is 60°C which gives the following results: in case of heat supplying of reversing in 30 minutes gained the drying time is 7h30 minutes, the moisture content of finished products reached 8.1%, specific power consumption including heat energy for drying and electrical energy fan are 26.77kwh/kg water. In case of heating suplying reversing of cycle 1 hour whhich obtained the drying time is 6 hours, the product moisture is 4.2% The specific power consumption including heat energy supplying and electrical energy supplying is 19.95 kwh/kg. The colour of dried chili product retains its red-yellow color.

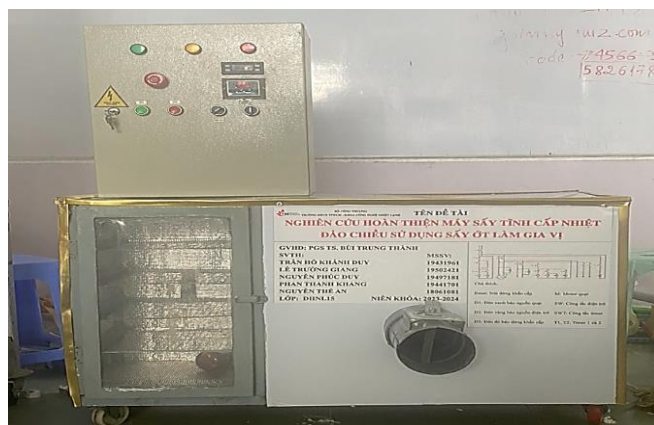
Keywords. Static dryer, reverse heat supply, chili drying, initial humidity, product moisture.

1 GIỚI THIỆU

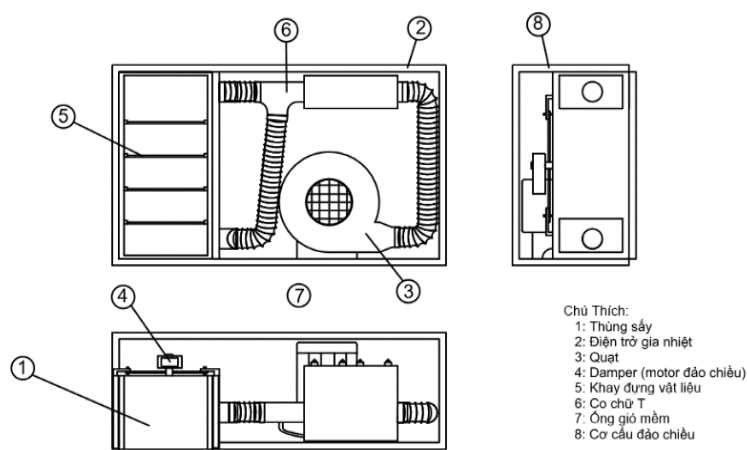
Hiện nay công nghệ sấy được phát triển rộng rãi, được sử dụng phổ biến trong các ngành công nghiệp, nông nghiệp và chế biến nông, thủy, hải sản và thực phẩm. Sấy không chỉ đơn thuần là quá trình tách nước và hơi nước ra khỏi vật liệu mà còn là một quy trình công nghệ phức tạp, yêu cầu vật liệu được sấy phải đảm bảo chất lượng theo các chỉ tiêu nhất định trong khi đó luôn phải tiết kiệm năng lượng (bao gồm điện năng và nhiệt năng)[1]. Để thực hiện quá trình sấy, người ta có thể sử dụng nhiều loại máy sấy khác nhau bao gồm: Máy sấy buồng, máy sấy hầm, tháp sấy, sấy thùng quay, máy sấy tĩnh. Để đạt được mục tiêu đảm bảo chất lượng sản phẩm và giảm thiểu chi phí năng lượng trong quá trình sấy, cần thiết phải áp dụng chế độ sấy phù hợp theo Đậu Thị Hiền, Mạc Thị Hà Thanh [2]. Chế độ sấy bao gồm quy trình tối ưu hóa trao đổi nhiệt - ẩm giữa tác nhân sấy và vật liệu sấy, độ ẩm của vật liệu trước và sau khi sấy, nhiệt độ và độ ẩm của tác nhân sấy khi vào và ra khỏi thiết bị sấy, thời gian sấy và các yếu tố liên quan khác. Chế độ sấy là rất quan trọng và phải được điều chỉnh phù hợp cho từng hệ thống sấy và loại vật liệu sấy cụ thể. Khi thiết kế hệ thống sấy cho một vật liệu sấy cụ thể với một năng suất xác định, việc lựa chọn chế độ sấy phù hợp là điều tiên quyết. Tạo ra các công nghệ bảo quản sản phẩm nông nghiệp sau thu hoạch là một vấn đề quan

