

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HỒ CHÍ MINH

LÊ QUANG HUY

**NGHIÊN CỨU KỸ THUẬT SẤY PHẤN HOA
Ở VIỆT NAM**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Cơ Khí
Mã số: 62.52.14.01

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

TP. HỒ CHÍ MINH – Năm 2017

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HỒ CHÍ MINH

LÊ QUANG HUY

**NGHIÊN CỨU KỸ THUẬT SẤY PHẤN HOA
Ở VIỆT NAM**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Cơ Khí
Mã số: 62.52.14.01

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

Người hướng dẫn khoa học:

1. GS.TS Nguyễn Hay
2. GS.TSKH Trần Văn Phú

TP. HỒ CHÍ MINH – Năm 2017

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của tôi.

Các số liệu, kết quả nêu trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Nếu sai tôi xin chịu mọi hình thức kỷ luật theo quy định.

Lê Quang Huy

LỜI CẢM ƠN

Trước hết, tôi xin trân trọng cảm ơn Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh đã tiếp nhận và tạo điều kiện cho tôi hoàn thành chương trình Nghiên cứu sinh 2011 – 2017.

Đặc biệt, tôi xin trân trọng gửi lời cảm ơn chân thành tới Thầy hướng dẫn GS.TS Nguyễn Hay và GS.TSKH Trần Văn Phú đã hết lòng hướng dẫn, giúp đỡ và động viên tôi trong suốt quá trình thực hiện luận án. Ké tiếp tôi xin cảm ơn PGS.TS Nguyễn Huy Bích, TS. Bùi Ngọc Hùng, PGS.TS Lê Anh Đức cùng các Thầy Cô của Khoa Cơ khí Công nghệ đã góp ý, bổ sung cho những nội dung và hình thức để tôi hoàn thành luận án.

Tôi xin chân thành gửi lời cảm ơn TS. Đào Khánh Dư, Ban lãnh đạo và các bạn đồng nghiệp của Bộ môn Nhiệt Lạnh Trường Cao đẳng Kỹ thuật Cao Thắng đã luôn khuyến khích, động viên, giúp đỡ và tạo điều kiện cho tôi thực hiện luận án.

Cuối cùng, tôi cũng gửi lời cảm ơn đến các thành viên trong gia đình đã luôn khuyến khích, động viên và dành mọi điều kiện tốt nhất trong suốt thời gian làm Nghiên cứu sinh.

Lê Quang Huy

MỤC LỤC

TRANG

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
CÁC KÝ HIỆU CƠ BẢN THEO MẪU TỰ ABC	ix
CÁC KÝ HIỆU CƠ BẢN THEO MẪU TỰ HY LẠP	xi
DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT.....	xii
DANH MỤC HÌNH	xiii
DANH MỤC BẢNG	xv
MỞ ĐẦU.....	1
1. Đặt vấn đề	1
2. Mục tiêu của đề tài	2
3. Giá trị khoa học, thực tiễn và điểm mới của đề tài	3
3.1. Giá trị khoa học	3
3.2. Giá trị thực tiễn	3
3.3. Điểm mới của đề tài	4
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN.....	5
1.1. Tổng quan về phấn hoa	5
1.1.1. Khái niệm về phấn hoa.....	5
1.1.2. Thành phần hóa học và công dụng của phấn hoa	5
1.1.2.1. Thành phần hóa học	5
1.1.2.2. Công dụng của phấn hoa	7
1.1.3. Khai thác – xử lý và bảo quản phấn hoa	8
1.1.3.1. Khai thác phấn hoa.....	8
1.1.3.2. Xử lý và bảo quản phấn hoa.....	9
1.1.4. Tiêu chuẩn chất lượng phấn hoa	10
1.2. Tình hình nghiên cứu sấy phấn hoa trong và ngoài nước	12
1.2.1. Tình hình nghiên cứu sấy phấn hoa ngoài nước	12
1.2.2. Tình hình nghiên cứu sấy phấn hoa ở Việt Nam	14

TRANG

1.3. Đánh giá lựa chọn phương pháp và thiết bị sấy phán hoa	15
1.3.1. Đánh giá phương pháp và thiết bị sấy phán hoa	15
1.3.1.1. Phương pháp sấy nóng	16
1.3.1.2. Phương pháp sấy lạnh	16
1.3.2. Phân tích lựa chọn phương pháp và thiết bị sấy	18
1.3.2.1. Những yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng phán hoa trong quá trình sấy	18
1.3.2.2. Phân tích cơ chế sấy	19
1.3.2.3. Lựa chọn phương pháp và thiết bị sấy	21
1.3.3. Sơ đồ và nguyên lý làm việc của TBS để xuất	22
1.3.3.1. Sơ đồ và nguyên lý của TBS để xuất	22
1.3.3.2. Nguyên lý làm việc của TBS để xuất	23
1.3.3.3. Hiệu quả sử dụng năng lượng ở TBS bằng bơm nhiệt.....	25
1.4. Tổng quan về phương pháp xác định các thông số nhiệt vật lý của vật liệu ẩm.....	26
1.4.1. Phương pháp xác định hệ số dẫn nhiệt.....	26
1.4.1.1. Phương pháp ổn định	27
1.4.1.2. Phương pháp không ổn định	28
1.4.2. Phương pháp xác định hệ số khuếch tán nhiệt	29
1.4.2.1. Phương pháp xác định gián tiếp	29
1.4.2.2. Phương pháp xác định trực tiếp	29
1.4.3. Phương pháp xác định nhiệt dung riêng	30
1.4.3.1. Phương pháp hỗn hợp	30
1.4.3.2. Phương pháp so sánh.....	31
1.4.3.3. Phương pháp tẩm chấn	31
1.4.4. Nhận xét	31
1.5. Kết luận chương I.....	32
CHƯƠNG 2: NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	33
2.1. Nội dung nghiên cứu	33
2.2. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết	35

TRANG

2.2.1. Phương pháp xác định các hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng của phần hoa.	36
2.2.2. Phương pháp xác định hệ số truyền âm và hệ số khuếch tán âm của phần hoa	37
2.2.3. Phương pháp tương tự để xác định thời gian sấy phần hoa	38
2.2.4. Phương pháp tính toán thiết kế	41
2.3. Phương pháp thực nghiệm xác định thông số nhiệt vật lý của phần hoa.....	42
2.3.1. Vật liệu thí nghiệm	42
2.3.2. Thực nghiệm xác định khối lượng riêng và độ ẩm của phần hoa	42
2.3.2.1. Phương pháp thực nghiệm	42
2.3.2.2. Thiết bị thí nghiệm và dụng cụ đo đạc	43
2.3.2.3. Phương pháp đo đạc thực nghiệm.....	44
2.3.3. Thực nghiệm xác định hệ số dẫn nhiệt, khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng của phần hoa.....	44
2.3.3.1. Phương pháp thực hiện.	44
2.3.3.2. Thiết bị thí nghiệm và dụng cụ đo đạc.....	46
2.3.3.3. Phương pháp đo đạc thực nghiệm.....	46
2.3.4. Thực nghiệm xác định hệ số dẫn âm h_m , khuếch tán âm a_m của phần hoa	46
2.3.4.1. Phương pháp thực nghiệm	46
2.3.4.2. Thiết bị thực nghiệm	47
2.4. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm xây dựng chế độ sấy.....	48
2.4.1. Phương pháp qui hoạch thực nghiệm.....	48
2.4.1.1. Xác định các thông số nghiên cứu	49
2.4.1.2. Lập ma trận thực nghiệm	52
2.4.1.3. Thực nghiệm tiếp nhận thông tin:	52
2.4.1.4. Xây dựng mô hình hồi qui thực nghiệm	53
2.4.1.5. Vẽ đồ thị và nhận dạng đồ thị:	54
2.4.2. Phương pháp tối ưu hóa	54

TRANG

2.4.3. Thiết bị thí nghiệm và dụng cụ đo đạc	55
2.4.4. Phương pháp đo đạc thực nghiệm	56
2.4.5. Phương pháp đánh giá chất lượng phấn hoa	57
2.5. Kết luận chương 2	57
CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN	59
3.1. Xây dựng phương pháp mới xác định đồng thời hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng của phấn hoa	60
3.1.1. Mô hình vật lý	60
3.1.2. Mô hình toán học	62
3.1.3. Giải bài toán dẫn nhiệt với điều kiện loại 2 đối xứng	63
3.1.4. Nhiệt độ trên bề mặt vật liệu ($X = 1$) tại thời điểm $\tau = \tau_n$	70
3.1.5. Nhiệt độ trung bình tích phân trong tấm phẳng tại thời điểm $\tau = \tau_n$	71
3.1.6. Các công thức xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng	73
3.1.7. Nhận xét	75
3.1.8. Thiết kế thiết bị thực nghiệm xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng	76
3.2. Phương pháp xác định hệ số truyền âm và hệ số khuếch tán âm	79
3.2.1. Cơ sở lý thuyết phương pháp xác định hệ số truyền âm và hệ số khuếch tán âm	79
3.2.2. Thuật toán xác định đồng thời hai hệ số khuếch tán âm và hệ số truyền âm	82
3.3. Phương pháp tương tự xác định thời gian sấy	84
3.3.1. Quan hệ giữa độ ẩm tương đối và độ chứa ẩm	84
3.3.2. Tính đồng dạng của mô hình toán học của quá trình dẫn nhiệt và khuếch tán âm	85
3.3.3. Phương pháp tương tự xác định thời gian sấy	87
3.4. Kết quả thực nghiệm xác định khối lượng riêng ρ_v của phấn hoa	89
3.5. Thực nghiệm kiểm tra sai số của phương pháp và thiết bị thí nghiệm	91

TRANG

3.6. Thực nghiệm xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng của phần hoa	93
3.6.1. Hệ số dẫn nhiệt.....	94
3.6.2. Hệ số khuếch tán nhiệt	95
3.6.3. Nhiệt dung riêng.....	95
3.7. Thực nghiệm xác định hệ số khuếch tán âm, hệ số truyền âm phần hoa.....	95
3.7.1. Hệ số truyền âm h_m	96
3.7.2. Hệ số khuếch tán âm a_m	97
3.8. Thực nghiệm đánh giá sai số giữa thời gian sấy lý thuyết và thực tế	97
3.8.1. Xác định thời gian sấy lý thuyết	97
3.8.2. Thực nghiệm xác định thời gian sấy thực tế	99
3.8.3. Đánh giá sai số giữa thời gian sấy lý thuyết và thực tế.....	99
3.8.4. Nhận xét	100
3.9. Thực nghiệm xác định chế độ sấy thích hợp.....	100
3.10. Qui hoạch thực nghiệm sấy phần hoa bằng TBS bơm nhiệt có cào đảo trộn vật liệu sấy.....	101
3.10.1. Thực nghiệm đơn yếu tố	101
3.10.2. Thực nghiệm đa yếu tố.....	102
3.10.2.1. Phát biểu bài toán hộp đen	102
3.10.2.2. Xác định vùng nghiên cứu	103
3.10.2.3. Kế hoạch thực nghiệm bậc I.....	103
3.10.2.4. Kế hoạch thực nghiệm bậc II	106
3.10.3. Xác định các thông số và chỉ tiêu thích hợp cho TBS phần hoa bằng bơm nhiệt có cào đảo trộn vật liệu sấy	116
3.11. Thực nghiệm xây dựng đường cong sấy ở chế độ thích hợp	119
3.12 Tính toán sơ bộ hiệu quả kinh tế trong sản xuất:	121
3.12.1. Chiết tính giá thành – thành phẩm 1 kg phần hoa:.....	121
3.12.2. Tính toán lãi và thời gian hoàn vốn trong sản xuất:.....	121

TRANG

3.13. Kết luận chương 3	122
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	124
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	127

CÁC KÝ HIỆU CƠ BẢN THEO MẪU TỰ ABC

KÝ HIỆU	Ý NGHĨA	THÚ NGUYÊN
%C	Phần trăm hàm lượng vitamin C	%
%M	Tỷ lệ thu hồi sản phẩm	%
a	Hệ số khuếch tán nhiệt	m^2/s
a_m	Hệ số khuếch tán âm	m^2/s
Ar	Chi phí điện năng riêng	kWh/kg
Bi	Tiêu chuẩn Biot về truyền nhiệt	Không
Bi_m	Tiêu chuẩn Biot về truyền âm	Không
C_m	Âm dung riêng	$kg/(kg^oM)$
COP	Hệ số hiệu quả năng lượng.	Không
C_v	Nhiệt dung riêng đẳng tích	$J/(kgK)$
d	Đường kính	mm
F	Diện tích	m^2
F_b	Giá trị bảng phuông sai chuẩn F	Không
Fo	Tiêu chuẩn Fourier	Không
Fo_m	Tiêu chuẩn Fourier về trao đổi âm	Không
F_t	Tiêu chuẩn Fisher	Không
G	Nhân tố cản trở	Không
h_m	Hệ số truyền âm	m/s
i	Enthalpy	kJ/kg
I	Enthalpy	kJ/kg
k	Hằng số tốc độ sấy	s^{-1}
Ki	Tiêu chuẩn Kirpychev	Không
L	Chiều dày	m
m	Khối lượng	kg
N_{dc}	Công suất động cơ máy nén	kW

N_{dec}	Công suất động cơ cào	kW
N_{dcq}	Công suất động cơ quạt	kW
p_{bm}	Phân áp suất hơi nước trên bề mặt	N/m ²
p_h	Phân áp suất hơi nước của môi trường xung quanh	N/m ²
p_v	Phân áp suất hơi nước trong lòng vật	N/m ²
Q	Nhiệt lượng	kJ
q	Mật độ dòng nhiệt	W/m ²
$Q(0 \rightarrow \infty)$	Nhiệt lượng vật trao đổi với môi trường sau thời gian ∞	kJ
$Q(0 \rightarrow \tau_1)$	Nhiệt lượng vật trao đổi với môi trường sau thời gian τ_1	kJ
Q_0	Năng suất dàn lạnh	kW
Q_{kp}	Năng suất nhiệt của dàn ngưng phụ	kW
Q_{ks}	Năng suất nhiệt của dàn ngưng máy sấy bơm sấy	kW
R	Bán kính	m
R^2	Độ tin cậy	%
S	Hệ số sấy	1/s
t	Nhiệt độ Celcius	°C
t_0	Nhiệt độ ban đầu	°C
t_1	Nhiệt độ bề mặt	°C
t_f	Nhiệt độ môi trường	°C
t_g	Chu kỳ đảo trộn	min
t_N	Nhiệt độ tại tâm tấm phẳng	°C
t_{tb}	Nhiệt độ trung bình	°C
u	Độ chứa ẩm	kg/kgvlk
v	Vận tốc tác nhân sấy	m/s
V	Thể tích	m ³
$W(0 \rightarrow \infty)$	Lượng ẩm vật trao đổi với môi trường sau thời gian ∞	kJ
$W(0 \rightarrow \tau_1)$	Lượng ẩm vật trao đổi với môi trường sau thời gian τ_1	kJ
X	Tọa độ không gian không thứ nguyên	Không

CÁC KÝ HIỆU CƠ BẢN THEO MẪU TỰ HY LẠP

KÝ HIỆU	Ý NGHĨA	THÚ NGUYÊN
λ	Hệ số dẫn nhiệt	W/(m·K)
δ	Sai số	%
Δ	Động lực sấy	N/m ²
∇^2	Toán tử Laplace	Không
α	Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu	W/(m ² K)
θ	Nhiệt độ không thứ nguyên	Không
θ_m	Độ ẩm tuyệt đối không thứ nguyên	Không
θ_{mtb}	Độ ẩm trung bình không thứ nguyên	Không
θ_{tb}	Nhiệt độ trung bình không thứ nguyên	Không
ρ	Khối lượng riêng	kg/m ³
ρ_v	Khối lượng riêng	kg/m ³
τ	Thời gian	s
τ_0	Thời gian đầu	s
τ_m	Thời gian sấy	s
τ_N	Thời gian kết thúc	s
Φ	Thế dẫn ẩm	°M
φ	Độ ẩm tương đối của TNS	%
ω	Độ ẩm tương đối của vật liệu	% (kg/kgvла)
ω_k	Độ ẩm tuyệt đối của vật liệu	% (kg/kgvlk)
Ω	Sự gia tăng nhiệt độ theo thời gian	K/s
ω_{ke}	Độ ẩm cân bằng của vật liệu	% (kg/kgvlk)
ω_{ko}	Độ ẩm ban đầu của vật liệu	% (kg/kgvlk)
ω_{kt}	Độ ẩm của vật liệu ứng với thời gian τ	% (kg/kgvlk)
ω_o	Độ ẩm tương đối ban đầu	% (kg/kgvла)

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

CHỮ VIẾT TẮT	Ý NGHĨA
BH	Thiết bị bay hơi
BS	Buồng sấy
HTS	Hệ thống sấy
MN	Máy nén
MSLf	Phương sai không tương thích
MSLp	Phương sai ngẫu nhiên
NT	Thiết bị ngưng tụ
NT1	Thiết bị ngưng tụ phụ
NT2	Thiết bị ngưng tụ chính
QU	Quạt
SPS	Sản phẩm sấy
TBS	Thiết bị sấy
TL	Tiết lưu
MCL	Môi chất lạnh
TNS	Tác nhân sấy
TNTC	Truyền nhiệt truyền chất
TYT	Thực nghiệm toàn phần
VL	Vật liệu
VLA	Vật liệu ẩm
VLK	Vật liệu khô
VLS	Vật liệu sấy
VTS	Vận tốc sấy
vla	Vật liệu ẩm
vlk	Vật liệu khô

DANH MỤC HÌNH

TRANG

Hình 1.1. Sản phẩm phấn hoa	5
Hình 1.2. Phấn hoa tươi	5
Hình 1.3. Thu hoạch phấn hoa	9
Hình 1.4. Phơi nắng.....	9
Hình 1.5. Sấy bằng thiết bị.....	9
Hình 1.6. Sơ đồ quy trình khai thác - xử lý và bảo quản phấn hoa.....	10
Hình 1.7. Sấy phấn hoa bằng năng lượng mặt trời	13
Hình 1.8. Tủ sấy bằng hồng ngoại	14
Hình 1.9. Tủ sấy bằng điện trở.....	14
Hình 1.10. Tủ sấy thăng hoa	14
Hình 1.11. Thiết bị sấy chân không	14
Hình 1.12. Đồ thị I - d biểu diễn quá trình sấy	20
Hình 1.13. Sơ đồ nguyên lý TBS bơm nhiệt có cào đảo trộn VLS.....	23
Hình 1.14. Đồ thị không khí ẩm hệ thống sấy bơm nhiệt	24
Hình 1.15. Đồ thị logP – i của môi chất lạnh.....	25
Hình 2.1. Quy trình nghiên cứu của luận án	34
Hình 2.2. Thiết bị thí nghiệm xác định hệ số dẫn ẩm và khuếch tán ẩm phấn hoa ..	47
Hình 2.3. Thiết bị sấy bơm nhiệt làm thực nghiệm	55
Hình 3.1. Phân bố nhiệt độ trong nửa tấm phẳng ở các thời điểm $\tau = \tau_n$	61
Hình 3.2 Phân bố hàm $f_2^*(X, Fo) = \frac{1}{\sqrt{4\pi Fo}} \exp - \frac{(1 \pm X)^2}{4Fo}$	72
Hình 3.3. Sơ đồ hệ thống thiết bị thí nghiệm đo đồng thời hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng vật liệu ẩm	77
Hình 3.4. Thiết bị thí nghiệm đo đồng thời hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng vật liệu ẩm	78
Hình 3.5. Lưu đồ thuật toán xác định đồng thời hai hệ số khuếch tán ẩm a_m và hệ số truyền ẩm h_m	83

TRANG

Hình 3.6. Lưu đồ thuật toán xác định thời gian sấy τ	89
Hình 3.7. Đồ thị mô tả sự phụ thuộc của các yếu tố đến ρ_v	91
Hình 3.8. Hộp đen mô tả quá trình nghiên cứu.....	102
Hình 3.9. Đồ thị ảnh hưởng các hệ số hồi quy đến chi phí điện năng riêng Ar.....	114
Hình 3.10. Đồ thị ảnh hưởng các hệ số hồi quy đến phần trăm vitamin %C	115
Hình 3.11. Đồ thị ảnh hưởng các hệ số hồi quy đến tỷ lệ thu hồi sản phẩm %M .	116
Hình 3.12. Đường cong sấy	120

DANH MỤC BẢNG

TRANG

Bảng 1.1. Thành phần phấn hoa	6
Bảng 1.2. Các tiêu chuẩn chất lượng của phấn hoa	11
Bảng 1.3. Hàm lượng vitamin C và hàm lượng Carotene trong phấn hoa.....	18
Bảng 2.1. Các mô hình xác định thời gian sấy lớp mỏng.....	39
Bảng 3.1. Số liệu thực nghiệm xác định khối lượng riêng ρ_v	90
Bảng 3.2. Hệ số dẫn nhiệt và hệ số khuếch tán nhiệt của gạo	92
Bảng 3.3. Giá trị thực nghiệm ở dạng thực hệ số dẫn nhiệt, <u>hệ số khuếch tán nhiệt</u> của phấn hoa.....	94
Bảng 3.4. Giá trị thực nghiệm ở dạng thực hệ số khuếch tán ẩm a_m , hệ số truyền ẩm h_m phấn hoa	96
Bảng 3.5. Kết quả thực nghiệm xác định thời gian sấy phấn hoa bằng TBS bơm nhiệt.....	99
Bảng 3.6. Đánh giá sai số thời gian sấy.....	100
Bảng 3.7. Kết quả thực nghiệm xác định chế độ sấy phấn hoa	101
Bảng 3.8. Mức và khoảng biến thiên các yếu tố đầu vào dạng bậc I.....	104
Bảng 3.9. Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm ở dạng mã hóa	104
Bảng 3.10. Mức và khoảng biến thiên các yếu tố đầu vào dạng bậc II	107
Bảng 3.11. Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm ở dạng mã hóa.....	108
Bảng 3.12. Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm ở dạng thực	109
Bảng 3.13. Thông số quá trình sấy thực nghiệm.....	119

MỞ ĐẦU

1. Đặt vấn đề

Việt Nam là một nước nhiệt đới có diện tích rừng tự nhiên rất lớn với thảm thực vật đa dạng, nguồn hoa phong phú, đây là nguồn thức ăn dồi dào cho ong mật, là tiền đề cho nghề nuôi ong.