trọng trong việc phát triển bền vững của nền nông nghiệp Việt Nam. Theo Đỗ Minh Cường, Hà Hoàng Thiện [3]. Những công nghệ này giúp giảm tỷ lệ hao hụt trong quá trình bảo quản và mang lại sự đa dạng cho sản phẩm nông nghiệp, từ đó tăng giá trị của chúng trên thị trường trong nước và quốc tế. Trong số các công đoạn quan trọng trong quá trình bảo quản và chế biến sản phẩm nông nghiệp, công đoạn sấy được xem là rất quan trọng. Để tối ưu hiệu quả sử dụng nguồn lực, nhiều nhà khoa học đã tiến hành các nghiên cứu để phát triển công nghệ sấy tĩnh đảo chiều.

Bài báo trình bày kết quả nguyên cứu thực nghiệm sấy ớt trên mô hình sấy khay truyền nhiệt đối lưu cấp nhiệt đảo chiều.



Hình 1. Thiết bị sấy ớt cấp nhiệt đảo chiều



Hình 2. Bản vẽ mô hình sấy cấp nhiệt đảo chiều

2 VẬT LIỆU SẤY VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Nguyên lý hoạt động của mô hình sấy cấp nhiệt đảo chiều

Nguyên lý hoạt động của máy sấy đảo chiều có cách thức vận hành khá đơn giản không quá phức tạp. Đồng thời mang đến hiệu quả sử dụng cao nhất, chất lượng tốt và thời gian thực hiện nhanh chóng. Cụ thể nguyên lý hoạt động của loại máy sấy này bao gồm những giai đoạn dưới đây:

Giai đoạn 1: Gió nóng đi từ lò cấp nhiệt vào buồng khí dưới. Áp lực cao đẩy gió xuyên qua lớp vật liệu sấy và thoát lên buồng khí trên. Gió nóng mang theo ẩm từ nông sản sẽ được đưa ra ngoài.

Giai đoạn 2: Gió nóng đi từ lò cấp nhiệt và đi vào buồng khí trên. Dưới áp lực cao sẽ tiếp tục được đẩy xuyên qua lớp vật liệu sấy và thoát xuống buồng khí dưới. Gió nóng mang theo ẩm của vật liệu sấy sẽ được đưa ra ngoài.

Thông qua 2 giai đoạn sấy trên, hạt nông sản sẽ đạt được độ khô đồng đều mà không phải tốn nhân công đảo vật liệu [4].

2.2 Các thông số công nghệ trong quá trình sấy và cách xác định

Chiều dày lớp vật liệu (mm): Độ dày của lớp vật liệu trên khay sấy được xác định bằng thước đo chiều dài.
 Nhiệt độ tác nhân sấy (°C): là thông số quan trọng trong quá trình sấy, nhiệt độ sấy được điều chỉnh qua bộ cấp nhiệt và được đo bằng nhiệt kế. Trong thực nghiệm nhiệt độ tác nhân sấy được chọn duy trì ở mức nhiệt độ $50 \pm 1^\circ\text{C}$.

Vận tốc tác nhân sấy (m/s): Vận tốc tác nhân sấy là một thông số quan trọng chính của chế độ sấy. Vận tốc tác nhân sấy được xác định bằng cách tính lưu lượng quạt chia cho diện tích khay sấy và kiểm tra vận tốc khí qua khay sấy bằng dụng cụ đo vận tốc gió. Vận tốc khí xuyên khay được duy trì ở mức 1,25m/s.

Thời gian sấy (h): Thời gian sấy trong quá trình thực nghiệm là thời gian được tính từ lúc bắt đầu thực hiện sấy, được đo bằng đồng hồ.

2.3 Các kết quả đánh giá quá trình sấy

Độ ẩm sản phẩm (%): thông số này đánh giá chất lượng sản phẩm. Độ ẩm sản phẩm của ớt được tính theo độ ẩm tương đối, được xác định theo CT1.

$$M_{wb} = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

Trong đó:

M_{wb} – là độ ẩm tương đối (%)

G_1 – là lượng ớt ban đầu (g)

G_2 – là lượng ớt lúc đo (g)

Trong quá trình sấy sử dụng công thức tính độ ẩm tức thời bằng phương pháp cân khối lượng mẫu:

$$M_{iwb} = \frac{G_1 \cdot M_{1wb} - 100 \cdot (G_1 - G_i)}{G_i} \cdot 100\% \quad (2)$$

Trong đó:

M_{iwb} là độ ẩm tức thời tại thời điểm kiểm tra trong quá trình sấy (%)

G_i là khối lượng mẫu vật liệu tại thời điểm kiểm tra (g)

M_{1wb} là độ ẩm ban đầu tính theo độ ẩm tương đối của vật liệu trước khi sấy (%)

G_1 là khối lượng vật liệu ẩm vào máy sấy (g)

Tiêu hao điện năng riêng (kwh/kg.ẩm): là mức tiêu thụ điện năng để làm bay hơi 1kg ẩm trong quá trình sấy, được xác định theo CT:

$$N_i = \frac{N}{W} \left(\frac{kWh}{kg.ẩm} \right) \quad (3)$$

Trong đó:

N_i – là tiêu thụ điện năng riêng (kwh/kg.ẩm)

W – là tổng lượng nước bay hơi từ VLS (kg)

N – là tổng tiêu thụ điện trên các thiết bị có trong mô hình thí nghiệm sấy (kWh)

2.4 Dụng cụ đo thí nghiệm

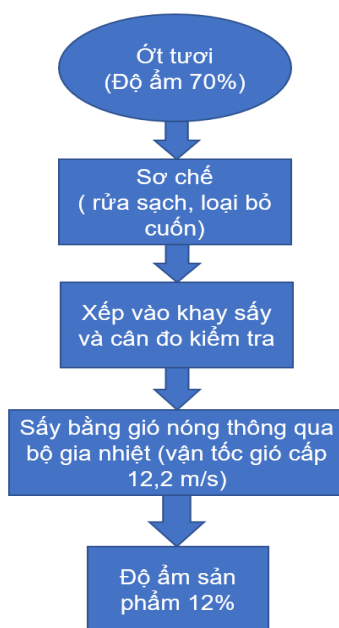
Sử dụng các dụng cụ đo để xác định các thông số công nghệ sấy theo bảng 1:

Bảng 1. Dụng cụ đo sử dụng trong thí nghiệm.

STT	Tên thiết bị	Độ phân giải	Model	Hãng sản xuất	Độ chính xác
1	Máy đo vận tốc gió	0,1 m/s	410-2	TESTO-Đức	$\pm 0,1\text{m/s}$
2	Cân điện tử	1g	SW-1	CAS-Mỹ	$\pm 1\text{ g}$
3	Đồng hồ đo nhiệt độ	1°C	TTM-004	TOHO-Nhật Bản	$\pm 0,3\%$
4	Súng bắn nhiệt độ	0,1°C	Fluke 62	Mỹ	$\pm 1,5^\circ\text{C}$