Theo số liệu của hiệp hội nuôi ong ở Việt Nam, hiện nay cả nước ước tính có gần 1.500.000 đàn ong trong đó có 1.150.000 đàn ong ngoại và 350.000 đàn ong nội, sản lượng hàng năm ước đạt khoảng trên 70.000 tấn mật ong.

Nhờ chính sách khuyến khích đầu tư của nhà nước, nhu cầu thị trường trong nước và quốc tế ngày càng tăng, trong những năm gần đây nghề nuôi ong đã có những bước phát triển rõ rệt cả về quy mô lẫn chất lượng. Điều đó đã tạo công ăn việc làm và cải thiện đời sống cho một lượng lớn lao động ở nước ta với số lượng khoảng 34.000 người, trong đó số người nuôi ong chuyên nghiệp khoảng 6.350 người, chiếm 18,67%.

Sản phẩm khai thác từ loài ong mật không chỉ có mật ong mà còn có nhiều sản phẩm khác như sữa ong chúa, phấn hoa, nọc ong, keo ong, sáp ong và cả xác của các loài ong. Cho đến nay đã có nhiều nghiên cứu khoa học ở thế giới đã khẳng định phấn hoa không chỉ là thức ăn của loài ong mà còn là một nguồn dược liệu, thực phẩm có giá trị khá cao cho đời sống và cũng là mặt hàng xuất khẩu đem lại nguồn ngoại tệ đáng kể.

Phấn hoa sau khi thu hoạch về có hàm lượng nước rất cao, từ 20 ÷ 30% (Campos và ctv, 2003, 2008, 2010; Morgano và ctv, 2012) nên chúng dễ bị lên men và bị thối rữa. Do vậy muốn phấn hoa thành một sản phẩm thương mại đòi hỏi phải tiến hành làm khô và bảo quản trong một thời gian nhất định.

Qua khảo sát thực tế thì ở các cơ sở nuôi ong hiện nay vẫn chưa có các thiết bị để làm khô một cách hợp lý về kinh tế và kỹ thuật để bảo quản phấn hoa. Người nuôi ong chủ yếu đem phấn hoa thu được ra phơi khô ngoài nắng, hoặc đưa vào sấy trong các lò sấy thủ công, đốt nóng bằng than, củi. Với

phương pháp này đã làm cho phấn hoa không đảm bảo tiêu chuẩn chất lượng, mất đi những giá trị quý giá vốn có của nó, đồng thời tiềm ẩn nguy cơ gây hại cho người tiêu dùng. Do đó phấn hoa Việt Nam vẫn chưa thể xuất khẩu phổ biến như các loại sản phẩm ong mật khác mà chủ yếu dùng cho thị trường trong nước hoặc dùng cho ong ăn lại.

Từ những nguyên nhân trên và qua tìm hiểu, được biết hiện nay ở Việt Nam chưa có công trình nào nghiên cứu một cách bản chất quá trình truyền nhiệt truyền chất của phấn hoa khi sấy, từ đó đưa ra mô hình TBS hợp lý trong thực tiễn sản xuất tại Việt Nam. Nên với mong muốn đưa ra công nghệ và thiết bị sấy phấn hoa thích hợp nhằm khắc phục cách làm thủ công, đảm bảo chất lượng vốn quý của chúng và nâng cao hiệu quả kinh tế trong việc khai thác chế biến và bảo quản phấn hoa. Chúng tôi đề xuất đề tài “*Nghiên cứu kỹ thuật sấy phấn hoa ở Việt Nam*” để nghiên cứu nhằm đạt yêu cầu được đề ra.

2. Mục tiêu của đề tài

Với đề tài đã chọn, chúng tôi tập trung giải quyết năm mục tiêu cụ thể sau đây:

- Nghiên cứu bản chất công nghệ thiết bị sấy phấn hoa ở Việt Nam và thế giới, từ đó đề xuất thiết bị sấy phấn hoa phù hợp trong điều kiện tại Việt Nam.
- Nghiên cứu bản chất truyền nhiệt truyền chất của vật liệu ẩm, đề xuất một phương pháp mới đồng thời xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng cho vật liệu ẩm nói chung và cho phấn hoa nói riêng để làm cơ sở cho tính toán thiết kế TBS.
- Từ mô hình toán lý thuyết cho truyền ẩm theo nghiên cứu của Dincer và Hussain, xây dựng một thuật toán để thực nghiệm xác định đồng thời hệ số truyền ẩm, hệ số khuếch tán ẩm của phấn hoa.
- Trên cơ sở phương pháp tương tự của Trần Văn Phú, đề xuất xây dựng thuật toán xác định thời gian sấy để tính toán thiết kế với TBS đã đề xuất.
- Bằng qui hoạch thực nghiệm trên thiết bị sấy thiết kế chế tạo, xác định các thông số công nghệ đạt chất lượng và hiệu quả kinh tế phù hợp với thực tế sản xuất phấn hoa tại Việt Nam và xuất khẩu.

3. Giá trị khoa học, thực tiễn và điểm mới của đề tài

3.1. Giá trị khoa học

Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết quá trình truyền nhiệt truyền chất trong các vật liệu ẩm. Chúng tôi đề xuất một phương pháp mới cho phép đồng thời xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng của vật liệu ẩm nói chung và của phấn hoa nói riêng ở một nhiệt độ, độ ẩm trung bình ban đầu nào đó. Cơ sở toán học của phương pháp do chúng tôi đề xuất là hai nghiệm giải tích gần đúng của bài toán dẫn nhiệt trong nửa tấm phẳng một chiều với điều kiện biên loại 2 đối xứng khi Fourier đủ bé. Phương pháp này cho phép tìm mối quan hệ giữa hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng với độ ẩm và nhiệt độ: $\lambda = f(\omega, t)$, $a = f(\omega, t)$, $c = f(\omega, t)$. Kiểm chứng lý thuyết đã xây dựng bằng thực nghiệm cho thấy kết quả là chấp nhận được.

Đóng góp thứ 2 về mặt lý thuyết là chúng tôi đề xuất thuật toán đồng thời xác định hệ số dẫn ẩm $h_m = f(v, t)$ và hệ số khuếch tán ẩm $a_m = f(v, t)$ của phấn hoa để từ đó ứng dụng xác định thời gian sấy bằng phương pháp tương tự làm cơ sở cho tính toán thiết kế TBS.

3.2. Giá trị thực tiễn

Trên cơ sở nghiên cứu tổng quan về đối tượng sấy, thiết bị sấy phấn hoa, phân tích ưu nhược điểm về tính kinh tế và kỹ thuật, chúng tôi đã đề xuất một mô hình thiết bị sấy phấn hoa hợp lý cho qui mô hộ gia đình ở Việt Nam là thiết bị sấy bằng bơm nhiệt hồi lưu toàn phần với tác nhân sấy chuyển động vuông góc với lớp vật liệu sấy và có cào đảo trộn vật liệu trong quá trình sấy.

Trên cơ sở mô hình đã đề xuất, ứng dụng kết quả nghiên cứu lý thuyết để tính toán thiết kế, chế tạo và khảo nghiệm, đã xác định chế độ sấy, kết cấu thiết bị phù hợp tại Việt Nam.

Mô hình với chế độ sấy phù hợp đã được chuyển giao cho cơ sở sản xuất, với sản phẩm phấn hoa đạt giá trị kinh tế và chất lượng được xã hội chấp nhận, góp phần nội địa hóa thiết bị sản xuất phấn hoa, tiết kiệm chi phí nhập khẩu thiết bị sản

xuất cho Việt Nam, phù hợp với chính sách khoa học công nghệ của quốc gia. Đây là đóng góp về mặt thực tiễn của luận án.

3.3. Điểm mới của đề tài

- Xây dựng phương pháp mới xác định đồng thời hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng của vật liệu ẩm theo các công thức sau:

$$+ \text{Hệ số dẫn nhiệt: } \lambda = \frac{4qL(t_{tb}(\tau) - t_0)}{\pi(t_1(\tau) - t_0)^2}, \text{ W/(m.K)}$$

$$+ \text{Hệ số khuếch tán nhiệt: } a = \frac{4L^2(t_{tb}(\tau) - t_0)^2}{\pi\tau(t_1(\tau) - t_0)^2}, \text{ m/s}$$

$$+ \text{Nhiệt dung riêng: } C_v = \frac{q.\tau}{L.(t_{tb} - t_0).\rho_v}, \text{ J/(kg.K)}$$

- Bằng thực nghiệm xây dựng mô hình toán học xác định: khối lượng riêng $\rho_v = f(\omega, d)$, hệ số dẫn nhiệt $\lambda = f(\omega, t)$, hệ số khuếch tán nhiệt $a = f(\omega, t)$, nhiệt dung riêng $C = f(\omega, t)$, hệ số dẫn ẩm $h_m = f(v, t)$ và hệ số khuếch tán ẩm $a_m = f(v, t)$ của phấn hoa để làm cơ sở cho quá trình tính toán nhiệt nói chung cũng như tính toán thiết kế TBS nói riêng.

- Trên cơ sở mô hình đã đề xuất, ứng dụng kết quả nghiên cứu lý thuyết để tính toán thiết kế chế tạo và khảo nghiệm mô hình để xây dựng chế độ sấy và kết cấu thiết bị phù hợp với điều kiện Việt Nam.

- Mô hình đã được chuyển giao cho công ty TNHH Cửu Long Bee, với sản phẩm phấn hoa đạt giá trị kinh tế và chất lượng được xã hội chấp nhận.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1. Tổng quan về phấn hoa

Trong phần này chúng tôi sẽ trình bày 5 vấn đề xung quanh các nghiên cứu về phấn hoa.

1.1.1. Khái niệm về phấn hoa

Phấn hoa hay còn gọi phấn ong có tên tiếng anh là bee pollen. Chúng là những tế bào sinh sản giống đực của các loài hoa được những con ong thợ thu gom mang về làm thức ăn của loài ong. Thành phần chính phấn hoa bao gồm nhụy hoa, mật hoa và mật ong.



Hình 1.1. Sản phẩm phấn hoa



Hình 1.2. Phấn hoa tươi

1.1.2. Thành phần hóa học và công dụng của phấn hoa

1.1.2.1. Thành phần hóa học

Thành phần hóa học cơ bản của phấn hoa tươi gồm có: nước, protein, axit amin, chất béo và các loại đường. Ngoài ra, phấn hoa còn có khá nhiều loại men và các chất có hoạt tính sinh học rất hữu ích cho cơ thể con người. Thành phần của phấn hoa thay đổi phụ thuộc vào điều kiện khí hậu, địa lý, nguồn gốc thực vật (Campos và ctv, 2003, 2008, 2010) cụ thể như sau:

- Nước: Hàm lượng nước trong phấn hoa chiếm khoảng 20 – 30%.
- Protein: Trong phấn hoa, hàm lượng protein trong phấn hoa rất phong phú, chiếm khoảng 10 – 40%, tùy thuộc vào nguồn gốc loài hoa. Hàm lượng protein là thành phần quyết định đến chất lượng của phấn hoa.
- Axit amin: Các axit amin cần thiết cho nhu cầu con người như phenylalanine,

leucine, valine, isoleucine, arginine, histidine, lysine, ...đều được tìm thấy ở hầu hết trong các loại phán hoa.

- Vitamin: Các vitamin trong phán hoa bao gồm: vitamin C, B1, B2, B6, D, E, PP, P cùng các axit pantothenic, axit biotin, axit folic, provitamin A.

- Đường: Chiếm từ 13 - 55% thành phần phán hoa, bao gồm: lactose, fructose, sacarose, rafinose, stakiose.

- Khoáng chất và các nguyên tố vi lượng: Trong phán hoa có chứa nhiều khoáng chất và các nguyên tố vi lượng như K, Ca, Na, P, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn, Ti, Ni, Si, Cl, ...

Thành phần phán hoa theo khối lượng cụ thể được cho ở bảng sau (Campos và ctv, 2003, 2008, 2010):

Bảng 1.1. Thành phần phán hoa

Thành phần chính	g trong 100g
Carbohydrates (fructose, glucose, sucrose, fibers)	13 – 55
Các chất xơ	0,3 – 20
Protein	10 – 40
Chất béo	1 – 13
Vitamins	mg trong 100g
Axit Ascorbic	7 – 56
b-Carotin (provitamine A)	1 – 20
Tocopherol (vitamine E)	4 – 32
Niacin (B3)	4 – 11
Pyridoxin (B6)	0,2 – 0,7
Thiamin (B1)	0,6 – 1,3
Riboflavin (B2)	0,6 – 2
Axit Pantothenic	0,5 – 2

Axit Folic	0,3 – 1
Biotin (H)	0,05 – 0,07
Khoáng chất	mg trong 100g
Kali	400 – 2000
Photpho	80 – 600
Canxi	20 – 300
Magie	20 – 300
Kẽm	3 – 25
Mangan	2 – 11
Sắt	1,1 – 17
Đồng	0,2 – 1,6

1.1.2.2. Công dụng của phấn hoa

Kết quả nghiên cứu của Johanna Barajas và ctv (2009), Campos và ctv (2010) đã khẳng định rằng phấn hoa là một loại thực phẩm có chứa đầy đủ thành phần dinh dưỡng như đạm, đường, béo, vitamin, enzyme và các khoáng chất có giá trị sinh học cao nên phấn hoa là nguồn dược phẩm, thức ăn tự nhiên bổ sung và là loại thực phẩm chức năng rất có lợi cho sức khoẻ của con người. Tuy nhiên hiệu dụng của phấn hoa cao hay thấp còn phụ thuộc nhiều vào yếu tố môi trường tác động trong suốt quá trình thu hoạch, sơ chế và bảo quản chúng.

Theo y học cổ truyền, việc sử dụng phấn hoa để bồi bổ cơ thể và chữa bệnh đã có từ rất lâu.

Theo các chuyên gia về đông y, phấn hoa có vị ngọt là một dược liệu thiên nhiên có tác dụng bồi bổ cơ thể và chữa được nhiều bệnh. Người ta thường dùng phấn hoa để trị chứng suy nhược, thận tinh bất túc với các triệu chứng mệt rã rời, bòn chòn, bức bối, hoa mắt, chóng mặt, mất ngủ, hay quên, ăn kém, suy giảm tình dục, đau lưng mỏi gối, liệt dương, di tinh, xuất tinh sớm, ái ám nhiều, muộn

con, tắt kinh sớm.

Các nhà nghiên cứu đã đưa ra nhiều bằng chứng ghi nhận, phấn hoa có tác dụng phòng chống cao huyết áp, xơ vữa động mạch, tiêu đường, viêm loét dạ dày tá tràng, viêm gan, chống lão hóa, chống phóng xạ, tăng cường công năng miễn dịch, thúc đẩy quá trình tạo huyết, kiện não, bồi túy, cải thiện trí nhớ, điều tiết nội tiết tố, không ché tuyển tiền liệt tăng sinh, tăng cường khả năng tình dục, phòng chống ung thư và làm đẹp da.

Ngoài ra, phấn hoa sử dụng kết hợp với mật ong dùng trong điều trị bệnh cao huyết áp, làm bình thường hoạt động của dạ dày nhất là trong bệnh viêm loét ruột kết và táo bón mãn tính. Hơn nữa, phấn hoa còn có tác dụng kích thích tiêu hoá, ăn ngon, tăng tiết dịch vị và dùng để chữa bệnh về mắt do thiếu vitamin A hoặc được sử dụng để phòng, trị bệnh viêm và u tuyển tiền liệt ở nam giới.

Do có giá trị rất lớn về mặt dinh dưỡng nên phấn hoa còn được đưa vào khẩu phần ăn hàng ngày hoặc được chế biến thành các loại thực phẩm chức năng.

Phấn hoa khi sử dụng cùng với sữa ong chúa và mật ong sẽ kích thích trẻ em biếng ăn và người lớn yếu mệt do làm việc quá sức về trí óc cũng như chân tay, người bị suy nhược thần kinh, người cao tuổi.

1.1.3. Khai thác – xử lý và bảo quản phấn hoa

1.1.3.1. Khai thác phấn hoa

Khi mùa hoa nở, đàn ong thợ bay đi khắp vùng hoa, ngoài việc hút mật, ong còn thu gom về một lượng hạt phấn hoa rất lớn từ các loại hoa khác nhau để làm thức ăn. Ong thợ thường thu gom phấn hoa về tổ nhiều hơn nhu cầu mà đàn ong cần, do đó để thu hoạch phấn hoa người nuôi ong đặt trước cửa tổ ong một tấm lưới phía dưới đặt một máng hứng phấn, kích thước lỗ được thiết kế sao cho khi con ong chui qua chỉ được mang theo một lượng phấn hoa vừa đủ để làm thức ăn còn lại bị gạt và rơi xuống máng hứng. Theo hiệp hội nuôi ong, mỗi tổ ong thường thu hoạch khoảng $(60 \div 70) \%$ phấn hoa, $(30 \div 40) \%$ còn lại để ong mang về tổ làm thức ăn và trung bình mỗi đàn ong thu hoạch $(200 \div 300) \text{ g/ngày}$.



Hình 1.3. Thu hoạch phấn hoa

1.1.3.2. Xử lý và bảo quản phấn hoa

Phấn hoa sau khi thu hoạch về có hàm lượng ẩm khá cao từ (20 ÷ 30) %. Do đó sau khi thu hoạch cần phải được làm sạch tạp chất, xử lý và đưa vào bảo quản càng sớm càng tốt để tránh sự suy giảm giá trị dinh dưỡng, cảm quan và tăng trưởng của vi khuẩn, nấm mốc.

Trong thực tế sản xuất, phấn hoa sau thu hoạch thường được xử lý bằng các cách sau: phơi nắng, đông lạnh hoặc làm khô (sấy) bằng thiết bị sau đó tiếp tục loại bỏ tạp chất, đóng gói bảo quản trong môi trường khô ráo, mát mẻ và tránh ánh nắng mặt trời.

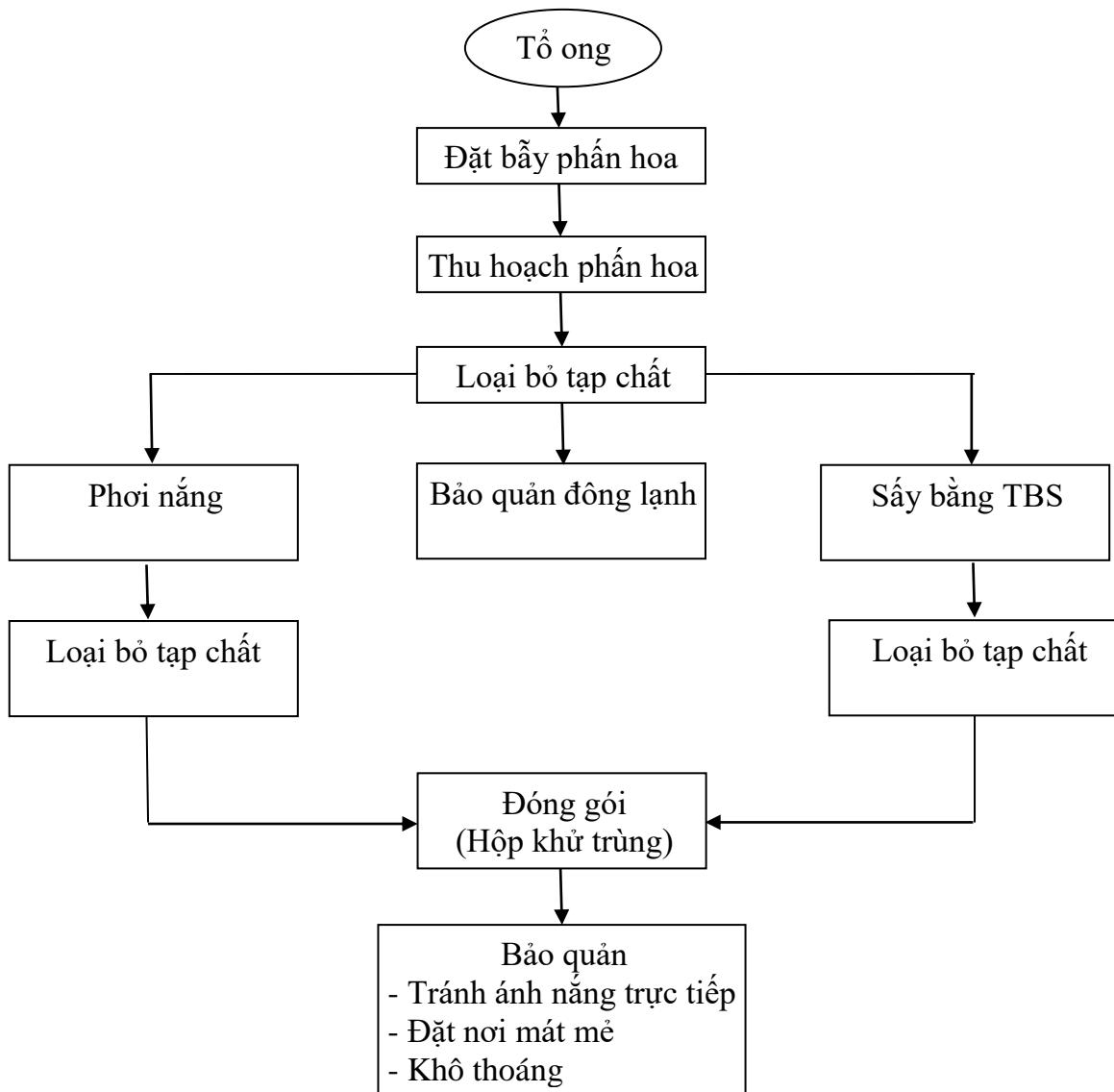


Hình 1.4. Phơi nắng



Hình 1.5. Sấy bằng thiết bị

Theo Campos (2008), qui trình khai thác xử lý và bảo quản phấn hoa cho ở lược đồ trên hình 1.6.