2.5 Bố trí thí nghiệm

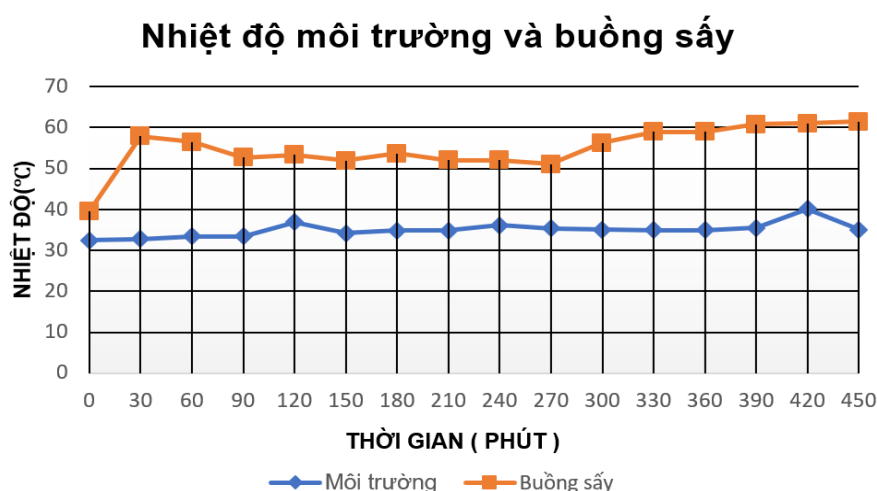
Chọn loại ớt hiểm tươi, thông qua khâu loại bỏ cuống xanh trên ớt, loại bỏ trái hỏng, mềm, trái xanh và được rửa sạch để ráo trước khi sấy, ớt có kích thước từ 4 – 6cm và độ ẩm ban đầu đo được là 70%. Khối lượng nguyên liệu ớt tươi được chọn là 600g/m², (được chia đều ra 4 khay mỗi khay là 150g). Độ dày các lớp vật liệu ớt được kiểm tra bằng thước sau khi trải đều lên khay ta có độ dày là 1,3cm, mật độ bố trí trên khay là 3kg/m². Nhiệt độ tác nhân sấy cấp vào buồng sấy điều chỉnh và duy trì 60°C. Vận tốc tác nhân sấy thổi qua khay hiệu chỉnh và duy trì 1,25m/s. Ngoài ra còn có các thông số liên quan đến thí nghiệm gồm nhiệt độ không khí bên ngoài môi trường và nhiệt độ buồng sấy, độ ẩm vật liệu.



Hình 3. Lưu đồ thực nghiệm quá trình sấy ớt bằng máy sấy cấp nhiệt đảo chiều thông qua bộ gia nhiệt trong máy

3 KẾT QUẢ

3.1 Khảo sát xác định biến thiên của các thông số công nghệ sấy theo 2 trường hợp sấy



Hình 4. Đồ thị hiển thị sự thay đổi nhiệt độ TNS, nhiệt độ môi trường theo thời gian.

Bảng 2: Kết quả thông số nhiệt độ môi trường và nhiệt độ TNS trong buồng sấy của trường hợp sấy đảo chu kì 1 giờ (30 phút đảo chiều khí).