Hình 1.6. Sơ đồ quy trình khai thác - xử lý và bảo quản phấn hoa

1.1.4. Tiêu chuẩn chất lượng phấn hoa

Để đánh giá chất lượng của phấn hoa, người ta định lượng các axit amin, vitamin, hoặc các chất có hoạt tính chống ôxy hóa trong thành phần phấn hoa.

Cho đến nay, thành phần hóa học của phấn hoa rất được quan tâm nghiên cứu trên toàn thế giới, bao gồm nhiều lĩnh vực rộng lớn từ sinh lý học thực vật đến sinh hóa. Kết quả chỉ ra rằng có sự khác biệt đáng kể trong thành phần của phấn hoa giữa các nguồn thực vật, khu vực hoặc quốc gia khác nhau. Thành phần của phấn hoa phụ thuộc vào nguồn gốc và chủng loại hoa. Do đó, hiện nay trên thế giới vẫn

chưa có tiêu chuẩn chung để xác định tiêu chuẩn chất lượng của phấn hoa. Tuy nhiên ở một số quốc gia như: Brazil, Thụy Sĩ, Ba Lan, Uruguay, Bulgaria, Nga, Trung Quốc cũng như Việt Nam đã thiết lập các tiêu chuẩn tối thiểu đối với phấn hoa khô làm căn cứ trong giao dịch thương mại và dựa trên các tiêu chuẩn quốc gia khác nhau. Riêng tại nước Mỹ, để kiểm tra chất lượng của phấn hoa, một chỉ tiêu rất quan trọng luôn được đề cập đến đó là hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm phấn hoa.

Năm 2008, Campos đã đề xuất một "*Dự thảo tiêu chuẩn*" chất lượng toàn cầu của phấn hoa trong giao dịch thương mại. Tiêu chuẩn này cho trong bảng 1.2.

Bảng 1.2. Các tiêu chuẩn chất lượng của phấn hoa

A. Cảm quan	
Chỉ tiêu	Đặc điểm
Màu	Nâu, vàng, cam, màu cát, xanh xám, đen, tím.
Hình dạng	Khối hạt to rõ đều, giữ nguyên hình dáng bên ngoài, kích thước hạt khoảng từ 1 – 3mm. Các hạt không bể, nát hay đỗ vụn.
Mùi	Thơm đặc biệt của phấn hoa, tùy theo nguồn hoa.
Hương vị	Có vị hơi ngọt, chua, đắng, cay cụ thể theo nguồn hoa.
Tạp chất khác	Không có độc tố, vi khuẩn gây bệnh, nấm mốc, sâu bọ, áu trùng, côn trùng, sáp ong, đất, cát...
B. Chỉ tiêu hóa lý	
Chỉ tiêu	Đặc điểm
Hàm lượng nước	Dưới 8%
Tro	Dưới 6%
Protein	Trên 15%
Đường	Trên 40%
Chất béo	Trên 1,5%

1.2. Tình hình nghiên cứu sấy phán hoa trong và ngoài nước

1.2.1. Tình hình nghiên cứu sấy phán hoa ngoài nước

Theo Kai Yang và ctv (2010) thì với lãnh thổ rộng lớn, hệ thực vật đa dạng, khí hậu thuận lợi suốt cả năm và khoảng 300.000 người nuôi ong từ Nam ra Bắc, Trung Quốc hiện đang sở hữu 8,2 triệu tổ ong, là nhà sản xuất, tiêu dùng, xuất khẩu ong lớn nhất thế giới (bao gồm cả phán ong), tiếp theo là Tây Ban Nha, Úc, Argentina, Brazil, Thụy Sĩ, Ba Lan.

Phán hoa sau khi thu hoạch do độ ẩm cao ($20 \div 30\%$) nếu không được lưu trữ đúng cách chúng mất đi nhiều giá trị dinh dưỡng vì sự phát triển của nấm mốc và vi khuẩn. Vì vậy, sấy phán hoa là một khâu kỹ thuật rất quan trọng, nó có ý nghĩa quyết định đến giá trị dinh dưỡng và thương mại của phán hoa. Theo nghiên cứu của Johanna Barajas và ctv (2009), Campos và ctv (2010), Lê Minh Hoàng (2010), Lê Anh Đức (2011) để làm khô phán hoa có thể sử dụng các phương pháp như sau:

- Phơi nắng: Ở một số nơi, dùng trực tiếp ánh nắng mặt trời để nung nóng và làm khô phán hoa. Phán hoa sau khi được thu gom từ các máng hứng phán hoa, chúng được đổ vào các khay hoặc rải lên các tấm bạt để phơi nắng.

Tuy công nghệ đơn giản, chi phí đầu tư thấp, vận hành đơn giản nhưng thời gian sấy dài, khó kiểm soát điều kiện sấy, điều kiện vệ sinh thấp. Hơn nữa, phán hoa dễ bị biến chất dưới ảnh hưởng của tia tử ngoại của ánh sáng mặt trời. Do đó, hiện nay trên thế giới phương pháp này rất hạn chế.

- Sử dụng thiết bị sấy bằng không khí nóng. TBS loại này được xem như một phương pháp sấy thích hợp và thường được sử dụng trong sản phẩm thương mại. Bởi vì nó làm giảm thời gian sấy, cải thiện chất lượng vệ sinh của sản phẩm sấy và dễ dàng kiểm soát các điều kiện sấy. Hiện nay, nhiều nhà khoa học và hãng chế tạo đã có những nghiên cứu về TBS phán hoa dùng không khí nóng với nguồn cấp nhiệt đa dạng.

Ở Thổ Nhĩ Kỳ, Adnan Midilli cùng ctv (2009), (2010) đã nghiên cứu sử dụng TBS bằng năng lượng mặt trời để sấy phán hoa. Phương pháp này sử dụng nguồn năng lượng mặt trời nên có những ưu điểm là: chi phí đầu tư thấp, vận hành đơn

giản. Tuy nhiên, nhược điểm là kiểm soát điều kiện sấy rất kém do phụ thuộc vào thời tiết, thời gian sấy dài, chất lượng sản phẩm kém.



Hình 1.7. Sấy phân hoa bằng năng lượng mặt trời

Campos và ctv (2003), (2008), (2010) đã nghiên cứu về TBS với TNS được gia nhiệt bằng điện trở. Nghiên cứu đã đưa ra nhận xét, sấy phân hoa bằng không khí khô với nhiệt độ khoảng 40°C sẽ hạn chế được sự tổn thất của các chất dinh dưỡng có trong phân hoa.

Tại Colombia, Johana Barajas và ctv (2009) cũng đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ sấy của TBS bằng không khí nóng đến chất lượng phân hoa được khai thác bởi hai vùng khác nhau. Kết quả nghiên cứu đã khẳng định rằng hàm lượng vitamin C trong phân hoa bị thất thoát bởi nhiệt độ sấy và khuyến cáo nên sấy phân hoa ở nhiệt độ nhỏ hơn 45°C . Ngoài ra, các ông cũng cho rằng tổn thất vitamin C ở phân hoa các vùng khác nhau là không như nhau.

Năm 2016 ở Italy, Angelo Canale và ctv đã nghiên cứu về sự thay đổi của thành phần rutin, amino acids trong phân hoa với thiết bị sấy gia nhiệt bằng vi sóng trong môi trường chân không. Kết quả nghiên cứu đã khẳng định rằng với thiết bị sấy chân không bằng vi sóng thì hàm lượng rutin và amino acids được bảo toàn do nhiệt độ sấy thấp.

Ngoài ra, nhiều hãng chế tạo TBS ở Trung Quốc cũng như ở các nước khác trên thế giới đã nghiên cứu và áp dụng công nghệ sấy phân hoa bằng tia hồng ngoại. TBS bằng điện trở và tia hồng ngoại cho ở hình 1.8 và 1.9.



Hình 1.8. Tủ sấy bằng hồng ngoại



Hình 1.9. Tủ sấy bằng điện trở

Nhằm nâng cao chất lượng của phấn hoa, nhiều nước trên thế giới như Mỹ, Úc, Hà Lan, Đức, Tây Ban Nha,... đã sử dụng TBS chân không, TBS thăng hoa để sấy phấn hoa. Phương pháp này có ưu điểm rút ngắn đáng kể thời gian sấy và đặc biệt là giữ lại được hầu như đầy đủ các thành phần dinh dưỡng của phấn hoa. Thiết bị sấy thăng hoa và TBS chân không cho ở hình 1.10 và hình 1.11.



Hình 1.10. Tủ sấy thăng hoa



Hình 1.11. Thiết bị sấy chân không

1.2.2. Tình hình nghiên cứu sấy phấn hoa ở Việt Nam

Theo các số liệu của Hội nuôi ong Việt Nam, hiện nay ở Việt Nam đã có khoảng 1.500.000 đàn ong Ý (*Apis Mellifera*), sản lượng phấn hoa thu hoạch bình quân 2 kg/đàn, nghĩa là sản lượng phấn hoa cả nước vào khoảng 3.000 tấn/năm.

Tại Việt Nam, phấn hoa chủ yếu được tiêu thụ trong nước. Do thói quen cũng như giá trị kinh tế phấn hoa hiện nay chưa cao nên hầu hết người nuôi ong thường làm khô phấn hoa bằng cách phơi nắng hoặc sấy thủ công bằng khí nóng.

Do phấn hoa là sản phẩm có giá trị dinh dưỡng cao và được ưa chuộng trên thị trường xuất khẩu thế giới nên hiện nay trong nước cũng đã có nhiều công trình nghiên cứu nhằm nâng cao chất lượng phấn hoa.

Năm 2007, công ty cổ phần ong mật Đăk Lăk đã tiến hành đề tài thử nghiệm sấy phấn hoa bằng thiết bị sấy chân không. Kết quả bước đầu đã cho thấy phấn hoa khô thu được tốt hơn so với các loại phấn hoa sấy thủ công hoặc phơi nắng. Tuy nhiên do công suất còn hạn chế ($15 \div 20$) kg/ngày, thời gian sấy khá dài ($9 \div 10$) giờ.

Lê Minh Hoàng (2010) đã nghiên cứu sấy phấn hoa bằng sấy lạnh – chân không. Kết quả cho thấy chất lượng sản phẩm tương đối tốt. Tuy nhiên giá thành thiết bị cao, thời gian sấy dài nên chưa ứng dụng rộng rãi.

Lê Anh Đức và ctv (2011) đã nghiên cứu sấy phấn hoa bằng vi sóng trong môi trường chân không. Kết quả chất lượng sản phẩm tốt. Tuy nhiên, chưa được áp dụng rộng rãi vì giá thành thiết bị cao, thời gian sấy dài.

Năm 2013, Nguyễn Hữu Quyền cũng đã nghiên cứu sấy phấn hoa theo phương pháp sấy bơm nhiệt truyền động bằng tải. Kết quả chất lượng sản phẩm tốt. Tuy nhiên chi phí sấy lớn và thiết bị công kèm nên chưa được áp dụng rộng rãi.

1.3. Đánh giá lựa chọn phương pháp và thiết bị sấy phấn hoa

1.3.1. Đánh giá phương pháp và thiết bị sấy phấn hoa

Qua nghiên cứu các phương pháp sấy chúng tôi thấy rằng để làm khô phấn hoa thì có hai phương án: phơi nắng thủ công và làm khô bằng thiết bị sấy.

Do sử dụng trực tiếp nguồn năng lượng bức xạ mặt trời nên phương pháp phơi nắng có ưu điểm rất lớn là chi phí sấy thấp, tuy nhiên là phương pháp không phù hợp với đặc tính của phấn hoa do các nguyên nhân chính sau:

- Khó kiểm soát chế độ sấy và không chủ động do phụ thuộc vào thời tiết.
- Điều kiện vệ sinh kém ảnh hưởng chất lượng, vệ sinh an toàn của phấn hoa.
- Vật liệu tiếp xúc trực tiếp với năng lượng mặt trời làm mất hết các giá trị dinh dưỡng của phấn hoa.
- Tốn nhiều mặt bằng và nhân công.

Sấy bằng thiết bị sơ bộ chia thành hai phương pháp sau: Sấy nóng và sấy lạnh.

1.3.1.1. Phương pháp sấy nóng

Với phương pháp này ta xem như ẩm trong vật liệu sấy thoát ra do phân áp suất hơi nước trong vật tăng lên bằng cách đốt nóng vật. Theo phương pháp cấp nhiệt cho vật liệu có thể phân loại như sau:

- Sấy đối lưu: bản chất là vật liệu sấy và tác nhân sấy trao đổi nhiệt với nhau bằng đối lưu. Trong hệ thống sấy đối lưu người ta lại phân ra các loại: Hệ thống sấy buồng, hệ thống sấy hầm, hệ thống sấy tháp, ...
- Sấy tiếp xúc: trong phương pháp này vật liệu sấy nhận nhiệt bằng cách tiếp xúc với một bề mặt nóng.
- Sấy bức xạ: vật liệu sấy nhận nhiệt từ một nguồn bức xạ.
- Sấy bằng dòng điện cao tần hoặc dùng năng lượng điện từ trường: Nhiệt cung cấp cho vật sấy nóng lên nhờ dòng điện cao tần tạo nên bởi điện trường cao tần trong vật.

1.3.1.2. Phương pháp sấy lạnh

Căn cứ vào nhiệt độ sấy và cơ chế tạo ra động lực sấy sơ bộ có thể phân loại nhóm phương pháp này như sau: Sấy thăng hoa, sấy chân không, sấy bơm nhiệt và sấy khử ẩm hấp phụ.

- Sấy bơm nhiệt: sấy bơm nhiệt là phương pháp mà ở đây TNS được xử lý qua hệ thống bơm nhiệt. TNS là không khí trước hết được đưa qua thiết bị bay hơi để khử ẩm bằng cách làm lạnh dưới nhiệt độ đọng sương sau đó tiếp tục qua thiết bị ngưng tụ được gia nhiệt đến nhiệt độ yêu cầu rồi cho đi qua vật liệu sấy. Trong phương pháp sấy này nhiệt độ sấy có thể nhỏ hơn hay lớn hơn nhiệt độ môi trường.

Phương pháp sấy này có ưu điểm là: Đảm bảo điều kiện vệ sinh, chất lượng sản phẩm tốt, bảo toàn hầu hết các giá trị chất dinh dưỡng, cấu trúc, màu sắc thời gian sấy giảm. Tuy nhiên nhược điểm là cấu tạo phức tạp, chi phí đầu tư cao.

- Sấy khử ẩm hấp phụ: trong phương pháp này TNS được xử lý thông qua chất hấp phụ. Cụ thể TNS là không khí được đưa qua chất hút ẩm thải ẩm cho chất hút ẩm khô đi vào buồng sấy trao đổi nhiệt ẩm với VLS.

Với phương pháp sấy này, nhiệt độ của tác nhân sấy thấp có thể dưới nhiệt độ

môi trường. Ưu điểm của phương pháp này là: chất lượng sản phẩm tốt, bảo toàn các giá trị chất dinh dưỡng cũng các giá trị cảm quan và mùi vị. Tuy nhiên, nhược điểm là cấu tạo phức tạp, chi phí đầu tư lớn so với hệ thống sấy bằng bơm nhiệt do có thêm thiết bị khử ẩm hấp phụ. Ngoài ra, thời gian sử dụng ngắn do chất hấp phụ sẽ không hoàn nguyên được do lão hóa.

- Sấy chân không: bản chất phương pháp này là ẩm trong vật liệu sấy ở thể rắn nhận nhiệt lượng trong môi trường chân không chuyển thành hơi và thải ra môi trường bên ngoài. Do đó, phương pháp này động lực của quá trình sấy $\Delta \approx (p_v - p_h)$ được tạo ra bằng cách giảm phân áp suất hơi nước trong tác nhân sấy P_h nhờ bơm chân không, hoặc đồng thời giảm P_h nhờ bơm chân không và tăng phân áp suất P_v bằng cách đốt nóng vật liệu.

Phương pháp sấy này có ưu điểm rất lớn là: đảm bảo điều kiện vệ sinh, chất lượng sản phẩm tốt. Tuy nhiên nhược điểm là khó bảo toàn hương vị của vật do quá trình hút và xả hơi nước liên tục ra môi trường bên ngoài của bơm chân không. Ngoài ra, cấu tạo rất phức tạp, giá chi phí đầu tư và vận hành lớn, chỉ thích hợp để sấy các loại vật liệu sấy quý hiếm không chịu được ở nhiệt độ cao.

- Sấy thăng hoa: bản chất phương pháp này là ẩm thoát khỏi vật liệu nhờ quá trình thăng hoa nên thường gọi là sấy thăng hoa.

Do đó để tạo ra quá trình thăng hoa thì vật liệu sấy được làm lạnh dưới điểm ba thể của nước nghĩa là nhiệt độ của vật liệu $< 0,0098^{\circ}\text{C}$, áp suất bao quanh vật liệu $< 608 \text{ Pa}$ ($4,56 \text{ mmHg}$). Như vậy, trong các hệ thống sấy thăng hoa phải kết đồng vật đồng thời tạo chân không để cho nước trong vật sấy đạt trạng thái thăng hoa.

Tương tự như sấy chân không, phương pháp sấy này ưu điểm lớn là: đảm bảo điều kiện vệ sinh, chất lượng sản phẩm tốt, bảo toàn hầu hết các giá trị chất dinh dưỡng cũng các giá trị cấu trúc, màu sắc thời gian sấy nhanh. Tuy nhiên, nhược điểm của TBS này là khó bảo toàn hương vị của vật liệu, cấu tạo rất phức tạp, giá chi phí đầu tư và vận hành lớn, chỉ thích hợp để sấy các loại vật liệu sấy quý hiếm không chịu được ở nhiệt độ cao.

1.3.2. Phân tích lựa chọn phương pháp và thiết bị sấy

1.3.2.1. Những yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng phần hoa trong quá trình sấy

Sấy phần hoa là giảm hàm lượng nước trong phần hoa nhằm giảm thiểu sự hư hỏng do vi sinh vật gây ra và kéo dài thời gian sử dụng. Ngoài ra, làm giảm đáng kể trọng lượng cũng góp phần làm giảm chi phí lưu trữ, xử lý và phân phối.

Phần hoa chứa các loại vitamin như Provitamin A, B1, B2, B3, B5, B6, B12, C, D, E, H, K, PP và có nhiều loại men các chất có hoạt tính sinh học rất có ích cho cơ thể. Tuy nhiên các provitamine A, vitamin C và E là những vitamin dễ bị mất đi trong quá trình sấy. Vì vậy cần nghiên cứu các ảnh hưởng của phương pháp và chế độ sấy đến chất lượng phần hoa để nâng cao giá trị của sản phẩm.

Theo Johanna Barajas và các cộng sự (2009), khi nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình sấy phần hoa đã có nhận xét:

- Hàm lượng protein, hàm lượng chất xơ, hàm lượng tro không ảnh hưởng bởi nhiệt độ sấy.

- Vitamin là thành phần nhạy cảm với nhiệt độ, khi nhiệt độ sấy càng cao tồn thât vitamin càng nhiều trong đó vitamin C có tồn thât cao nhất so với các loại vitamin khác. Nhiệt độ sấy phần hoa được đề xuất là không quá 45 °C. Vitamin E rất dễ bị biến tính khi tiếp xúc trực tiếp với ôxy trong không khí. Provitamin A nhạy cảm cao với ánh sáng, nhiệt độ và các chất ôxy hóa

- Hàm lượng carotene giảm nhiều khi nhiệt độ tăng.

- Độ hòa tan của phần hoa giảm khi nhiệt độ sấy tăng.

Hàm lượng Vitamin C và Carotene trong phần hoa phụ thuộc nhiệt độ TNS cho ở bảng 1.3.

Bảng 1.3. Hàm lượng vitamin C và hàm lượng Carotene trong phần hoa

Trạng thái phần hoa	Hàm lượng Vitamin C (mg/100g)	Hàm lượng Carotene (mg/g)
Phần hoa tươi	40,22 ± 5,5	0,78 ± 0,2
Phần hoa sấy ở nhiệt độ 35 °C	31,75 ± 3,3	0,77 ± 0,3
Phần hoa sấy ở nhiệt độ 45 °C	27,35 ± 1,6	0,51 ± 0,03

Ngoài ra, Lê Minh Hoàng và các cộng sự (2010) đã nghiên cứu ảnh hưởng của các phương pháp sấy đến hoạt tính chống oxy hóa của phấn hoa. Kết quả nghiên cứu cho rằng nhiệt độ có ảnh hưởng đến tổn thất hoạt tính chống oxy hóa. Cụ thể khi phấn hoa sấy ở nhiệt độ 37 °C có hoạt tính chống ôxy hoá đạt ($64,06 \pm 0,76$) % cao hơn so với phấn hoa được sấy ở nhiệt độ 40 °C ($58,46 \pm 0,77$) %, ở nhiệt độ 43 °C ($50,16 \pm 0,77$) % và 46 °C ($48,32 \pm 0,76$) %.

Nghiên cứu của Adnan Midilli và ctv (1999), (2000) đã đưa ra nhận xét:

- Màu sắc và mùi vị của phấn hoa cũng thay đổi đáng kể khi tiếp xúc với môi trường bên ngoài.

- Khi sấy ở nhiệt độ cao thì màu sắc và mùi vị cũng thay đổi đáng kể.

- Thời gian sấy càng ngắn thì càng ít bị tổn thất về mặt dinh dưỡng.

Các ông đã kiến nghị nên sấy phấn hoa ở nhiệt độ từ 40 đến 45 °C trong môi trường không tiếp xúc với ánh sáng và không khí bên ngoài.

Năm 2016 ở Italy, Angelo Canale và ctv đã nghiên cứu về sự thay đổi của thành phần rutin, amino acids trong phấn hoa với thiết bị sấy gia nhiệt bằng vi sóng trong môi trường chân không. Kết quả nghiên cứu đã khẳng định rằng với nhiệt độ sấy thấp thì hàm lượng rutin và amino acids được bảo toàn.

1.3.2.2. Phân tích cơ chế sấy

Quá trình sấy là quá trình tách âm, chủ yếu là nước và hơi nước ra khỏi vật liệu sấy để thả vào môi trường. Theo Trần Văn Phú (2010), động lực của quá trình tách âm đó hay còn gọi là động lực sấy chính là độ chênh phân áp suất riêng phần của hơi nước giữa các phần của VLS và giữa bề mặt của nó với môi trường. Động lực đó gồm:

Nếu gọi p_v , p_{bm} , p_h tương ứng là phân áp suất của hơi nước trong lòng vật, trên bề mặt vật và phân áp suất hơi nước trong môi trường xung quanh thì:

- Động lực để dịch chuyển âm từ tâm ra bề mặt vật liệu sấy Δ_1 tỉ lệ thuận với độ chênh lệch $p_v - p_{bm}$ hay $\Delta_1 \approx p_v - p_{bm}$.

- Động lực để dịch chuyển âm từ bề mặt vật liệu sấy ra môi trường Δ_2 tỉ lệ thuận với độ chênh $p_{bm} - p_h$ hay $\Delta_2 \approx (p_{bm} - p_h)$.

- Động lực của quá trình sấy Δ chính là độ chênh lệch phân áp suất $p_v - p_h$: $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 \approx (p_v - p_h)$.

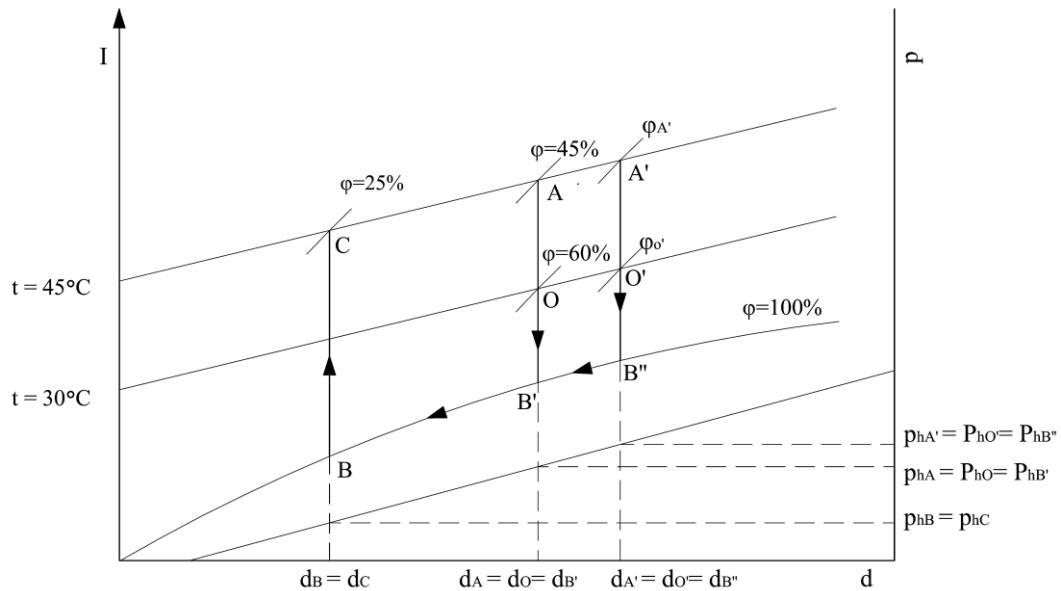
Do đó để tạo ra động lực sấy ta có thể thực hiện theo các cơ chế sau.

- Thứ nhất là tăng phân áp suất hơi nước p_v nhờ cung cấp năng lượng cho các phần tử nước trong vật liệu còn giữ nguyên phân áp suất p_h .

- Thứ hai ngược lại giảm phân áp suất p_h bằng cách giảm lượng nước trong môi trường xung quanh và giữ nguyên phân áp suất p_v .

- Thứ ba kết hợp cả hai bằng cách vừa tăng phân áp suất hơi nước p_v trong vật đồng thời giảm phân áp suất hơi nước p_h .

Như vậy ta thấy cơ chế thứ 3 có động lực sấy lớn nhất. Hay nói cách khác với cùng một nhiệt độ sấy thì phương pháp sấy nóng có động lực sấy nhỏ hơn sấy lạnh, điều này sẽ rõ hơn ở ví dụ dưới đây.



Hình 1.12. Đồ thị I – d biểu diễn quá trình sấy

Xét 2 cơ chế sấy nóng và sấy lạnh (sấy bơm nhiệt) với TNS là không khí ở một nhiệt độ sấy 45°C . Trạng thái TNS được thể hiện trên đồ thị I – d (hình 1.12), ta thấy:

- Cơ chế sấy nóng: TNS từ trạng thái O ($\varphi_o = 60\%$, $t = 35^{\circ}\text{C}$, p_{hO}) được đốt nóng đến trạng thái A ($\varphi_A = 45\%$, $t_A = 45^{\circ}\text{C}$, $p_{hO} = p_{hA}$). Ta thấy động lực sấy $\Delta_n \approx (p_v - p_{hA})$ chỉ tạo ra phân áp suất hơi nước p_v trong VLS tăng lên do vật bị đốt nóng

còn phân áp suất hơi nước p_h thì không thay đổi $p_{hO} = p_{hA}$

- Cơ chế sấy lạnh: TNS từ trạng thái O ($\varphi_o = 60\%$, $t_o = 35^\circ C$, p_{hO}) được làm lạnh và sau đó được gia nhiệt đến trạng thái C ($\varphi_C = 25\%$, $t_C = 45^\circ C$, p_{hC}). Động lực sấy $\Delta_l \approx p_v - p_{hO}$ được tạo ra, do đồng thời tăng phân áp suất hơi nước p_v bởi VLS được đốt nóng và giảm phân áp suất hơi nước trong TNS p_h bởi quá trình làm lạnh tách âm $\Delta d = d_1 - d_2$ ($p_{hC} < p_{hO}$).

Qua khảo sát hai cơ chế sấy nóng và sấy lạnh nêu trên ta thấy ở cùng một nhiệt độ sấy thì phương pháp sấy lạnh có động lực sấy lớn hơn và khả năng nhận âm nhiều hơn do độ âm tương đối nhỏ hơn.

Ngoài ra, xét TNS từ trạng thái O' có $t = 35^\circ C$, $\varphi_o' > \varphi_o$ (60%), nếu đốt nóng đến trạng thái A' có $t_{A'} = 45^\circ C$ thì ta có $\varphi_{A'} > \varphi_A$ (45%), và nếu được làm lạnh thì TNS ở trạng thái C sẽ không thay đổi phụ thuộc vào năng suất dàn lạnh. Nói cách khác, trong sấy nóng, khi độ âm tương đối của không khí cao sẽ dẫn đến khả năng nhận âm của TNS giảm do độ âm tương đối tăng. Vì vậy, khi độ âm tương đối của không khí cao thì cơ chế sấy lạnh càng hiệu quả.

1.3.2.3. Lựa chọn phương pháp và thiết bị sấy

Qua tìm hiểu về đặc tính, thành phần giá trị của phấn hoa và các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng phấn hoa trong quá trình sấy cũng như qua nghiên cứu phân tích các phương pháp và thiết bị sấy. Ta thấy mỗi phương pháp sấy đều có ưu, nhược điểm riêng do đó tùy theo điều kiện thực tế mà lựa chọn phương pháp và TBS sao cho phù hợp, thỏa mãn mục tiêu về chất lượng và chi phí sấy.

Do tính phức tạp của sấy chân không, sấy thăng hoa nên giá thành và chi phí vận hành cao của TBS này cao. Trong khi giá trị thương mại của phấn hoa ở Việt Nam không cao. Giá 1 kg phấn hoa khô khoảng 350.000 VNĐ/kg. Nên các TBS sấy chân không và sấy thăng hoa không phù hợp bằng TBS bằng bơm nhiệt trong việc lựa chọn để sấy phấn hoa ở Việt Nam như hiện nay.

Do phấn hoa là vật liệu rất nhạy cảm với nhiệt độ và thời gian sấy. Do đó phương pháp sấy nóng và đặc biệt là thời gian sấy dài là không phù hợp.

Phấn hoa có kích thước nhỏ không đồng đều, trọng lượng nhẹ, kết cấu hạt

không vững bền, dễ vỡ khi bị tác động. Do đó dùng TBS tầng sôi, TBS thùng quay, TBS tháp để sấy phấn hoa là không phù hợp vì sẽ làm phá vỡ kết cấu hạt gây thất thoát cũng như giá trị cảm quan của phấn hoa.

Sản lượng phấn hoa ở một trại nuôi ong ở Việt Nam là không nhiều khoảng ($30 \div 40$) kg/ngày. Hơn nữa đặc thù của nghề nuôi ong là phải di chuyển theo nguồn hoa nên việc lựa chọn TBS bằng tải liên tục là không phù hợp do tính cồng kềnh của thiết bị.

Ngoài ra, do tính chất của phấn hoa là vật liệu rất nhạy cảm với thành phần oxy hóa và mùi là thành phần quyết định giá trị cảm quan của phấn hoa. Nên chúng tôi chọn chế độ sấy hồi lưu toàn phần để hạn chế vật liệu sấy tiếp xúc với môi trường bên ngoài và giảm thiểu tổn thất mùi vị.

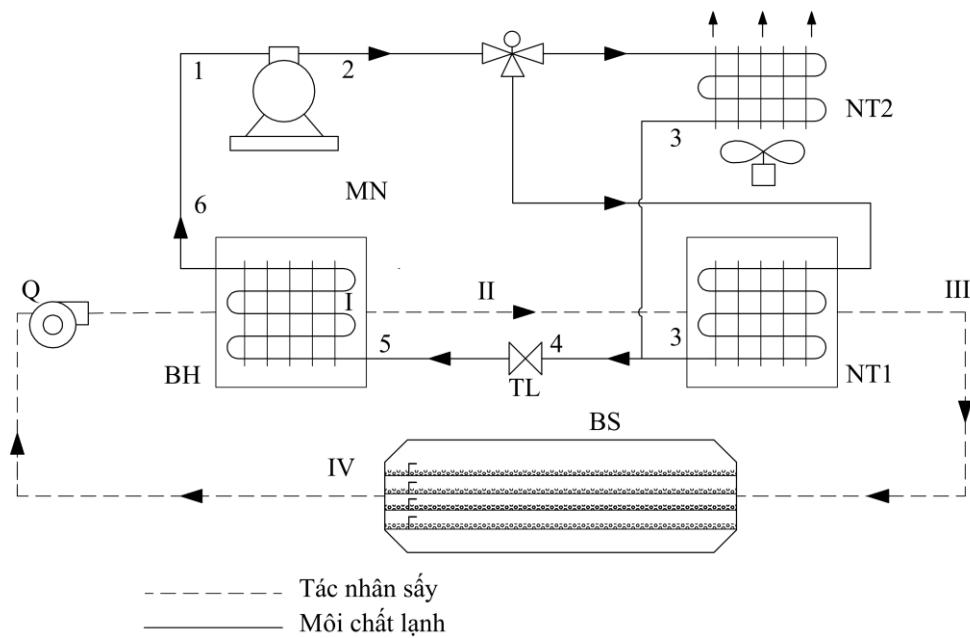
Theo định tính, khi vật liệu sấy được đảo trộn thì hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm giữa TNS và VLS sẽ tốt hơn và làm tăng khả năng thoát ẩm của vật liệu dẫn đến thời gian sấy rút ngắn. Vì vậy, chúng tôi sử dụng cào để đảo trộn vật liệu trong quá trình sấy.

Như vậy, căn cứ vào điều kiện khí hậu, kinh tế và kỹ thuật của Việt Nam, chúng tôi **đè xuất thiết bị làm khô phấn hoa với quy mô hộ gia đình là thiết bị sấy bằng bơm nhiệt hồi lưu toàn phần có kết hợp cào đảo trộn**. Trên thiết bị sấy này chúng tôi nghiên cứu thực nghiệm để tìm ra chế độ sấy thích hợp với mục tiêu là sản phẩm sấy tốt cùng với giá thành hợp lý.

1.3.3. Sơ đồ và nguyên lý làm việc của TBS đè xuất

1.3.3.1. Sơ đồ và nguyên lý của TBS đè xuất

Với sự lựa chọn và đè xuất ở trên, sơ đồ nguyên lý của TBS ở hình 1.13.



Hình 1.13. Sơ đồ nguyên lý TBS bơm nhiệt có cào đảo trộn VLS

- | | | |
|-----------|---------------|---------------------------------|
| Trong đó: | MN: Máy nén | BH: Thiết bị bay hơi (dàn lạnh) |
| | TL: Tiết lưu | NT1: Thiết bị ngưng tụ chính |
| | QU: Quạt | NT2: Thiết bị ngưng tụ phụ |
| | BS: Buồng sấy | |

1.3.3.2. Nguyên lý làm việc của TBS để xuất

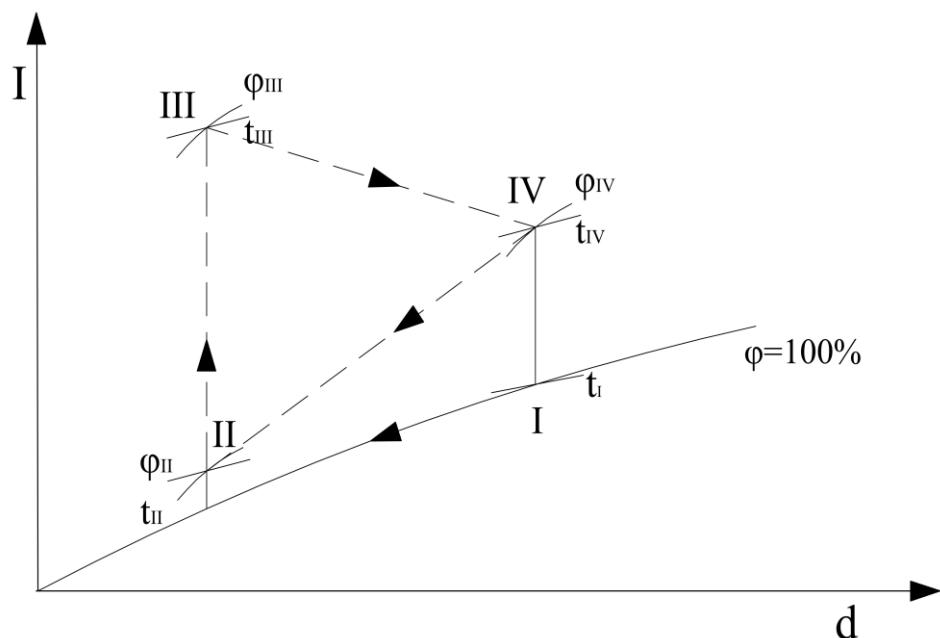
Sấy bằng bơm nhiệt là phương pháp sấy mà ở đây TNS (không khí) trước khi đưa vào buồng sấy được xử lý ở bơm nhiệt. TBS hoạt động trên nguyên tắc trao đổi nhiệt giữa dòng MCL và TNS.

Dòng MCL hoạt động theo chu trình bơm nhiệt (máy lạnh) [1,2,3,4,5,6,1] để thực hiện quá trình bay hơi làm lạnh và thải nhiệt ngưng tụ. Môi chất lạnh sau BH được MN hút về nén lên áp suất, nhiệt độ cao theo quá trình 1 – 2, sau đó đưa vào DN thải nhiệt ra cho không khí (TNS) để ngưng tụ lại thành lỏng theo quá trình 2 – 3 – 4. Lỏng sau khi ngưng tụ tiếp tục theo quá trình 4 – 5 để tiết lưu xuống áp suất thấp nhiệt độ thấp sau đó vào BH thực hiện quá trình bay hơi làm lạnh không khí theo quá trình 5 – 6 tiếp tục tác nhân sau BH được MN hút về khép kín chu trình.

Dòng TNS hoạt động theo chu kỳ [IV, I, II, III, IV] để thực hiện quá trình làm lạnh thải ẩm, gia nhiệt và tách ẩm VLS. Giả thiết bỏ qua trạng thái TNS ở thời điểm

ban đầu. Đầu tiên, tác nhân sấy là không khí ẩm được quạt đưa qua thiết bị bay hơi. Tại đây TNS thực hiện trao đổi nhiệt với MCL và được làm lạnh dưới nhiệt độ đọng sương. Ẩm ngưng tụ và tách ra khỏi tác nhân sấy làm dung ẩm trong TNS giảm nhưng độ ẩm tương đối φ TNS tăng. Sau đó, TNS lại tiếp tục đưa qua thiết bị ngưng tụ. Ở đây, TNS thực hiện nhận nhiệt để dung ẩm từ MCL đến nhiệt độ sấy yêu cầu đồng thời làm cho độ ẩm tương đối φ giảm. Tiếp tục, TNS được đưa vào buồng sấy trao đổi nhiệt, ẩm với VLS là phần hoa. Do chênh phân áp suất của nước trong vật liệu sấy và tác nhân sấy cao. Ẩm trong phần hoa sẽ chuyển dịch từ trong vật ra bề mặt và vào tác nhân sấy. Ẩm trong tác nhân sấy tăng lên và được quạt hút về dàn lạnh tiếp tục thực hiện quá trình thải ẩm khép kín vòng tuần hoàn. Cứ vậy, quá trình được thực hiện đến khi độ ẩm trong phần hoa đạt yêu cầu đặt ra thì kết thúc. Ngoài ra, để làm tăng hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm giữa phần hoa và tác nhân sấy, chúng tôi thực hiện cào đảo trộn phần hoa trong quá trình sấy. Để thực hiện đảo trộn, trên mỗi khay VLS sẽ bố trí hai thanh cào so le chuyển động tịnh tiến qua lại làm nhiệm vụ đảo trộn.

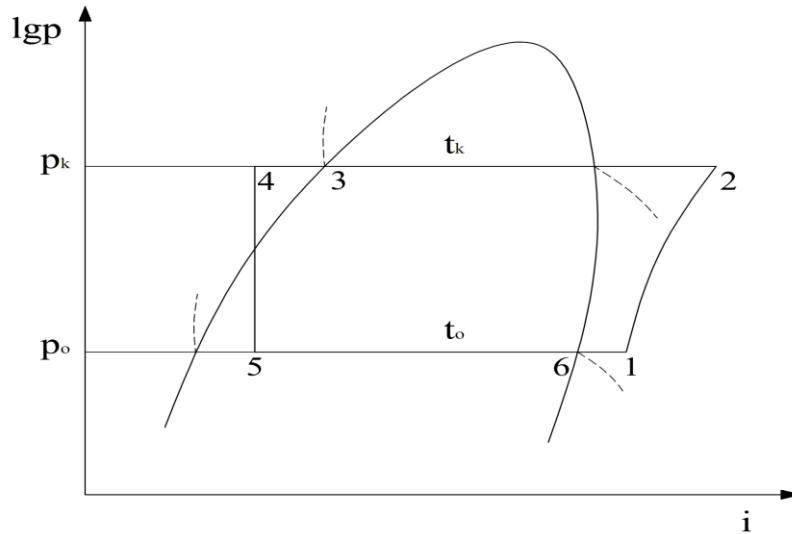
Trạng thái TNS trong thiết bị sấy bằng bơm nhiệt hồi lưu toàn phần ($I \equiv IV$) được cho ở hình 1.14.