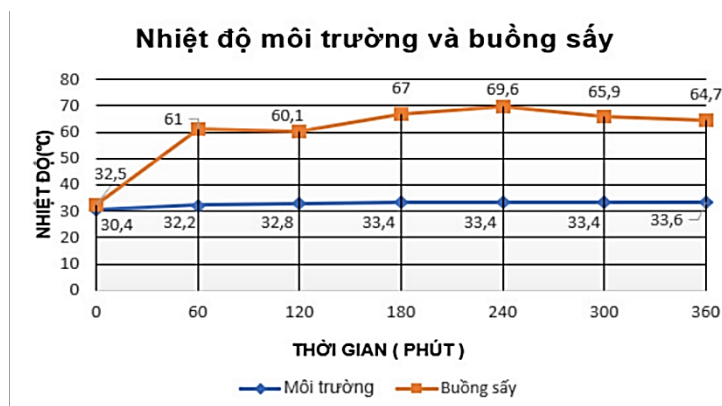
Số mẫu thí nghiệm	Thời gian sấy (phút)	Giờ mặt trời	Nhiệt độ TNS (°C)	Nhiệt độ môi trường (°C)	Nhiệt độ vật liệu trung bình 4 khay (°C)	Chiều gió
Ban đầu	0	10 giờ	39,5	32,5	46,88	↑
1	30	10 giờ 30	57,9	32,8	63,5	↑
2	60	11 giờ	56,5	33,4	62,38	↑
3	90	11 giờ 30	52,7	33,4	64,75	↓
4	120	12 giờ	53,4	36,9	62,38	↑
5	150	12 giờ 30	51,9	34,2	65,25	↓
6	180	13 giờ	53,7	34,8	64	↑
7	210	13 giờ 30	52,1	34,9	64,5	↓
8	240	14 giờ	52,1	36,2	65,38	↑
9	270	14 giờ 30	51,1	35,4	68,38	↓
10	300	15 giờ	56,3	35,1	65,38	↑
11	330	15 giờ 30	59	35	65,5	↓
12	360	16 giờ	59	35	65,5	↑
13	390	16 giờ 30	60,8	35,5	68,13	↓
14	420	15 giờ	61	40,1	66,88	↑
15	450	15 giờ 30	61,5	35,1	67,25	↓

Nhận xét: theo đồ thị ta thấy nhiệt độ không khí môi trường có sự chênh lệch nhiều so với buồng sấy. Sự chênh lệch nhiệt độ cao nhất ở khoảng thời gian cuối với nhiệt độ TNS 26,4°C so với nhiệt độ không khí bên ngoài môi trường.

Bảng 3: Kết quả thông số nhiệt độ môi trường và nhiệt độ TNS trong buồng sấy của trường hợp sấy đảo chu kì 2 giờ (1 giờ đảo).

Số mẫu thí nghiệm	Thời gian sấy (phút)	Giờ mặt trời	Nhiệt độ TNS (°C)	Nhiệt độ môi trường (°C)	Nhiệt độ vật liệu trung bình 4 khay (°C)	Chiều gió
Ban đầu	0	8 giờ	32,5	30,4	38,25	↑
1	60	9 giờ	61	32,2	56,88	↓
2	120	10 giờ	60,1	32,8	60,38	↑
3	180	11 giờ	67	33,4	58,5	↓
4	240	12 giờ	69,6	33,4	60,63	↑
5	300	13 giờ	65,9	33,4	59,25	↓
6	360	14 giờ	64,7	33,6	59,88	↑

Nhận xét: theo đồ thị ta thấy nhiệt độ không khí trong buồng khá cao và chênh lệch nhiều so với nhiệt độ không khí. Với mức nhiệt độ TNS cao nhất là 69,6°C khoảng thời gian 240 phút và cao hơn nhiệt độ môi trường 36,2°C.

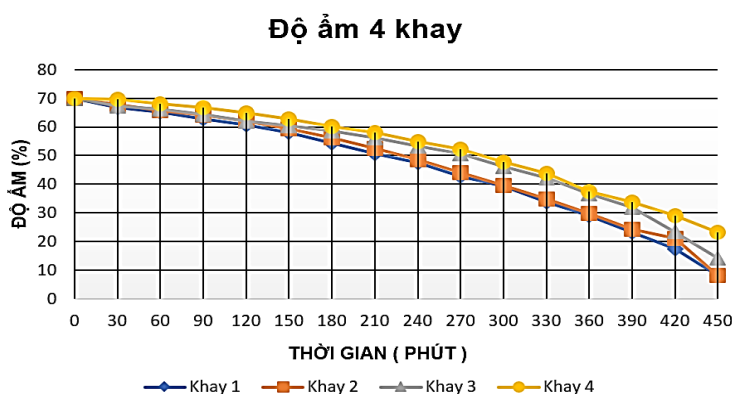


Hình 5. Đồ thị hiển thị sự thay đổi nhiệt độ TNS, nhiệt độ môi trường theo thời gian.