Hình 1.14. Đồ thị không khí ẩm hệ thống sấy bơm nhiệt

1.3.3.3. Hiệu quả sử dụng năng lượng ở TBS bằng bơm nhiệt

Để đánh giá hiệu quả sử dụng năng lượng ở TBS bằng bơm nhiệt. Trước hết, ta xét chu trình hoạt động của bơm nhiệt [1,2,3,4,5,6,1] như hình vẽ 1.15. Trên đồ thị $\log P - i$ chu trình hoạt động bơm nhiệt thể hiện như sau:



Hình 1.15. Đồ thị $\log P - i$ của môi chất lạnh

Qua đồ thị ta thấy:

$$\text{- Hệ số làm lạnh: } \text{COP}_{\text{máy lạnh}} = \frac{Q_o}{N} = \frac{i_6 - i_5}{i_2 - i_1}$$

$$\text{- Hệ số bơm nhiệt: } \text{COP}_{\text{bơm nhiệt}} = \frac{Q_k}{N_{dc}} = \frac{i_2 - i_3}{i_2 - i_1} \approx \frac{Q_o}{N_{dc}} + 1 \approx \text{COP}_{\text{máy lạnh}} + 1$$

Trong đó: $Q_o = i_6 - i_5$: Nhiệt lượng TNS thải ra (MCL thu được) ở BH.

$Q_k = i_2 - i_3$: Nhiệt lượng TNS thu được (MCL thải ra) ở DN.

$N_{dc} = i_2 - i_1$: Năng lượng tiêu hao ở MN.

Trong TBS bằng bơm nhiệt do đều sử dụng cả nguồn nhiệt ở TBBH và TBNT nên hệ số sử dụng năng lượng ở TBS bằng bơm nhiệt:

$$\text{COP}_{\text{sấy bơm nhiệt}} = \text{COP}_{\text{máy lạnh}} + \text{COP}_{\text{bơm nhiệt}} = 2\text{COP}_{\text{máy lạnh}} + 1$$

Các máy bơm nhiệt thường có $\text{COP}_{\text{bơm nhiệt}}$ trong khoảng $4 \div 5$ và $\text{COP}_{\text{sấy bơm nhiệt}}$ khoảng $7 \div 9$. Điều này có nghĩa là hiệu quả sử dụng nhiệt gấp khoảng $7 \div 9$ lần so với năng lượng điện cấp cho máy nén. Như vậy về sử dụng hiệu quả năng lượng ta thấy sử dụng phương pháp sấy bằng bơm nhiệt là một giải pháp rất phù hợp. Tuy

nhiên, trong sấy bằng bơm nhiệt với nhiệt độ sấy nhỏ hơn và xấp xỉ bằng nhiệt độ môi trường chúng ta không sử dụng hết nguồn nhiệt Q_k nên chỉ số COP_{sấy bơm nhiệt} trong trường hợp này nhỏ đi. Ngoài ra do hiệu quả sử dụng nhiệt Q_k , Q_o ở thiết bị ngưng tụ và bay hơi mà hiệu quả sử dụng năng lượng ở sấy bơm nhiệt cũng nhỏ đi.

Với ưu điểm của thiết bị sấy bơm nhiệt, ở Việt Nam cũng như trên thế giới có nhiều nghiên cứu sấy bằng bơm nhiệt như Phạm Văn Tùy, Nguyễn Đức Lợi (1998) ứng dụng sấy lạnh bằng bơm nhiệt cho Công ty bánh kẹo Hải Hà để sấy kẹo Jelly. Chen và cộng sự (2002), dùng thiết bị sấy bơm nhiệt để sấy các té bào thông và phán hoa. Kết quả thực nghiệm của họ cho thấy chất lượng sản phẩm cải thiện đáng kể và tăng tỷ lệ nảy mầm hạt giống. Vào năm 2004, Queiroz và các cộng sự nghiên cứu động học sấy cà chua bằng cách sử dụng sấy bơm nhiệt và sấy điện trở, báo cáo rằng sử dụng bơm nhiệt tiêu tốn năng lượng chỉ khoảng 40% khi so sánh với hệ thống sấy sử dụng điện trở. Phạm Anh Tuấn và ctv (2007), đã nghiên cứu và ứng dụng công nghệ sấy bằng bơm nhiệt vào sấy cối nguyên liệu. Kết quả nghiên cứu đạt tiêu chuẩn xuất khẩu sang thị trường Nhật Bản. Seyfi Sevik và ctv (2013) đã nghiên cứu sấy nấm bằng bơm nhiệt kết hợp với năng lượng mặt trời. Nghiên cứu đã chỉ rằng chất lượng sản phẩm tốt nhất khi TNS ở 45 °C.

1.4. Tổng quan về phương pháp xác định các thông số nhiệt vật lý của vật liệu ẩm

1.4.1. Phương pháp xác định hệ số dẫn nhiệt

Phương pháp lý thuyết cũng như thực nghiệm xác định hệ số dẫn nhiệt của vật liệu được nghiên cứu từ rất lâu và ngày nay càng phát triển. Nhiều công trình khoa học về lĩnh vực này đã được công bố bởi Serpil Sahin cùng ctv (2006), Dennis R. Heldman (2007); M. Shafiqur Rahman (2008).

Theo Serpil Sahin cùng ctv (2006), Dennis R. Heldman (2007), M. Shafiqur Rahman (2008), cơ sở các phương pháp xác định các thông số nhiệt vật lý của vật liệu được xây dựng trên cơ sở bài toán dẫn nhiệt. Theo đặc trưng cơ bản của phân bố trường nhiệt độ theo thời gian mà phương pháp xác định được phân thành hai

nhóm: phương pháp ổn định, phương pháp không ổn định.

1.4.1.1. Phương pháp ổn định

Phương pháp ổn định là phương pháp được xây dựng trên cơ sở bài toán dẫn nhiệt ổn định một chiều và các điều kiện biên của nó.

Bằng cách tạo ra dòng nhiệt ổn định một chiều qua vật sau đó đo giá trị nhiệt độ tại hai bề mặt vật và dòng nhiệt truyền qua mẫu để xác định hệ số dẫn nhiệt. Theo hướng truyền của nguồn nhiệt, đặc trưng hình học và điều kiện biên của bài toán dẫn nhiệt mà nhóm phương pháp này có các phương pháp cơ bản sau:

a. Phương pháp dòng nhiệt truyền theo chiều dọc (nguồn nhiệt mặt)

Theo Serpil Sahin và ctv (2006), phương pháp này do Fitch (1935), Mohsenin (1980) đề xuất trên cơ sở bài toán dẫn nhiệt ổn định một chiều qua vách phẳng với điều kiện biên loại 1.

Bằng cách tạo ra dòng nhiệt ổn định một chiều qua vách phẳng sau đó xác định nhiệt độ trên hai bề mặt vật và dòng nhiệt truyền qua mẫu để xác định hệ số dẫn nhiệt.

b. Phương pháp dòng nhiệt truyền theo hướng bán kính (nguồn nhiệt đường)

Theo Serpil Sahin và ctv (2006), năm 1980 Mohsenin đã đề xuất dựa trên bài toán dẫn nhiệt qua vách trụ, vách cầu với điều kiện biên loại 1.

Theo đặc trưng hình học của bài toán dẫn nhiệt mà phương pháp này có 3 phương pháp:

❖ Phương pháp trực tiếp

Cơ sở của phương pháp này là nghiệm của bài toán dẫn nhiệt ổn định qua vách trụ một lớp với điều kiện biên loại 1.

Bằng cách tạo ra dòng nhiệt ổn định một chiều qua vách trụ một lớp, sau đó đo nhiệt độ trên hai bề mặt vật theo hướng bán kính và dòng nhiệt truyền qua mẫu để xác định hệ số dẫn nhiệt.

❖ Phương pháp so sánh

Phương pháp so sánh dựa trên bài toán dẫn nhiệt ổn định qua vách trụ hai lớp

với điều kiện biên loại 4 với một lớp bằng vật liệu đã biết hệ số dẫn nhiệt.

Tương tự, bằng cách tạo ra dòng nhiệt ổn định một chiều qua vách trụ hai lớp, sau đó đo nhiệt độ trên các bề mặt vật theo hướng bán kính và xác định hệ số dẫn nhiệt.

❖ Nguồn nhiệt trung tâm

Cơ sở của phương pháp nguồn nhiệt trung tâm là bài toán dẫn nhiệt ổn định qua vách cầu với điều kiện biên loại 1.

c. Phương pháp nhiệt ẩn hóa hơi

Vào năm 1980, Mohsenin đề xuất trên cơ sở bài toán dẫn nhiệt ổn định một chiều qua vách phẳng điều kiện biên loại 4.

Với phương pháp này, dòng nhiệt được xác định gián tiếp qua thời gian cần thiết để bay hơi 1 kg chất lỏng. Nhiệt độ ổn định ở bề mặt của vật được duy trì bởi nhiệt độ sôi của chất lỏng A, B. Khi đó vật liệu cần đo được đặt giữa hai tấm phẳng, một tấm tiếp xúc với chất lỏng A đang ở nhiệt độ sôi và tấm còn lại tiếp xúc với chất lỏng B có nhiệt độ sôi thấp hơn. Do nhiệt truyền qua mẫu làm bay hơi một phần chất lỏng B, ta xác định thời gian cần thiết để làm bay hơi một đơn vị khối lượng chất lỏng B. Từ đó xác định hệ số dẫn nhiệt.

1.4.1.2. Phương pháp không ổn định

Cơ sở của phương pháp này được xây dựng trên bài toán dẫn nhiệt không ổn định. Tương tự như phương pháp ổn định, theo hướng truyền của nguồn nhiệt, đặc trưng hình học và điều kiện biên của bài toán dẫn nhiệt mà nhóm phương pháp này có các phương pháp cơ bản sau:

a. Phương pháp Fitch

Theo M. Shafiqur Rahman (2008), năm 1935 Fitch đã đề xuất một phương pháp xác định hệ số dẫn nhiệt. Cơ sở của phương pháp là bài toán dẫn nhiệt qua vách phẳng không ổn định với điều kiện biên loại 2 và giả thiết là quá trình dẫn nhiệt là ổn định.

b. Phương pháp cải tiến Fitch

Nhằm khắc phục nhược điểm là chỉ đo được vật liệu có hệ số dẫn nhiệt kém

của phương pháp Fitch. Dựa trên cơ sở phương pháp của Fitch năm 1989, Fitch, Zuritz và ctv (M. Shafiu Rahman, 2008) đã đề xuất phương pháp mới xác định hệ số dẫn nhiệt.

c. Phương pháp que thăm

Phương pháp que thăm hay còn gọi là phương pháp nguồn nhiệt đường. Phương pháp này do Hooper cùng ctv (1950), Murakami và ctv (1996), Nix và ctv (1967) đề xuất.

Cơ sở của phương pháp này được xây dựng trên nghiệm của bài toán dẫn nhiệt qua vách trụ không ổn định một chiều với điều kiện biên loại 2.

d. Phương pháp so sánh

Theo M. Shafiu Rahman (2008) năm 1957, Powel và Clarrk và ctv (1962), Ziegler cùng cộng sự (1985) đã xây dựng phương pháp trên cơ sở bài toán dẫn nhiệt với điều kiện biên loại 4 và dòng nhiệt truyền qua vật được xác định qua nhiệt lượng truyền qua mẫu chuẩn. Phương pháp này không xác định trực tiếp được hệ số dẫn nhiệt mà phải xác định gián tiếp qua nhiệt dung riêng và hệ số khuếch tán nhiệt.

1.4.2. Phương pháp xác định hệ số khuếch tán nhiệt

Xác định hệ số khuếch tán nhiệt có 2 phương pháp chính: phương pháp xác định trực tiếp và phương pháp xác định gián tiếp.

1.4.2.1. Phương pháp xác định gián tiếp

Theo phương pháp này, hệ số khuếch tán nhiệt được xác định gián tiếp qua 3 thông số nhiệt vật lý là: hệ số dẫn nhiệt λ , nhiệt dung riêng C và khối lượng riêng ρ .

$$\text{Thể hiện qua biểu thức sau: } a = \frac{\lambda}{\rho \cdot C}$$

Với phương pháp này, ta cần xác định 3 thông số: hệ số dẫn nhiệt λ , nhiệt dung riêng C và khối lượng riêng ρ , do đó phương pháp này mất rất nhiều thời gian.

1.4.2.2. Phương pháp xác định trực tiếp

Cơ sở lý thuyết của phương pháp này là bài toán dẫn nhiệt không ổn định một chiều. Phương pháp xác định này có các loại cơ bản sau: phương pháp đồ thị, phương pháp que thăm, phương pháp Dickerson và phương pháp biến phân.

a. Phương pháp đồ thị

Phương pháp này sử dụng đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa nhiệt độ không thứ nguyên tại bì mặt hoặc tâm theo Fo và Bi: $\theta(x, \tau) = \frac{t - t_f}{t_o - t_{f_0}} = f(X, Bi, Fo)$

Được xây dựng trên cơ sở bài toán dẫn nhiệt không ổn định một chiều từ đó tính ra hệ số khuếch tán nhiệt a.

b. Phương pháp que thăm

Phương pháp này do Mc Curry (1968), Nix và ctv (1969) đề xuất. Trên cơ sở phương pháp que thăm xác định hệ số dẫn nhiệt lắp thêm 1 que thăm cảm biến nhiệt độ song song với que thăm đo hệ số dẫn nhiệt. Khi đó từ thực nghiệm, xác định được biến đổi nhiệt độ theo thời gian, ta xác định được hệ số khuếch tán nhiệt a.

c. Phương pháp Dickerson

Theo M. Shafiu Rahman (2008), năm 1965 Dickerson đã xây dựng dựa trên bài toán dẫn nhiệt không ổn định một chiều trong thanh trụ dài vô hạn có bán kính R. Do sự gia tăng nhiệt độ theo thời gian của vật ở tâm và bì mặt của vật để xác định hệ số dẫn nhiệt.

d. Phương pháp biến phân

Phương pháp này do Võ Thị Kim Diêu (1996) đề xuất trên cơ sở nghiệm biến phân của bài toán dẫn nhiệt không ổn định một chiều với điều kiện biên loại 2 trong giai đoạn đốt nóng. Bằng thực nghiệm, xác định chiều dài thẩm nhiệt theo thời gian, thế vào nghiệm của bài toán ta sẽ xác định được hệ số khuếch tán nhiệt a.

1.4.3. Phương pháp xác định nhiệt dung riêng

Nhiệt dung riêng thường được xác định thực nghiệm trên cơ sở cân bằng nhiệt lượng trong điều kiện đoạn nhiệt (M. Shafiu Rahman, 2008), phương pháp xác định nhiệt dung riêng cơ bản có các loại sau:

1.4.3.1. Phương pháp hỗn hợp

Phương pháp hỗn hợp được đề xuất dựa theo nguyên tắc cân bằng nhiệt giữa nước và mẫu vật liệu cần đo.

1.4.3.2. Phương pháp so sánh

Được xây dựng trên cơ sở phương trình cân bằng nhiệt lượng để xác định nhiệt dung riêng của thực phẩm ở dạng lỏng.

1.4.3.3. Phương pháp tẩm chấn

Với phương pháp này nhiệt lượng mà mẫu cần đo nhận được gia nhiệt bằng điện trở.

1.4.4. Nhận xét

Để xác định hệ số dẫn nhiệt và khuếch tán nhiệt thì có hai nhóm phương pháp, với mỗi phương pháp đều có ưu và nhược điểm riêng.

Cơ sở lý thuyết của nhóm phương pháp ổn định sử dụng trực tiếp định luật Fourier và bài toán dẫn nhiệt ổn định nên có ưu điểm:

- Quy trình tính toán đơn giản.
- Dễ dàng điều khiển trong các điều kiện thực nghiệm.
- Kết quả chính xác cao.

Tuy nhiên, phương pháp này có một số nhược điểm sau:

- Do được thực hiện trong điều kiện dẫn nhiệt ổn định nên thời gian thí nghiệm thường rất dài.
- Do thời gian dài nên chỉ thích hợp với vật liệu khô, không thích hợp với vật liệu ẩm. Vì khi đạt được chế độ nhiệt ổn định thì độ ẩm của vật liệu thay đổi khá nhiều so với độ ẩm ban đầu.

Nhóm phương pháp không ổn định được thiết lập trên cơ sở bài toán dẫn nhiệt không ổn định, nên có thể thực nghiệm trong giai đoạn không ổn định ban đầu của quá trình truyền nhiệt, do đó rút ngắn thời gian thực nghiệm và rất thích hợp với các vật liệu ẩm. Tuy nhiên, nhược điểm của nhóm phương pháp này là do xây dựng trên bài toán dẫn nhiệt không ổn định nên giải nghiệm của bài toán rất phức tạp vì vậy để đơn giản bài toán thì ta phải đặt thêm các giả thiết: Ví dụ như F_0 đủ bé hoặc F_0 đủ lớn, quá trình dẫn nhiệt là ổn định. Do đó, nghiệm của bài toán là nghiệm gần đúng. Điều này dẫn đến phương pháp này có những sai số nhất định.

Phương pháp xác định nhiệt dung riêng bằng thực nghiệm rất phong phú về

cách xác định và đều dựa trên nguyên tắc cân bằng năng lượng.

1.5. Kết luận chương I

Căn cứ điều kiện thực tế ở Việt Nam, nhằm tạo ra sản phẩm phấn hoa đạt giá trị kinh tế và chất lượng. Chúng tôi đã đề xuất thiết bị sấy phấn hoa quy mô hộ gia đình là TBS bằng bơm nhiệt hồi lưu toàn phần, có cào đảo trộn vật liệu trong quá trình sấy để nghiên cứu và khảo nghiệm nhằm tạo ra một cơ chế sấy với nhiệt độ, độ ẩm thấp. Ở Việt Nam đây là TBS rất phù hợp về mặt kinh tế và kỹ thuật.

Ta thấy các đặc trưng nhiệt vật lý của phấn hoa phụ thuộc nhiều vào độ ẩm và các thành phần của nó. Mà độ ẩm và thành phần phấn hoa lại phụ thuộc vào điều kiện khí hậu, địa lý, nguồn gốc thực vật. Qua hiểu biết của chúng tôi thì hầu như các tính chất nhiệt vật lý của phấn hoa chưa được nghiên cứu và công bố ở Việt Nam. Vì vậy, việc xác định các đặc trưng nhiệt vật lý để phục vụ cho tính toán các quá trình công nghệ như khối lượng riêng, nhiệt dung riêng, hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt của phấn hoa tại Việt Nam là rất cần thiết.

Qua phân tích, ta thấy xác định các thông số nhiệt vật lý của vật liệu nói chung như hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt,... có hai nhóm phương pháp: Phương pháp ổn định và phương pháp không ổn định. Ta thấy mỗi phương pháp đều có ưu nhược điểm riêng do đó tùy theo điều kiện thực tế mà lựa chọn phương pháp cho phù hợp nhằm thỏa mãn được hai mục tiêu là chính xác và tiết kiệm. Với vật liệu ẩm, thường quá trình khuếch tán ẩm chưa xảy ra trong giai đoạn đột nóng nên để đảm bảo tính chính xác trong việc xác định các thông số nhiệt vật lý của vật liệu ẩm chúng tôi sử dụng phương pháp không ổn định.

Trong khuôn khổ nghiên cứu của luận án với mong muốn góp phần làm phong phú thêm phương pháp xác định thông số nhiệt vật lý của vật liệu ẩm, chúng tôi tập trung nghiên cứu bài toán truyền nhiệt – truyền chất trong vật liệu ẩm. Từ đó đề xuất một phương pháp mới cho phép đồng thời xác định cả ba hệ số: hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng của các vật liệu ẩm nói chung và phấn hoa nói riêng ở một nhiệt độ và độ ẩm trung bình ban đầu nào đó để tính toán thiết kế TBS phấn hoa.

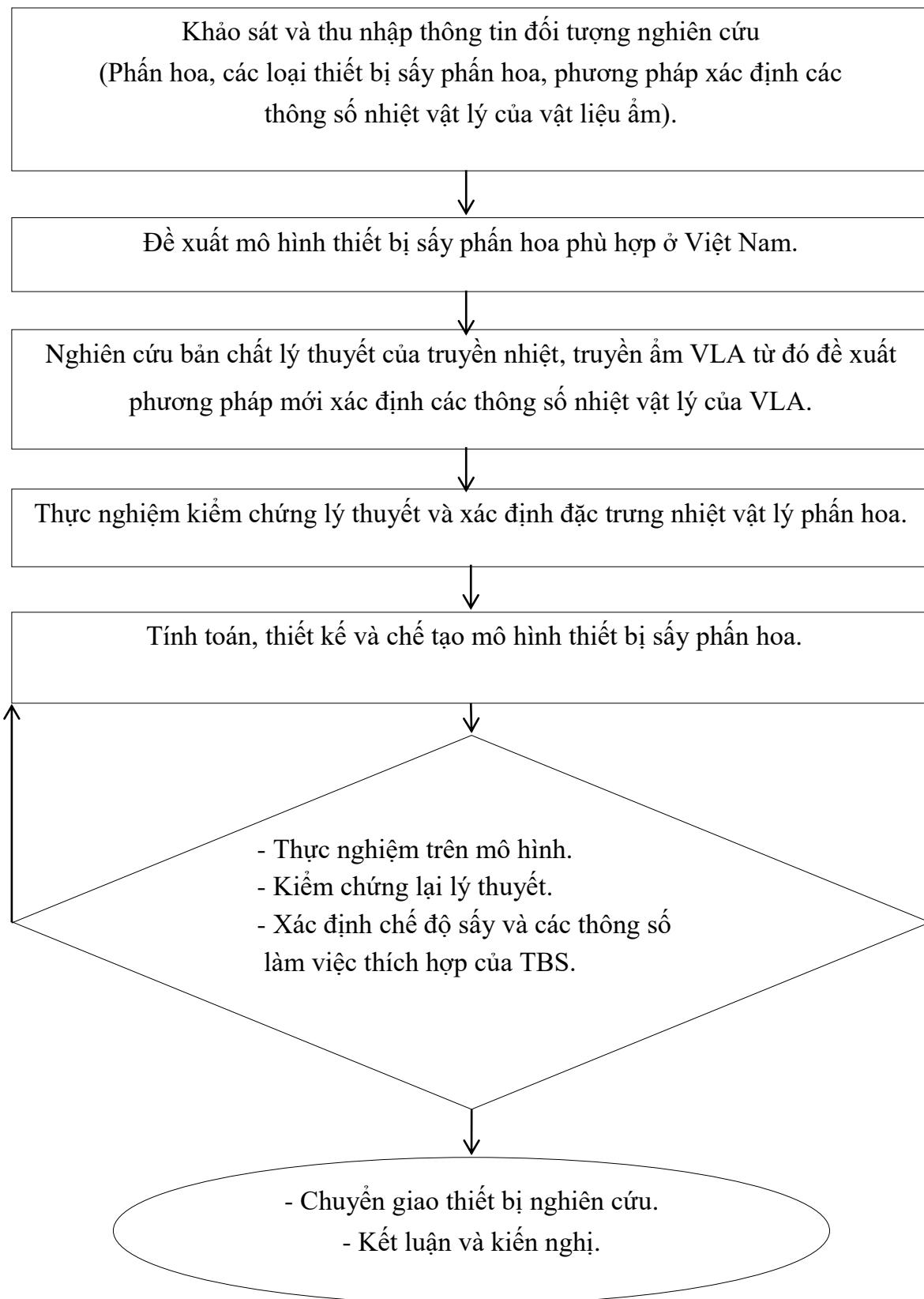
CHƯƠNG 2:

NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

Trên cơ sở các mục tiêu mà luận án định ra, đề tài sẽ được nghiên cứu với các nội dung cụ thể sau:

- Phân tích tổng quan ưu, nhược điểm của tất cả các phương pháp sấy, thiết bị sấy phán hoa đang áp dụng hiện nay trên thế giới và Việt Nam.
 - Phân tích tổng quan ưu, nhược điểm của tất cả các phương pháp xác định các thông số nhiệt vật lý của vật liệu ẩm.
 - Đề xuất mô hình thiết bị sấy phán hoa phù hợp ở Việt Nam.
 - Thực hiện nghiên cứu bản chất lý thuyết của truyền nhiệt, truyền ẩm VLA từ đó đề xuất phương pháp mới xác định các thông số nhiệt vật lý của VLA.
 - Thực nghiệm kiểm chứng lại lý thuyết.
 - Nghiên cứu sự tương tự của truyền nhiệt, truyền ẩm của VLA làm cơ sở xác định thời gian sấy bằng phương pháp tương tự.
 - Thực nghiệm xác định các đặc trưng nhiệt vật lý phán hoa.
 - Xác định thời gian sấy lý thuyết bằng phương pháp tương tự trên cơ sở các thông số nhiệt vật lý phán hoa tìm được.
 - Tính toán thiết kế và chế tạo mô hình thiết bị sấy phán hoa theo kết quả của lý thuyết đã nghiên cứu.
 - Thực nghiệm xác định các thông số công nghệ sấy đạt chất lượng và hiệu quả kinh tế phù hợp với thực tiễn sản xuất phán hoa tại Việt Nam và xuất khẩu.
 - Chuyển giao thiết bị nghiên cứu cho cơ sở sản xuất phán hoa.
- Các bước nghiên cứu và thực hiện nội dung nghiên cứu của luận án được thể hiện trình tự qua lưu đồ hình 2.1.



Hình 2.1. Quy trình nghiên cứu của luận án

2.2. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

Như đã trình bày ở phần tổng quan, phấn hoa là vật liệu rất đặc thù, thành phần phụ thuộc nguồn gốc thực vật và điều kiện địa lý. Qua tìm hiểu, chúng tôi thấy ở Việt nam chưa có công bố nào về tính chất nhiệt vật lý của phấn hoa.

Trong quá trình xử lý nhiệt ẩm như làm lạnh hoặc sấy khô các vật liệu ẩm (VLA) nói chung và phấn hoa nói riêng chúng ta cần biết các thông số nhiệt – ẩm cơ bản. Chẳng hạn để tính toán quá trình đốt nóng hoặc tính toán thiết kế thiết bị sấy hay quá trình làm lạnh các VLA, ngoài các thông số cơ bản như khối lượng riêng, nhiệt dung riêng chúng ta cần biết hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt, hệ số truyền ẩm và hệ số khuếch tán ẩm.

Ngoài ra, khi thiết kế các thiết bị sấy, ngoài chất lượng sản phẩm sấy, năng suất và độ ẩm VLS vào và ra TBS, ... Chúng ta cần dự đoán thời gian sấy hoặc bằng thực nghiệm hoặc bằng tính toán.

Vì vậy, để giải quyết các mục tiêu nghiên cứu đã được xác định trong luận án, trong phần nghiên cứu lý thuyết này chúng tôi sẽ:

- Kế thừa kết quả nghiên cứu lý thuyết của các tác giả trong và ngoài nước trong lĩnh vực truyền nhiệt – truyền chất, sấy vật liệu dạng hạt, sấy phấn hoa để bổ sung cho quá trình nghiên cứu nhằm đảm bảo tính khoa học, tiết kiệm thời gian và chi phí nghiên cứu.

- Ứng dụng lý thuyết về toán học, vật lý để xây dựng mô hình vật lý, toán học mô tả bản chất quá trình vật lý truyền nhiệt, truyền chất trong vật liệu ẩm.

- Sử dụng phương pháp giải tích để giải và tìm nghiệm mô hình toán truyền nhiệt, truyền chất trong quá trình nghiên cứu để xác định các thông số nhiệt vật lý.

- Ứng dụng phương pháp giải tích giải các bài toán tối ưu để xác định chế độ làm việc thích hợp cho thiết bị sấy.

Nội dung nghiên cứu lý thuyết và phương pháp cũng như cơ sở vật lý – toán được trình bày cụ thể dưới đây.

2.2.1. Phương pháp xác định các hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng của phấn hoa.

Như trong chương 1. Tổng quan, chúng tôi đã chỉ ra rằng, để xác định các thông số nhiệt vật lý của vật liệu nói chung và VLA nói riêng có 2 nhóm phương pháp: phương pháp ổn định và phương pháp không ổn định. Tuy nhiên, trong kỹ thuật sấy, do dẫn nhiệt và khuếch tán ảm xảy ra trong quá trình không ổn định nên các thông số nhiệt vật lý nói chung và hệ số dẫn nhiệt cũng như hệ số khuếch tán nhiệt nói riêng của các VLS chỉ được xác định theo phương pháp không ổn định. Với mong muốn đóng góp làm phong phú thêm các phương pháp xác định các hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng của VLA. Vì vậy, trong luận án này trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết quá trình truyền nhiệt – truyền chất trong các VLA. Chúng tôi đề xuất một phương pháp mới cho phép đồng thời xác định cả ba hệ số này của vật liệu ảm ở một nhiệt độ và độ ảm trung bình ban đầu nào đó nói chung và phấn hoa nói riêng theo nhóm phương pháp không ổn định.

Cơ sở toán học của phương pháp do chúng tôi đề xuất là hai nghiệm giải tích gần đúng của bài toán dẫn nhiệt trong nửa tấm phẳng một chiều với điều kiện biên loại 2 đối xứng khi Fourier đủ bé. Mô hình toán học của phương pháp được thể hiện dưới đây.

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2}, 0 \leq x \leq L, \tau > 0 \quad (2.1)$$

Các điều kiện đơn trị:

$$\text{- Điều kiện ban đầu: } t(x, 0) = t_0 = \text{const} \quad (2.2)$$

$$\text{- Điều kiện biên: } q = \lambda \left(\frac{\partial t(L, \tau)}{\partial x} \right) \quad (2.3)$$

$$\text{- Điều kiện đối xứng: } \left(\frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} \right) = 0 \quad (2.4)$$

Sử dụng phương pháp giải tích và phép biến đổi tích phân Laplace để giải và tìm hai nghiệm gần đúng mô hình toán (2.1) ÷ (2.4). Từ hai nghiệm đó xây dựng 2 phương trình xác định nhiệt độ trên bề mặt và nhiệt độ trung bình của tấm phẳng tại thời τ . Giải hệ hai phương trình nhiệt độ trên bề mặt và nhiệt độ trung bình cho phép ta đồng thời xác định được hệ số dẫn nhiệt và khuếch tán nhiệt. Phương pháp và công thức cụ thể chúng tôi sẽ giới thiệu trong chương kết quả nghiên cứu.

2.2.2. Phương pháp xác định hệ số truyền âm và hệ số khuếch tán âm của phấn hoa

Hệ số khuếch tán âm và hệ số truyền âm là hai thông số đặc trưng cho tốc độ dịch chuyển âm của vật liệu. Đây là thông số cần thiết để xác định thời gian sấy bằng lý thuyết. Hai hệ số này xác định bằng thực nghiệm được xây dựng mô hình toán định luật 2 của Fick's (Carl W. Hall, 2006).

$$\frac{\partial \omega_k}{\partial \tau} = a_m \nabla^2 \omega_k \quad (2.5)$$

Năm 1975, Crank dựa trên cơ sở phương trình vi phân khuếch tán âm của Fick's, sử dụng các điều kiện biên khác nhau đã xây dựng công thức để xác định hệ số khuếch tán âm của các vật liệu có đặc trưng hình học khác nhau:

- Vật thể dạng hình cầu:

$$\frac{\omega_{kb}\tau - \omega_{ke}}{\omega_{ko} - \omega_{ke}} = \frac{6}{\pi^2} \exp\left(-\frac{a_m \pi^2}{r^2} \tau\right) \quad (2.6)$$

- Vật thể dạng tấm phẳng:

$$\frac{\omega_{kb}\tau - \omega_{ke}}{\omega_{ko} - \omega_{ke}} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{a_m \pi^2}{L^2} \tau\right) \quad (2.7)$$

Hiện nay có rất nhiều công trình nghiên cứu đã sử dụng mô hình đề xuất của Crank (1975) để xác định hệ số khuếch tán âm của loại vật liệu khác nhau. Cụ thể, sợi lanh (A. Ghazanfari và ctv, 2006), vật liệu silicate (Hiteshkumar và ctv, 2005) ca cao (C.L. Hii và ctv, 2009), cà rốt (Antonio Mulet, 1994; D. Mihoubia và ctv, 2009), cam lát (Shahin Rafiee và ctv, 2010), cà chua (Amin Taheri - Garavand và ctv), hạt dưa hấu (Ibrahim Doymas, 2014), mật ong (Lê Anh Đức, 2015)

Ngoài ra, A.Z. Sahin và ctv (2002), I. Dincer và ctv (2002), M.M. Hussain và ctv (2003), E. Kavak và ctv (2005), Kamil Sacilik và ctv (2006) cũng trên cơ sở nghiệm giải tích gần đúng của bài toán khuếch tán âm 1 chiều trong nửa tấm phẳng có chiều dày $2L$ với điều kiện biên loại 3 đối xứng (2.8) ÷ (2.11), đã xây dựng phương pháp xác định hệ số truyền âm và hệ số khuếch tán âm:

$$\frac{\partial \omega_k(x, \tau)}{\partial \tau} = a_m \frac{\partial^2 \omega_k(x, \tau)}{\partial x^2}, 0 \leq x \leq L, \tau > 0 \quad (2.8)$$

Với điều kiện đơn trị:

$$\text{- Điều kiện ban đầu } \tau = 0: \quad \omega_k(x, 0) = \omega_{k_0} \quad (2.9)$$

$$\text{- Điều kiện biên } x = L: \quad -a_m \left(\frac{\partial \omega_k(L, \tau)}{\partial x} \right) = h_m [\omega_k(L, \tau) - \omega_{ke}] \quad (2.10)$$

$$\text{- Điều kiện đối xứng } x = 0: \quad \left(\frac{\partial \omega_k(0, \tau)}{\partial x} \right) = 0 \quad (2.11)$$

Giải tìm 2 nghiệm tương đương của phương trình vi phân cùng với các điều kiện đơn trị (2.8) ÷ (2.11). Trên cơ sở 2 nghiệm vừa tìm được xây dựng hệ hai phương trình để xác định đồng thời hệ số truyền âm và hệ số khuếch tán âm.

Ưu điểm của phương pháp này cho ta xác định được đồng thời hệ số truyền âm, hệ số khuếch tán âm và cũng được tác giả ứng dụng (Ahmet Kaya và ctv, 2011; Carolina và ctv, 2015) ... Vì vậy trong luận án này, chúng tôi sẽ kế thừa nghiên cứu lý thuyết của I. Dincer, M.M. Hussain (2002) xác định hệ số đó, để làm cơ sở xác định thời gian sấy lý thuyết theo phương pháp tương tự mà chúng tôi sẽ đề cập ở mục tiếp theo.

Nội dung cụ thể, công thức và thuật toán xác định đồng thời hệ số truyền âm và hệ số khuếch tán âm chúng tôi sẽ trình bày ở chương 3.

2.2.3. Phương pháp tương tự để xác định thời gian sấy phần hoa

Như đã giới thiệu ở trước, khi thiết kế một thiết bị sấy chúng ta phải quyết định chế độ sấy. Trong chế độ sấy thì thời gian sấy là một trong thông số quan trọng hàng đầu. Hiện nay có rất nhiều công trình nghiên cứu xác định thời gian sấy đã được công bố. Theo C.M. Van't Lan (2011), Trần Văn Phú (2011) để xác định thời gian sấy có 3 nhóm phương pháp sau:

Phương pháp giải tích: điển hình là phương pháp A.V. Luikov. Nội dung của phương pháp này là chia quá trình sấy ra làm hai giai đoạn, gồm giai đoạn tốc độ sấy không đổi và giai đoạn tốc độ sấy giảm dần để làm cơ sở tính toán thời gian sấy. Do bỏ qua giai đoạn đốt nóng và ảnh hưởng lẫn nhau giữa dẫn nhiệt và khuếch tán âm nên khi áp dụng phương pháp này có sai số lớn so với thực tế.

Phương pháp kết hợp giải tích và thực nghiệm: đại diện cho phương pháp này là phương pháp G.K. Phylonhenko. Nội dung của phương pháp dựa theo bản chất truyền nhiệt, truyền chất của vật liệu và tác nhân sấy rồi sau đó kết hợp với thực nghiệm cụ thể để tìm ra thời gian sấy. Tuy nhiên, cũng như phương pháp A.V.

Luikov do bỏ qua qua giai đoạn đốt nóng và điều kiện thực tế khi giải bài toán khuếch tán âm nên phương pháp này cũng có hạn chế nhất định.

Phương pháp thực nghiệm: phương pháp này được xây dựng trên cơ sở thực nghiệm. Theo Carl W. Hall và ctv (2006), Evangelos và ctv (2007), C.M. Van't Lan (2011) có rất nhiều mô hình xác định thời gian sấy lớp mỏng đã được công bố như sau:

Bảng 2.1. Các mô hình xác định thời gian sấy lớp mỏng

STT	TÊN MÔ HÌNH	CÔNG THỨC
1	- Mô hình Newton	$\theta_m = \frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}} = \exp(-k\tau)$
2	- Mô hình Henderson and Pabis	$\theta_m = \frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}} = a_0 \exp(-k\tau)$
3	- Mô hình Logarithm	$\theta_m = \frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}} = a_0 \exp(-k\tau) + c_0$
4	- Twoterm exponential	$\theta_m = \frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}} = a_0 \exp(-k\tau) + (1 - a_0) \exp(-k\tau)$
5	- Diffusion approach	$\theta_m = \frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}} = a_0 \exp(-k\tau) + (1 - a_0) \exp(-bk\tau)$
6	- Mô hình Page	$\theta_m = \frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}} = \exp(-k\tau^n)$
7	- Mô hình Modified Page	$\theta_m = \frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}} = \exp(-(k\tau)^n)$
8	- Mô hình Geometric	$\theta_m = \frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}} = a\tau^n$
9	- Mô hình Wang and Singh	$\theta_m = \frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}} = 1 + a_0\tau + b_0\tau^2$
10	- Mô hình Midilli và ctv	$\theta_m = \frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}} = a_0 \exp(-(k\tau)^n) + b_0\tau$
11	- Mô hình cải tiến Midilli và ctv	$\theta_m = \frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}} = \exp(-(k\tau)^n) + b_0\tau$

Các mô hình trên được xây dựng trên cơ sở thực nghiệm cho từng loại vật liệu nhất định nên khi áp dụng cho vật liệu khác nhau sẽ có những sai số nhất định (P.C. Panchariya và ctv, 2002; C. Ertkin và ctv, 2003; Ebru Kavak Akapinar, 2003; Hakan Okyay và ctv, 2006; O. Bozkir, 2006; R.K. Goyal và ctv, 2007; Singhanat và ctv, 2011; Mohammad Foroughi - Dahr và ctv, 2015).

Ngoài ra, Trần Văn Phú (2010) cũng đã đề xuất một phương pháp tương tự xác định thời gian sấy lý thuyết. Phương pháp này được xây dựng trên cơ sở tính tương tự của mô hình toán học về phương trình vi phân dãy nhiệt và khuếch tán âm.

Theo Trần Văn Phú (2010) phương trình vi phân xác định trường nhiệt độ và trường thê dãy âm không ổn định trong tẩm vật liệu ẩm được biểu diễn bởi:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a_{11} \nabla^2 t + a_{12} \nabla^2 \omega_k \quad (2.12)$$

$$\frac{\partial \omega_k}{\partial \tau} = a_{21} \nabla^2 t + a_{22} \nabla^2 \omega_k \quad (2.13)$$

$$\text{Trong đó: } \nabla^2 t = \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \quad (2.14)$$

$$\nabla^2 \omega_k = \frac{\partial^2 \omega_k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega_k}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \omega_k}{\partial z^2} \quad (2.15)$$

Ở đây: a_{11} hệ số khuếch tán nhiệt, a_{22} hệ số khuếch tán ẩm, a_{12} hệ số tính đến ảnh hưởng quá trình khuếch tán ẩm đến khuếch tán nhiệt, a_{21} hệ số tính đến ảnh hưởng quá trình khuếch tán nhiệt đến khuếch tán ẩm.

Trong cả hai trường hợp này khi tính đến hoặc không tính đến ảnh hưởng lẫn nhau ở cùng một dạng điều kiện đơn trị giống nhau, theo Trần Văn Phú (1997) đã chứng minh rằng đều có thể biểu diễn bởi một mô hình toán học như nhau nên nghiệm của trường nhiệt độ và trường ẩm có cùng một dáng điệu. Chúng chỉ khác nhau một số hệ số nào đó. Từ tính tương tự này tác giả đã xây dựng thành phương pháp tương tự xác định thời gian sấy.

Phương pháp này đã được nhiều tác giả, Trần Văn Phú, Nguyễn Thị Yên (2010), Trương Minh Thắng (2013) và Bùi Trung Thành (2014) ứng dụng để tính thời gian sấy cho nhiều vật liệu khác nhau dạng tẩm phẳng, dạng trụ và dạng cầu.

Kết quả gần với số thời gian sấy thực tế. Vì vậy, trong luận án này chúng tôi cũng sẽ kế thừa phương pháp này để dự đoán thời gian sấy. Dưới đây chúng tôi trình bày tóm tắt thuật toán phương pháp tương tự xác định thời gian sấy vào TBS phân hoa mà chúng tôi nghiên cứu.

- Bước 1: Từ số liệu cơ sở thiết kế của TBS có độ ẩm ban đầu ω_{ko} , độ ẩm yêu cầu ω_{ktb} , độ ẩm cân bằng ω_{ke} , hệ số dẫn ẩm và khuếch tán ẩm của VLS ta xác định $W_{(0 \rightarrow \tau_1)} / W_{(0 \rightarrow \infty)}$, Bi_m theo công thức sau:

$$\frac{W(0 \rightarrow \tau_1)}{W(0 \rightarrow \infty)} = \frac{\omega_{ko} - \omega_{ktb}(\tau_1)}{\omega_{ko} - \omega_{ke}}; \quad (2.16)$$

$$Bi_m = \frac{h_m L}{a_m} \quad (2.17)$$

- Bước 2: Thiết lập bảng mối quan hệ $W_{(0 \rightarrow \tau_1)} / W_{(0 \rightarrow \infty)} = f(Bi_m, Fo_m)$ cho phân hoa với giá trị $W_{(0 \rightarrow \tau_1)} / W_{(0 \rightarrow \infty)}$ và Bi_m vừa xác định được theo công thức sau:

$$\frac{W(0 \rightarrow \tau = \tau_1)}{W(0 \rightarrow \infty)} = 1 - \frac{\omega_{ktb}(\tau_1) - \omega_{ke}}{\omega_{ko} - \omega_{ke}} = 1 - \theta_{mtb} = 1 - 2Bi_m^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp(-\mu_n^2 F_{0m})}{\mu_n^2 (Bi_m^2 + Bi_m + \mu_n^2)} \quad (2.18)$$

- Bước 3: Bảng bảng mối quan hệ $W_{(0 \rightarrow \tau_1)} / W_{(0 \rightarrow \infty)} = f(Bi_m, Fo_m)$ được thiết lập cho phân hoa xác định thời gian sấy không thứ nguyên Fo_m .