3.2 Xây dựng đồ thị độ ẩm theo thời gian

Bảng 4: Kết quả độ ẩm thực nghiệm sấy ở chế độ sấy đảo chu kì (30 phút đảo)

STT	Thời gian	Chiều gió	Giá trị (phút)	Độ ẩm (%)			
				Khay			
				1	2	3	4
1	10 giờ	↑	0	70	70	70	70
2	10 giờ 30	↑	30	66,78	67,74	67,39	69,69
3	11 giờ	↑	60	65,116	65,78	66,3	68,085
4	11 giờ 30	↓	90	62,8	64,14	64,28	66,789
5	12 giờ	↑	120	60,69	62,02	62,025	64,843
6	12 giờ 30	↓	150	57,94	59,276	60,352	62,809
7	13 giờ	↑	180	54,314	56,098	58,525	60,176
8	13 giờ 30	↓	210	50,549	52,38	56,09	57,94
9	14 giờ	↑	240	47,368	48,57	53,367	54,773
10	14 giờ 30	↓	270	42,675	44,01	50,54	52,127
11	15 giờ	↑	300	39,18	39,6	46,107	47,67
12	15 giờ 30	↓	330	33,82	34,78	42,307	43,75
13	16 giờ	↑	360	29,13	29,687	36,619	37,5
14	16 giờ 30	↓	390	23,076	24,369	31,81	33,82
15	15 giờ	↑	420	17,43	21,052	23,339	29,13
16	15 giờ 30	↓	450	8,163	8,163	14,28	23,076

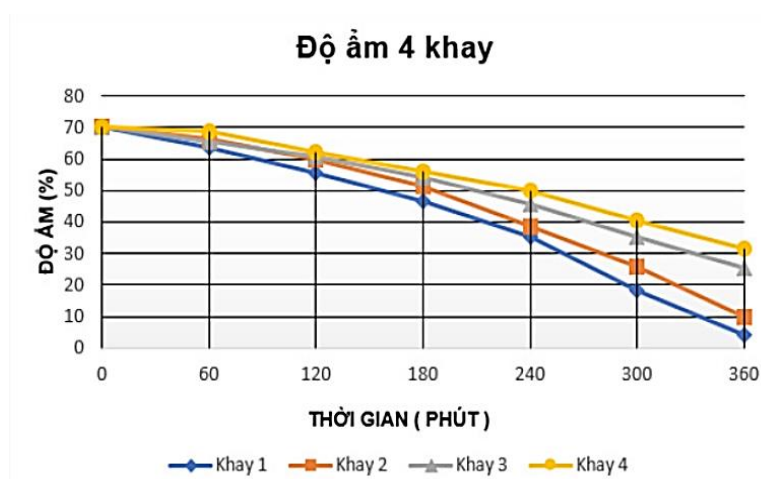


Hình 6. Đồ thị biểu diễn độ ẩm 4 khay sấy theo thời gian

Nhận xét: theo đồ thị ta nhận thấy độ ẩm vật liệu ở 4 khay sấy đảo chiều (30p đảo) có chiều hướng rất đều nhau theo thời gian, do chiều gió cấp thổi trên dưới theo chu kì 30 phút đảo nên độ ẩm vật liệu đều nhau ở các khay. Khi ở chu kì sấy đảo chiều, độ ẩm vật liệu ở các khay thay đổi tương đối như nhau và vật liệu sấy ở các khay khô đều hơn chế độ sấy đảo.

Bảng 5: Kết quả độ ẩm thực nghiệm sấy ớt ở chế độ sấy đảo chu kì đảo là 1 giờ.