- Bước 4: Từ giá trị Fo_m tìm được ta xác định thời gian sấy τ bằng biểu thức sau:

$$\tau = \frac{Fo_m L^2}{a_m} \quad (2.19)$$

Lý thuyết của phương pháp cũng như tính toán thời gian sấy trên TBS chúng tôi đề xuất sẽ được trình bày ở chương kết quả nghiên cứu.

2.2.4. Phương pháp tính toán thiết kế

Thiết bị thí nghiệm được tính toán thiết kế trên cơ sở đã đề xuất với mục đích là ứng dụng và chuyển giao kết quả nghiên cứu cho cơ sở nuôi ong công ty TNHH Cửu long Bee, các số liệu thiết kế ban đầu như sau:

- Vật liệu sấy: phân hoa được loài ong thu hoạch chủ yếu từ hoa Thanh long

tại Huyện Chợ Gạo, Tỉnh Tiền Giang.

- Năng suất: $G_2 = 10 \text{ kg/mé}$.
- Độ ẩm ban đầu: $\omega_1 \approx 30\% (\text{kg/kgvla})$.
- Độ ẩm yêu cầu: $\omega_2 \approx 10\% (\text{kg/kgvla})$.
- Nhiệt độ TNS sấy: $t = 40^\circ\text{C}$.
- Môi chất lạnh: R22.
- Địa điểm lắp đặt: Tp. Hồ Chí Minh.

Trên cơ sở các thông số vật lý của phấn hoa xác định được. Ứng dụng lý thuyết về toán học, vật lý để tính toán xác định kích thước tủ sấy.

- Ứng dụng lý thuyết về truyền nhiệt truyền chất để tính toán cân bằng nhiệt – ẩm quá trình trong quá trình sấy.

- Xác định chu trình lạnh và tính toán xác định các thiết bị lạnh cho máy sấy.
- Ứng dụng lý thuyết về cơ lưu chất, thủy khí để tính toán quá trình lưu động của tác nhân sấy.

2.3. Phương pháp thực nghiệm xác định thông số nhiệt vật lý của phấn hoa

2.3.1. Vật liệu thí nghiệm.

- Vật liệu sấy: Phấn hoa được loài ong thu hoạch chủ yếu từ hoa Thanh long tại Huyện Chợ Gạo, Tỉnh Tiền Giang. Độ ẩm ban đầu: $\omega_1 \approx 30\% (\text{kg/kgvla})$

2.3.2. Thực nghiệm xác định khối lượng riêng và độ ẩm của phấn hoa

2.3.2.1. Phương pháp thực nghiệm

a. Khối lượng riêng của phấn hoa ρ_v

Khối lượng riêng phấn hoa là thông số vật lý cần thiết cho tính toán thiết kế thiết bị sấy.

Khối lượng riêng ρ_v là khối lượng của một đơn vị thể tích khối hạt phấn hoa (kể cả khoảng không chứa không khí trong khối hạt), thứ nguyên kg/m^3 .

Theo Nguyễn Thọ (2008), để xác định khối lượng riêng ρ_v ta dùng phễu đưa 1 khối phấn hoa cho trước vào ống đồng thể tích. Thực hiện lắc nhẹ ống rồi dùng miếng bìa mỏng gạt cho bằng lớp phấn hoa trong ống rồi tiến hành quan sát ghi mức thể tích của phấn hoa trong ống đồng thể tích. Tiếp theo ta cân khối phấn hoa

trong ống đong thể tích để xác định khối lượng m.

Khối lượng của phấn hoa tính theo công thức:

$$\rho_v = \frac{m}{V}, \text{ kg/m}^3 \quad (2.20)$$

Trong đó: ρ_v : khối lượng riêng (kg/m^3).

m: khối lượng khối phấn hoa trong ống (kg).

V: thể tích khối hạt chiếm chỗ trong ống đong (m^3).

Mỗi thí nghiệm lặp 5 lần để lấy giá trị trung bình.

Do khối lượng riêng ρ_v của phấn hoa là khối lượng của một đơn vị thể tích khối hạt phấn hoa do đó ρ_v nó không những phụ thuộc vào độ ẩm ω của phấn hoa mà còn phụ thuộc vào kích thước của nó (đường kính tương đương d).

Để xác định quan hệ hàm gần đúng $\rho_v = f(\omega, d)$. Thí nghiệm được tiến hành với các mẫu phấn hoa khác nhau có ω từ (10 ÷ 30) %, đường kính tương đương d (1 ÷ 3) mm theo quy hoạch thực nghiệm TYT bậc II phương án bất biến quay.

Sau khi có số liệu thí nghiệm ta tiến hành xử lý số liệu theo phương pháp quy hoạch thực nghiệm, phân tích hồi quy để tìm được quan hệ hàm gần đúng $\rho_v = f(\omega, d)$.

b. Xác định độ ẩm tương đối ω

Độ ẩm của phấn hoa được xác định theo phương pháp tủ sấy.

Theo Nguyễn Thọ (2008), tiến hành cân chính xác m (g) mẫu phấn hoa rồi cho vào khay sạch đã biết khối lượng, đưa mẫu vào tủ sấy ở nhiệt độ 105°C rồi sấy đến khối lượng không đổi. Sau khi sấy lấy mẫu ra và cho vào bình hút ẩm để làm nguội và cân. Khi kết quả giữa 2 lần cân cuối có cùng sai số $\pm 0,5\%$ là coi như không đổi.

Sử dụng công thức xác định sau xác định độ ẩm của phấn hoa:

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100, \% \quad (2.21)$$

Trong đó: m_1 : khối lượng phấn hoa trước khi sấy, (kg).

m_2 : khối lượng phấn sau khi sấy, (kg).

2.3.2.2. Thiết bị thí nghiệm và dụng cụ đo đạc

- Cân điện tử hiệu Pocket của Hàn Quốc có độ chính xác $\pm 0,01$ gam, giới hạn

cân 200 g.

- Cân điện tử hiệu Protable của Đài Loan có độ chính xác $\pm 0,01$ gam, giới hạn cân 20 kg.

- Ống đo thể tích hiệu Simax của Czech có độ chính xác $\pm 0,1$ ml, giới hạn đo 50 ml, 500 ml.

- Thước kẹp điện tử hiệu Mitutoyo của Nhật Bản, thang đo 0,01 mm, độ chính xác $\pm 0,02$ mm.

- Tủ sấy điện trở hiệu Sanaky của Đài Loan, công suất 2 kW.

2.3.2.3. Phương pháp đo đặc thực nghiệm

Các số liệu thực nghiệm cần đo đặc để xác định thể tích riêng và độ ẩm là khối lượng và thể tích. Tất cả các số liệu được xác định bằng dụng cụ đo trực tiếp sau đó gián tiếp sử dụng công thức để xác định hai hệ số đó.

2.3.3. Thực nghiệm xác định hệ số dẫn nhiệt, khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng của phấn hoa

Các hệ số dẫn nhiệt, khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng của phấn hoa là các thông số cần phải xác định để phục vụ trong tính toán thiết kế thiết bị sấy phấn hoa do chúng tôi đề xuất.

Trong luận án này, chúng tôi sử dụng phương pháp đồng thời xác định hệ số dẫn nhiệt, khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng do chúng tôi đề xuất. Cơ sở phương pháp chúng tôi sẽ giới thiệu trong chương 3.

2.3.3.1. Phương pháp thực hiện.

Để kiểm tra đánh giá sai số của phương pháp và thiết bị thí nghiệm chúng tôi sử dụng phương pháp so sánh. Cụ thể, chúng tôi dùng thiết bị này xác định hệ số dẫn nhiệt và hệ số khuếch tán nhiệt của một vật liệu nào đó đã được công bố. Ở đây, chúng tôi dùng gạo và phấn hoa làm vật liệu chuẩn. Từ kết quả thực nghiệm và sử dụng công thức (2.22), (2.23) ta xác định được hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt của gạo và phấn hoa. So sánh với số liệu của gạo và phấn hoa đã được công bố để kiểm tra sai số δ giữa số liệu thí nghiệm và giá trị chuẩn đã công nhận.

Trình tự tiến hành được thể hiện qua các bước như sau:

- Bước 1: Cho phần hoa với nhiệt độ t_0 và độ ẩm ω_0 đã biết điền đầy đủ thông tin.

- Bước 2: Cấp nguồn cho thiết bị tự ghi nhiệt độ (Nhiệt kế). Điều chỉnh giá trị các đầu dò nhiệt độ sao cho cùng giá trị và ghi lại giá trị ban đầu t_0 .

- Bước 3: Cấp điện cho nguồn nhiệt và bấm giờ. Quan sát giá trị nhiệt độ tại các vị trí của đầu dò nhiệt, khi giá trị nhiệt độ tại vị trí đầu dò thứ 5 bắt đầu thay đổi thì tiến hành ghi lại đồng thời các giá trị nhiệt độ từ $t_1 \div t_5$, công suất gia nhiệt và thời gian τ .

- Bước 4: Thê các giá trị vừa đo được vào công thức (2.19), (2.20) và (2.21) để xác định các hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng cần tìm.

- Hệ số dẫn nhiệt:

$$\lambda = \frac{4qL(t_{tb}(\tau) - t_0)}{\pi(t_1(1, \tau) - t_0)}, \text{ W/(m}\cdot\text{K}) \quad (2.22)$$

- Hệ số khuếch tán nhiệt:

$$a = \frac{4L^2(t_{tb}(\tau) - t_0)^2}{\pi\tau(t_1(1, \tau) - t_0)^2}, \text{ m}^2/\text{s} \quad (2.23)$$

- Nhiệt dung riêng:

$$C_v = \frac{Q}{G\Delta t} = \frac{q\tau}{G\Delta t} = \frac{q\tau}{G(t_{tb} - t_0)} = \frac{q\tau}{L(t_{tb} - t_0)\rho_v}, \text{ J/(kgK)} \quad (2.24)$$

Trong đó nhiệt độ trung bình số học:

$$t_{tb} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + \dots + t_n}{n}, {}^\circ\text{C} \quad (2.25)$$

Các công thức (2.23), (2.24) và (2.25) do chúng tôi đề xuất và sẽ giới thiệu trong chương 3.

Với thiết bị thí nghiệm được kiểm tra ở trên, chúng tôi tiếp tục dùng để xác định quan hệ hàm gần đúng của hệ số dẫn nhiệt λ , hệ số khuếch tán nhiệt a của phần hoa với nhiệt độ và độ ẩm dạng $\lambda = f(\omega, t)$, $a = f(\omega, t)$. Ta sẽ thực hiện thí nghiệm với nhiều mẫu phần hoa có độ ẩm ω và nhiệt độ t khác nhau. Các thí nghiệm được tiến hành theo quy hoạch thực nghiệm TYT bậc I.

Sau khi có số liệu thí nghiệm ta tiến hành xử lý số liệu theo phương pháp quy

hoạch thực nghiệm, phân tích hồi quy để tìm được quan hệ hàm gần đúng $\lambda = f(\omega, t)$, $a = f(\omega, t)$ của phấn hoa.

Do sau thời gian đốt nóng τ nhiệt lượng sẽ tích lại trong tấm điện trở nên để hạn chế sai số trong lần kế tiếp thì ta phải làm nguội tấm phẳng về nhiệt độ ban đầu.

2.3.3.2. Thiết bị thí nghiệm và dụng cụ đo đặc.

Thiết bị thí nghiệm: Thiết bị do chúng tôi thiết kế và chế tạo dựa trên phương pháp chúng tôi đề xuất (Hình 2.2).

Dụng cụ đo đặc:

- Cân điện tử Protable của Đài Loan có độ chính xác $\pm 0,1$ gam, giới hạn 20 kg.
- Đồng hồ đo nhiệt độ Autonic của Hàn Quốc, thang đo $0,1$ °C, độ chính xác $\pm 0,5\%$.
- Đồng hồ đo công suất hiệu Trotec của Đức thang đo $0,01$ W, sai số $\pm 0,5\%$.
- Đồng hồ đo thời gian hiệu iPhone của Trung Quốc.
- Tủ sấy điện trở hiệu Sanaky của Đài Loan, công suất 2 kW.

2.3.3.3. Phương pháp đo đặc thực nghiệm

Các số liệu thực nghiệm cần đo đặc để xác định được hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt theo phương pháp đề xuất là chiều dày lớp vật liệu, nhiệt độ, dòng nhiệt và thời gian truyền nhiệt. Tất cả các số liệu được xác định bằng dụng cụ đo trực tiếp sau đó gián tiếp sử dụng công thức ta xác định được hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng.

2.3.4. Thực nghiệm xác định hệ số dẫn âm h_m , khuếch tán âm a_m của phấn hoa

2.3.4.1. Phương pháp thực nghiệm

Hệ số dẫn âm và khuếch tán âm của phấn hoa là các thông số cần phải xác định để phục vụ trong giải bài toán xác định thời gian sấy để làm cơ sở cho tính toán thiết kế thiết bị sấy.

Trong luận án này trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết của Dincer và Hunsan (2002). Chúng tôi kiến nghị thuật toán để thực nghiệm xác định đồng thời hệ số dẫn âm và khuếch tán âm. Trình tự thực nghiệm gồm các bước thể hiện như sau:

- Bước 1: Thực nghiệm sấy ở một nhiệt độ t_1 và vận tốc v_1 của TNS đã biết để xác định tốc độ giảm ẩm của VLS theo thời gian τ , $\theta_m = f(\tau)$.

$$\theta_m = \frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}} = f(\tau)$$

- Bước 2: Từ giá trị θ_m vừa thu được trong bước 1 và phương trình $\theta_m = G \exp(-S\tau)$ (Dincer và Hunssain, 2002). Sử dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất ta tìm được nhân tố cản trở G và hệ số sấy S .

- Bước 3: Thay các giá trị G và S vừa tìm được vào các công thức tính theo nghiên cứu lý thuyết của Dincer và Hunsan để xác định hệ số dẫn ẩm h_m , khuếch tán ẩm a_m của phấn hoa.

Để xây dựng mô hình hồi qui mô tả ảnh hưởng của nhiệt độ, vận tốc của TNS đến hệ số khuếch tán ẩm a_m và hệ số dẫn ẩm h_m của phấn hoa. Chúng tôi thực hiện lần lượt nhiều thí nghiệm với nhiệt độ t , vận tốc v khác nhau. Thí nghiệm được tiến hành theo quy hoạch thực nghiệm bậc II dạng bất biến quay.

Từ kết quả số liệu thí nghiệm ta tiến hành xử lý số liệu theo phương pháp quy hoạch thực nghiệm, phân tích quy hồi để tìm được quan hệ hàm gần đúng của hệ số dẫn ẩm $h_m = f(v, t)$, hệ số khuếch tán ẩm $a_m = f(v, t)$ của phấn hoa.

Thiết bị thí nghiệm xác định hệ số dẫn ẩm và khuếch tán ẩm cho ở hình 2.3.

2.3.4.2. Thiết bị thực nghiệm

Thiết bị thí nghiệm với thông số kỹ thuật được thể hiện ở hình 2.2.



Thông số kỹ thuật cơ bản.

- Công suất thiết bị: $P = 0,75 \text{ kW}$.
- Tốc độ TNS: $v = 0,5 - 3 \text{ m/s}$.
- Nhiệt độ TNS: $t = 30 - 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Điện áp sử dụng: 1 pha/220V/50Hz.

Hình 2.2. Thiết bị thí nghiệm xác định hệ số dẫn ẩm và khuếch tán ẩm phấn hoa

Dụng cụ đo đặc:

- Cân điện tử Pocket của Hàn Quốc có độ chính xác $\pm 0,01$ gam, giới hạn 200g.
- Cân điện tử Portable của Đài Loan có độ chính xác $\pm 0,1$ gam, giới hạn 20 kg.
- Đồng hồ đo nhiệt độ Hanyoung nux của Hàn Quốc, thang đo $0,1^{\circ}\text{C}$, độ chính xác $\pm 0,5\%$.
- Đồng hồ đo độ ẩm không khí Hanyoung nux của Hàn Quốc, thang đo $0,1\%$, độ chính xác $\pm 0,5\%$.
- Đồng hồ đo tốc độ gió hiệu Prova của Đức, thang đo $0,1\text{m/s}$ sai số $\pm 3\%$.
- Thước kẹp điện tử hiệu Mitutoyo của Nhật Bản, thang đo $0,01\text{ mm}$, độ chính xác $\pm 0,02\text{ mm}$.
- Tủ sấy điện trở hiệu Sanaky của Đài Loan, công suất 2 kW .

2.3.4.3. Phương pháp đo đặc thực nghiệm

Các số liệu thực nghiệm cần đo đặc để xác định hệ số dẫn ẩm và khuếch tán ẩm của phấn hoa theo phương pháp đề xuất là khối lượng, chiều dày, độ ẩm của vật liệu, nhiệt độ, độ ẩm không khí của TNS và thời gian. Tất cả các số liệu được xác định bằng dụng cụ đo trực tiếp sau đó gián tiếp sử dụng công để xác định hai hệ số đó.

2.4. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm xây dựng chế độ sấy

2.4.1. Phương pháp qui hoạch thực nghiệm

Qui hoạch thực nghiệm nhằm xây dựng mối quan hệ giữa các chỉ tiêu và đối tượng nghiên cứu của thiết bị sấy nhằm đưa ra chế độ sấy thích hợp.

Đây là phương pháp qui hoạch hóa nhằm tiến hành thực nghiệm một cách chủ động để có thể tối thiểu hóa số thí nghiệm cần thiết mà vẫn đảm bảo mức độ tin cậy của mô hình toán nhận được từ thực nghiệm. Hàm toán là hàm cho phép đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố, xác định được chế độ làm việc thích hợp của đối tượng nghiên cứu.

Phương pháp qui hoạch thực nghiệm được tiến hành theo trình tự các giai đoạn: thực nghiệm đơn yếu tố và thực nghiệm đa yếu tố.

- Giai đoạn thực nghiệm đơn yếu tố nhằm xác định mối quan hệ của yếu tố

ảnh hưởng đến đối tượng nghiên cứu và giá trị vùng nghiên cứu của yếu tố ảnh hưởng để làm cơ sở cho thực nghiệm đa yếu tố.

- Giai đoạn thực nghiệm đa yếu tố được xây dựng bằng mô hình thống kê dưới dạng mô hình hộp đen nhằm xác định mối quan hệ của đồng thời các yếu tố ảnh hưởng đến đối tượng nghiên cứu.

Nội dung nghiên cứu thực nghiệm thông số làm việc của thiết bị sấy phán hoa gồm các nội dung sau:

2.4.1.1. Xác định các thông số nghiên cứu

a. Xác định thông số đầu ra (hàm mục tiêu)

Các thông số đầu ra là các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật của đối tượng nghiên cứu. Các thông số đầu ra của TBS nghiên cứu bao gồm: chi phí điện năng riêng (kWh/kg), tỷ lệ thu hồi sản phẩm (%), độ ẩm sản phẩm (%), phần trăm hàm lượng Vitamin C (%), phần trăm hàm lượng Vitamin E (%), phần trăm hàm lượng Protein, lipid và màu sắc, mùi vị, ...

Chi phí điện năng riêng Ar (kWh/kg) là tiêu hao điện năng trên 1 kg sản phẩm trong một giờ trên thiết bị sấy và chỉ tiêu đánh giá hiệu quả kinh tế của TBS.

Tỉ lệ thu hồi sản phẩm M (%) là tỉ lẻ khói lượng phán hoa thu được trên thực tế trên khói lượng phán hoa thu được theo lý thuyết. Tương tự như chi phí điện năng riêng chỉ tiêu này đánh giá hiệu quả kinh tế của TBS.

Phần trăm hàm lượng Vitamin C (%), Vitamin E (%), Protein Pr (%), lipid là phần trăm hàm lượng còn lại sau quá trình sấy, là các chỉ tiêu để đánh giá chất lượng của phán hoa. Tuy nhiên, theo nghiên cứu của Johanna Barajas và các cộng sự (2009). Hàm lượng protein, lipid không ảnh hưởng bởi nhiệt độ sấy. Vitamin là thành phần nhạy cảm với nhiệt độ, khi nhiệt độ sấy càng cao tổn thất vitamin càng nhiều trong đó vitamin C có tổn thất cao nhất so với các loại vitamin khác.

Với các phân tích trên, để đánh giá các chỉ tiêu về kinh tế và kỹ thuật của thiết bị sấy phù hợp nghiên cứu ở Việt Nam. Chúng tôi chọn các mục tiêu để đưa vào mô hình nghiên cứu như sau:

- Chi phí điện năng riêng (kWh/kg), được mã hóa Y₁.