STT	Thời gian	Chiều gió	Giá trị (phút)	Độ ẩm (%)			
				Khay			
				1	2	3	4
1	8 giờ	↑	0	70	70	70	70
2	9 giờ	↓	60	63,56	66,17	65,25	68,64
3	10 giờ	↑	120	55,67	60	60,53	62,03
4	11 giờ	↓	180	46,43	51,09	54,08	55,88
5	12 giờ	↑	240	35,25	38,78	45,78	49,72
6	13 giờ	↓	300	18,18	25,62	35,25	40,39
7	14 giờ	↑	360	4,26	10	25,26	31,3



Hình 7. Đồ thị biểu diễn độ ẩm 4 khay sấy theo thời gian.

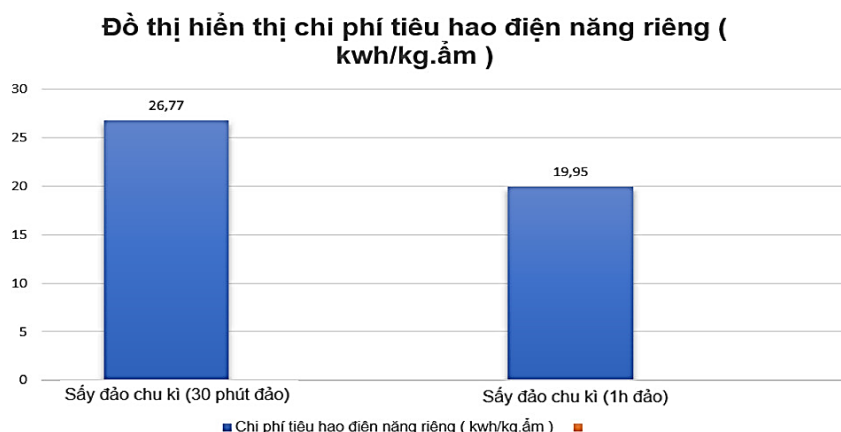
Nhận xét: theo đồ thị ta thấy sấy đảo theo chu kì 1h đảo độ ẩm ở các khay vẫn chưa hoàn toàn đều nhau theo thời gian. Độ ẩm ở lớp vật liệu khay 1 thấp nhất đạt 4,26% so với các khay còn lại và độ ẩm khay 4 cao nhất. Đối với chế độ sấy đảo chu kì 1 giờ đảo ta thấy độ ẩm giảm sâu hơn chế độ 30 phút đảo và tiết kiệm thời gian sấy hơn với thời gian sấy 6 giờ.

3.3 Xây dựng đồ thị so sánh tiêu hao điện năng ở 2 chế độ sấy đảo và không đảo

Căn cứ vào tổng tiêu hao điện năng trong quá trình sấy (7 giờ sấy) với lượng ẩm bay hơi từ vật liệu sấy theo thời gian sấy, nghiên cứu đã xác định tiêu hao điện năng theo bảng 5 và biểu đồ so sánh tiêu thụ điện năng riêng ở 2 chế độ.

Bảng 6: Điện năng tiêu thụ riêng tương ứng với 2 chế độ sấy.

Chế độ sấy	Độ ẩm (kg.ẩm)	Tổng tiêu hao điện N (kWh)	Chi phí tiêu hao điện năng riêng N_i (kWh/kg.ẩm)
Sấy đảo chu kì (30 phút đảo)	0,396	10,6	26,77
Sấy đảo chu kì (1 giờ đảo)	0,396	7,9	19,95



Hình 8. Đồ thị chi phí tiêu hao điện năng riêng ở hai chế độ sấy đảo.

Nhận xét: đối với chế độ sấy đảo chu kỳ (1h đảo) sẽ cho ra hiệu quả tốt hơn so với chế độ sấy đảo chu kỳ (30 phút đảo): điện năng tiêu thụ thấp hơn và thời gian sấy thấp hơn mà vẫn đạt được độ ẩm cao hơn.

4 KẾT LUẬN VÀ THẢO LUẬN

Đã thực hiện sấy ớt hiểm có độ ẩm nguyên liệu $M_1 = 70\%$ với năng suất 600g/m², mật độ vật liệu sấy: bố trí 3kg/m², cấp nhiệt tác nhân sấy vào buồng 60°C, vận tốc tác nhân sấy qua khay 1,25 m/s cho kết quả.

- Khi sấy cấp nhiệt đảo chiều trong 30 phút cho kết quả thời gian sấy là 7 giờ 30 phút, độ ẩm sản phẩm đạt 8,1%, tiêu thụ điện năng riêng bao gồm cấp nhiệt cho sấy và cấp cho quạt là 26,77 kWh/kg. ẩm.

- Khi sấy cấp nhiệt đảo chiều chu kỳ 1 giờ đảo cho kết quả thời gian sấy là 6 giờ, độ ẩm sản phẩm là 4,2%. Tiêu thụ điện năng riêng bao gồm cấp nhiệt và cấp điện cho quạt là 19,95 kWh/kg. ẩm.

Nghiên cứu thực nghiệm mới thực hiện ở một chế độ cấp nhiệt vào buồng sấy là 60°C và cấp khí cố định là 1,2m/s và mới đánh giá gộp bao gồm chi phí năng lượng riêng và tiêu thụ điện riêng trong khi chất lượng sấy mới đánh giá bằng quan sát cho thấy màu sắc vẫn giữ được màu đặc trưng tươi đỏ của ớt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm xuân vượng, Trần Như Khuyên Giáo trình kỹ thuật sấy nông sản, trường đại học nông nghiệp Hà Nội, 2015.
- [2] Nguyễn Văn May, Kỹ thuật sấy nông sản và thực phẩm, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2002.
- [3] Trần Văn Phú, Lê Nguyên Đương, Kỹ thuật sấy nông sản, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 1994.
- [4] Trần Minh Tâm, Bảo quản chế biến nông sản sau thu hoạch, Nhà xuất bản Nông nghiệp, 1997
- [5] Bùi Trung Thành, Giáo trình Lý thuyết sấy và tính toán thiết kế hệ thống sấy, Nhà xuất bản trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh, 2011.
- [6] Trần văn Phú, Kỹ thuật sấy nông sản, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 1994.
- [7] Trần Văn Phú, Tính toán thiết kế hệ thống sấy, Nhà xuất bản Giáo dục Hà Nội 2002.
- [8] Trần Văn Phú, Hệ thống sấy công nghiệp và dân dụng, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 1994
- [9] Trần Văn Phú, Tính toán và thiết kế hệ thống sấy, Nhà xuất bản Giáo dục, 2016.

KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TRẺ LẦN 5 NĂM 2023
YSC2023 TRI THỨC TRẺ TRONG KỶ NGUYÊN SỐ LĨNH VỰC
HÓA - SINH HỌC - THỰC PHẨM - MÔI TRƯỜNG - CƠ KHÍ -
NHIỆT LẠNH - XÂY DỰNG - ĐỘNG LỰC
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

NHÀ XUẤT BẢN
ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP HỒ CHÍ MINH
12 Nguyễn Văn Bảo – P. 4 – Q. Gò Vấp – TPHCM
ĐT: (028) 3894 0390 – 816
Email: nhaxuatban@iuh.edu.vn

Chịu trách nhiệm xuất bản: PHẠM TRUNG KIÊN

Biên tập: LÊ THỊ TIÊU NHI
Sửa bản in: ĐOÀN THANH ĐIỀN
Trình bày bìa: VĂN SANG

Đối tác liên kết: Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

ISBN: 978-604-920-197-4

In 50 cuốn khổ 20 × 28 cm theo Quyết định xuất bản số: 30/QĐ-NXBĐHCN ngày 21/11/2023 với xác nhận đăng kí xuất bản số 2882-2023/CXBIPH/3–14/ĐHCNTPHCM ngày 23/08/2023. In tại Xưởng in NXB Đại học Công nghiệp TPHCM, nộp lưu chiểu tháng 12/2023.