- Phần trăm hàm lượng Vitamin C (%), được mã hóa Y_2 .
- Tỉ lệ thu hồi sản phẩm M (%), được mã hóa Y_3 .

b. Xác định thông số đầu vào

Thông số đầu vào là các yếu tố ảnh hưởng lên chỉ tiêu nghiên cứu. Chọn thông số đầu vào và và giá trị vùng nghiên cứu của đầu vào có thể dựa trên cơ sở kế thừa các kết quả các công trình nghiên cứu trước, kết quả nghiên cứu lý thuyết hoặc tiến hành thí nghiệm thăm dò.

Chi phí điện năng riêng, hàm lượng vitamin C, tỉ lệ thu hồi sản phẩm là các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật quan trọng của một thiết bị sấy. Các yếu tố ảnh hưởng đến các chỉ tiêu trên gồm: vận tốc tác nhân sấy, độ dày lớp vật liệu sấy, kích thước của hạt, nhiệt độ của tác nhân sấy, độ ẩm của vật liệu sấy, độ ẩm của tác nhân sấy, chu kỳ đảo trộn.

- ❖ Nhiệt độ của tác nhân sấy t ($^{\circ}\text{C}$).

Nhiệt độ của TNS trong thiết bị sấy này vừa đóng vai trò là gia nhiệt cho VLS và làm thay đổi độ ẩm tương đối của TNS để tạo ra động lực sấy. Nhiệt độ sấy càng cao thì quá trình sấy càng nhanh. Tuy nhiên khi nhiệt độ sấy càng cao thì chất lượng của phấn hoa càng giảm. Do đó nhiệt độ của TNS là thông số ảnh hưởng nhiều đến thời gian sấy và chất lượng sản phẩm sấy.

- ❖ Vận tốc tác nhân sấy v (m/s).

Vận tốc tác nhân TNS là yếu tố đặc trưng cho khả năng trao đổi nhiệt, ẩm giữa VLS và TNS. Do đó tốc độ của TNS ảnh hưởng lớn đến khả năng làm việc cũng như hiệu quả của TBS, nhất là thời gian sấy.

- ❖ Độ ẩm tương đối của tác nhân sấy φ (%).

Độ ẩm tương đối của tác nhân sấy là thông số ảnh hưởng đến thời gian sấy. Khi độ ẩm tương đối của TNS càng nhỏ thì khả năng nhận ẩm càng cao và động lực sấy càng lớn. Tuy nhiên thông số này là khó điều chỉnh, luôn có xu hướng giảm trong quá trình sấy do phụ thuộc độ ẩm VLS.

- ❖ Độ ẩm tương đối của vật liệu sấy ω (%).

Độ ẩm của vật liệu là thông số ảnh hưởng đến chi phí sấy. Qua khảo sát cho

thấy, độ ẩm của phấn hoa ban đầu tương đối ổn định $\omega_1 \approx 30\%$ (kg/kgvla). Vì vậy, ta xem độ ẩm của phấn hoa là cố định khi đưa vào nghiên cứu.

❖ Chu kỳ đảo trộn (min).

Chu kỳ đảo trộn là khoảng thời gian để hiện cà đảo trộn vật liệu. Nó là thông số tác động sự tiếp xúc giữa TNS và bề mặt VLS hay nói cách khác liên quan đến khả năng thoát ẩm của VLS và làm thay đổi thời gian sấy. Tuy nhiên, do tính chất của phấn hoa nên khi đảo trộn do tác động cơ học làm vụn vỡ làm ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi sản phẩm.

❖ Chiều dày lớp phấn hoa (mm).

Chiều dày lớp phấn hoa ảnh hưởng đến khả năng thoát ẩm của lớp vật liệu trong quá trình sấy. Lớp vật liệu càng mỏng thì thời gian sấy càng nhanh, nhưng nếu mỏng quá thì lại ảnh hưởng đến năng suất của thiết bị.

❖ Kích thước hạt phấn hoa (mm).

Tương tự như chiều dày lớp phấn hoa, kích thước hạt VLS cũng ảnh hưởng đến khả năng thoát ẩm của lớp vật liệu trong quá trình sấy. Nhưng do đặc thù hình học của phấn hoa là không đồng đều nên yếu tố này không thể điều khiển được.

Theo qui hoạch thực nghiệm, thông số đầu vào phải thực sự ảnh hưởng đến quá trình nghiên cứu. Do có nhiều thông số ảnh hưởng đến chỉ tiêu nghiên cứu. Vì vậy trong quá trình nghiên cứu để giảm số lượng thí nghiệm mà vẫn đảm bảo độ chính xác của thí nghiệm sẽ loại bỏ một số thông số mà mức độ ảnh hưởng của chúng quá ít hoặc không thể điều khiển được.

Sau khi loại bỏ các yếu tố ngẫu nhiên không thể điều khiển được hoặc các yếu tố ảnh hưởng quá nhỏ không thể đưa vào nghiên cứu được. Các thông số đầu vào cần đưa vào mô hình nghiên cứu thực nghiệm còn lại như sau:

Các thông số đầu vào nghiên cứu:

- Nhiệt độ tác nhân sấy t ($^{\circ}\text{C}$), được mã hóa X_1 .
- Vận tốc của tác nhân sấy v (m/s), được mã hóa X_2 .
- Chu kỳ đảo trộn tg (min), được mã hóa X_3 .

Qua tham khảo, kế thừa một số nghiên cứu đi trước như Adnan Midilli cùng

ctv (2000), Maria G.R. Campos và ctv (2008), Johanna Barajas cùng ctv (2009), chọn nhiệt độ tác nhân sấy: $t = 35 \div 45^{\circ}\text{C}$.

Theo Adnan Midilli cùng ctv (2000), Maria G.R. Campos và ctv (2008), Johanna Barajas cùng cộng sự (2009), chọn vận tốc tác nhân sấy: $v = 0,6 \div 1,4 \text{ m/s}$.

Chu kỳ sẽ được xác định theo thí nghiệm thăm dò ở thực nghiệm đơn yếu tố.

2.4.1.2. Lập ma trận thực nghiệm

Ma trận thực nghiệm được lập bằng phần mềm Statgraphics Version 7.0.

Phương pháp quy hoạch thực nghiệm được tiến hành từ bậc I và phát triển lên bậc II nếu bậc I không phù hợp. Trong trường hợp cả hai phương án không phù hợp cần thiết kế lại thí nghiệm trên cơ sở định lại vùng nghiên cứu và bổ sung yếu tố nghiên cứu.

Khi phương án bậc I trực giao chuyển lên phương án bậc II, vùng thí nghiệm cơ sở (mức trên và mức dưới) vẫn được giữ nguyên, miền thí nghiệm mở rộng ra tới cánh tay đòn $\pm \alpha$. Số thí nghiệm lặp để xác định phương sai thuần vẫn ở điểm trung tâm.

Theo Nguyễn Cảnh (1985), (2011); Nguyễn Văn Dự và ctv (2011) số lượng thí nghiệm được xác định theo công thức như sau:

Đối với phương pháp qui hoạch thực nghiệm TYT bậc I.

$$N = 2^k + n_0 \quad (2.26)$$

Đối với phương pháp qui hoạch thực nghiệm TYT bậc II.

$$N = 2^k + 2k + n_0 \quad (2.27)$$

Trong đó: k – số yếu tố nghiên cứu.

2^k – số lượng thí nghiệm ở mức trên và mức dưới.

$2k$ – số lượng thí nghiệm ở mức điểm sao $\pm \alpha$.

n_0 – số lượng thí nghiệm lặp ở mức cơ sở.

2.4.1.3. Thực nghiệm tiếp nhận thông tin:

Sử dụng phương pháp xử lý sơ bộ số liệu thực nghiệm, kiểm tra một số giả thuyết thống kê. Khi tiến hành thực nghiệm, nhận thông tin và xử lý sơ bộ các thông tin sẽ giúp kiểm tra tính liên thuộc của số liệu bị nghi ngờ, giúp xác minh kịp thời

những thực nghiệm cần bổ sung hoặc giúp kiểm tra mức độ ảnh hưởng của các yếu tố. Thực nghiệm theo tiến trình được lập ở trên.

2.4.1.4. Xây dựng mô hình hồi qui thực nghiệm

Sử dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất, phân tích hồi qui, phân tích phương sai để xác định giá trị các hệ số trong mô hình hồi qui đa thức. Sau khi xây dựng mô hình hồi qui thực nghiệm, kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số hồi qui theo tiêu chuẩn Student, kiểm tra tính tương thích mô hình theo tiêu chuẩn Fisher. Nếu mô hình không tương thích phải làm lại thực nghiệm bậc hai với các khoảng thay đổi của thông số vào.

Nếu hệ số hồi quy không đủ mức ý nghĩa, thì phải xác minh rõ tính chất không ảnh hưởng của thông số tương ứng với hệ số hồi qui vô nghĩa, loại bỏ hệ số này ra khỏi mô hình. Khi bỏ các hệ số hồi qui vô nghĩa, cần phải tính lại một số hệ số hồi qui có liên hệ phụ thuộc với các hệ số loại bỏ nhằm giữ cho mô hình vẫn tương thích.

Kiểm tra mô hình hồi qui thực nghiệm được tiến hành theo 5 bước sau:

- Bước 1: Xác định giá trị các hệ số hồi quy ở dạng đầy đủ.
- Bước 2: Phân tích phương sai để loại bỏ các hệ số hồi quy không bảo đảm độ tin cậy với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.
- Bước 3: Xác định các giá trị hồi quy theo hàm toán mới sau khi đã loại bỏ các hệ số hồi quy không đủ độ tin cậy.
- Bước 5: Phân tích phương sai trên hàm toán mới. Kiểm tra độ tin cậy của các hệ số hồi quy mới. Nếu không bảo đảm độ tin cậy, thì cải tiến mô hình.
- Bước 6: Kiểm tra độ tương thích của mô hình theo tiêu chuẩn Fisher.

$$F_t = \frac{MSLf}{MSEp} \leq F_b \quad (2.28)$$

Trong đó:

MSLf: Phương sai không tương thích (Mean Square Lack-of-fit).

MSEp: Phương sai số ngẫu nhiên đích thực (Mean Square Error-pure).

F_b : Giá trị bảng phương sai chuẩn F với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Để việc tính toán thực hiện được thuận lợi, ta chuyển từ hệ trực tự nhiên X_1, X_2, \dots, X_k sang hệ trực không thứ nguyên (hệ mã hóa). Việc mã hóa được thực hiện dễ dàng nhờ chọn tâm của miền được nghiên cứu làm hệ trực tọa độ. Với kế hoạch thực nghiệm bậc hai, có dạng mã hóa như sau:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \cdot x_i + \sum_{\substack{i=1 \\ j>1}}^k b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} \cdot x_i^2 \quad (2.29)$$

Trong đó: x_i, x_j : giá trị mã hóa của các thông số X_i, X_j .

b_0 : hệ số tự do.

b_i : các hệ số tuyến tính.

b_{ij} ($i \neq j$): các hệ số tương tác cặp.

b_{ii} : các hệ số bậc hai.

k : số yếu tố nghiên cứu.

Giá trị mã hóa x_i của các thông số được tính theo công thức:

$$x_i = \frac{X_i - X_i^0}{\Delta X_i}$$

Trong đó: X_i : giá trị thực của thông số vào thứ i .

X_i^0 : giá trị thực ở mức cơ sở của thông số vào thứ i .

ΔX_i : bước thay đổi của thông số vào thứ i , $\Delta X_i = (X_{it} - X_{id}) / 2$.

Các hệ số $b_0, b_1, \dots, b_k, b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1k}$ thực chất chỉ là ước lượng của các hệ số hồi qui. Các hệ số hồi qui $B_{hq} = [b_0, b_1, \dots, b_k, b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1k}]$ được xác định theo công thức tổng quát dưới dạng ma trận:

$$B_{hq} = [X^T \cdot X]^{-1} \cdot X^T \cdot Y \quad (2.30)$$

Trong đó: X : ma trận kế hoạch thực nghiệm bậc hai.

Y : ma trận các kế hoạch thực nghiệm.

2.4.1.5. Vẽ đồ thị và nhận dạng đồ thị:

Sau khi xây dựng được mô hình hồi quy thực nghiệm, tiếp tục dùng phần mềm Statgraphics Version 7.0 để vẽ đồ thị các hàm mục tiêu theo từng cặp thông số vào làm cơ sở cho tìm cực trị trong miền thực nghiệm.

2.4.2. Phương pháp tối ưu hóa

Phương pháp tối ưu hóa sử dụng nhằm xác định các chỉ tiêu và điều kiện làm việc thích hợp của TBS. Bài toán xây dựng trên cơ sở hàm mục tiêu là các phương trình hồi qui được xác định được bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm.

Hàm mục tiêu là hàm thống kê thực nghiệm có dạng đa thức bậc II đặc trưng cho chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật của thiết bị như: phần trăm hàm lượng vitamin C, tỉ lệ thu hồi thành sản phẩm và chi phí điện năng riêng quá trình sấy.

Hàm điều kiện là các ràng buộc kỹ thuật và ràng buộc về vùng thực nghiệm nghiên cứu.

Bài toán tối ưu được giải nhờ máy tính điện tử theo thuật toán dò tìm trực tiếp kết hợp với thuật toán ngẫu nhiên.

2.4.3. Thiết bị thí nghiệm và dụng cụ đo đặc

Vật liệu sấy: phấn hoa được loài ong thu hoạch chủ yếu từ hoa Thanh Long. Phấn có màu vàng sáng, kích thước $d = (1 \div 3)$ mm và độ ẩm ban đầu $\omega_1 \approx 30\%$.

Thiết bị sấy bơm nhiệt để làm thực nghiệm đã tính toán thiết kế và chế tạo, theo Phụ lục 4 cho ở hình 2.3.



Hình 2.3. Thiết bị sấy bơm nhiệt làm thực nghiệm

* Các thông số kỹ thuật chính của thiết bị sấy được thể hiện như sau:

- Kích thước máy sấy: $L \times W \times H = 1100 \times 850 \times 1450$ mm.
- Kích thước buồng sấy: $L \times W \times H = 820 \times 700 \times 600$ mm.
- Kích thước khay sấy: $L \times W \times H = 800 \times 700 \times 25$ mm.

- Công suất động cơ máy nén: $N_{dc} = 1,5 \text{ kW}$.

- Công suất động cơ quạt: $N_{dcq} = 0,75 \text{ kW}$.

- Công suất động cơ cào: $N_{dec} = 0,045 \text{ kW}$.

- Tốc độ tác nhân sấy: $v = 0,5 \div 3 \text{ m/s}$.

- Nhiệt độ tác nhân sấy: $t = 30 \div 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Điện áp sử dụng: 1 pha/220 V/50 Hz.

* Dụng cụ đo đặc:

- Cân điện tử Pocket của Hàn Quốc có độ chính xác $\pm 0,01 \text{ gam}$, giới hạn 200g.

- Cân điện tử Protable của Đài Loan có độ chính xác $\pm 0,1 \text{ gam}$, giới hạn 20 kg.

- Đồng hồ đo nhiệt độ Autonic của Hàn Quốc, thang đo $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, độ chính xác $\pm 0,5 \%$.

- Đồng hồ đo độ ẩm không khí Autonic của Hàn Quốc, thang đo $0,1 \%$, độ chính xác $\pm 0,5 \%$.

- Đồng hồ đo công suất hiệu Christ của Đức, thang đo $0,01 \text{ W}$, sai số $\pm 0,5 \%$.

- Đồng hồ đo tốc độ gió hiệu Prova của Đức, thang đo $0,1 \text{ m/s}$ sai số $\pm 3 \%$.

- Thước kẹp điện tử hiệu Mitutoyo của Nhật Bản, thang đo $0,01 \text{ mm}$, độ chính xác $\pm 0,02 \text{ mm}$.

- Tủ sấy điện trở hiệu Sanaky của Đài Loan, công suất 2 kW .

2.4.4. Phương pháp đo đặc thực nghiệm

Các số liệu thí nghiệm được xác định theo hai phương pháp: số liệu đo đặc trực tiếp và số liệu xác định gián tiếp.

Các số liệu đo đặc trực tiếp gồm nhiệt độ sấy, thời gian sấy, khối lượng và độ dày lớp phấn hoa, công suất tiêu thụ điện.... Tất cả được xác định bằng các dụng cụ đo.

Còn lại các số liệu kỹ thuật đều xác định bằng các công thức tính toán sau khi đo đặc trực tiếp các số liệu thành phần.

- Chi phí điện năng riêng Ar của quá trình sấy đo trực tiếp trên mỗi mẻ sấy.

- Phần trăm hàm lượng vitamin C: Phấn hoa sau khi sấy khô đạt ẩm độ yêu cầu sẽ tiến hành lấy mẫu (mẫu khoảng 200 g) gửi mẫu test hàm lượng vitamin C tại

Trung tâm kiểm định 3.

$$\% C = \frac{C_2}{C_1} \cdot 100 \quad (2.31)$$

Trong đó: C_1 : Hàm lượng vitamin C ban đầu, mg/kg.

C_2 : Hàm lượng vitamin C sau khi sấy, mg/kg.

- Tỉ lệ thu hồi sản phẩm M (%):

$$\% M = \frac{M_2}{M_1} \cdot 100 \quad (2.32)$$

Trong đó: M_1 : Khối lượng phần hoa thu được theo lý thuyết, kg.

M_2 : Khối lượng phần hoa thu được thực tế, kg.

2.4.5. Phương pháp đánh giá chất lượng phấn hoa

Thử nghiệm xác định hàm lượng vitamin C và thành vi sinh đảm bảo an toàn thực phẩm được thực hiện bởi trung tâm kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng 3 theo các phương pháp sau:

- Hàm lượng vitamim C theo phương pháp thử QTTN/KT3 038: 2005.
- Tổng số vi sinh vật hiếu khí theo phương pháp thử ISO 4833 – 1: 2013.
- Tổng số nấm mốc theo phương pháp thử ISO 21527 – 2: 2008.
- Tổng số nấm men theo phương pháp thử ISO 21527 – 2: 2008.
- Coliforms theo phương pháp thử ISO 4832: 2006.
- Escherichia coli giả định theo phương pháp thử ISO 7251: 2005.
- Staphylococci có phản ứng dương tính với coagulase theo phương pháp thử ISO 6888 – 1: 1999/Amd.1: 2003.
- Clostridium perfringents theo phương pháp thử ISO 7937: 2004.
- Bacillus cereus theo phương pháp thử ISO 7932: 20084.

2.5. Kết luận chương 2

Như vậy trong chương này, chúng tôi đã trình bày các nội dung để thực hiện của luận án như sau:

- Xác định phương pháp lý thuyết xác định thông số nhiệt vật lý cơ bản của vật liệu ẩm nói chung và phấn hoa nói riêng như: hệ số dẫn nhiệt λ , khuếch tán nhiệt a

và nhiệt dung riêng.

- Kiến nghị thuật toán để thực nghiệm xác định đồng thời hệ số dẫn âm h_m , khuếch tán âm a_m của phấn hoa làm cơ sở cho việc tính toán xác định thời gian sấy lý thuyết theo phương pháp tương tự.

- Chọn thuật toán để xác định thời gian sấy lý thuyết theo phương pháp tương tự.

- Xác định phương pháp thực nghiệm xác định thông số nhiệt vật lý cơ bản của phấn hoa như: Khối lượng riêng ρ_v , hệ số dẫn nhiệt λ , khuếch tán nhiệt a , nhiệt dung riêng, hệ số dẫn âm h_m , khuếch tán âm a_m để làm cơ sở cho việc tính toán thiết kế mô hình thực nghiệm.

- Xác định phương pháp nghiên cứu thực nghiệm xây dựng chế độ sấy thích hợp.

- Xác định phương pháp đánh giá chất lượng phấn hoa.

- Giới thiệu thiết bị và các dụng cụ đo để phục vụ cho nghiên cứu thực nghiệm.

CHƯƠNG 3:

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Như đã trình bày phần mục tiêu của luận án là xác định một số thông số nhiệt vật lý của phấn hoa bằng phương pháp do tác giả đề xuất để làm cơ sở cho tính toán thiết kế. Thực nghiệm trên TBS đã được đề xuất để tìm ra chế độ sấy thích hợp cho hộ gia đình ở Việt Nam. Với mục đích đó, trong chương 3 này tác giả sẽ trình bày kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm của mười vấn đề sau đây:

- Kết quả nghiên cứu đặc trưng truyền nhiệt truyền chất của vật liệu ẩm. Từ đó xây dựng một phương pháp mới đồng thời xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng cho phấn hoa nói riêng và cho vật liệu ẩm nói chung.
- Nghiên cứu cơ sở lý thuyết truyền nhiệt – truyền chất của vật liệu ẩm và kiến nghị thuật toán để thực nghiệm xác định đồng thời hệ số truyền ẩm và hệ số khuếch tán ẩm của phấn hoa.
- Nghiên cứu tương tự truyền nhiệt – truyền chất của vật liệu ẩm làm cơ sở lý thuyết để xác định thời gian sấy theo phương pháp tương tự.
- Kết quả thực nghiệm xác định một số thông số nhiệt vật lý của phấn hoa và quan hệ hàm gần đúng của thông số: $\rho_h = f(\omega, d)$, $\rho_v = f(\omega, d)$, $a = f(\omega, t)$, $\lambda = f(\omega, t)$, $C = f(\omega, t)$, $h_m = f(t, v)$, $a_m = f(t, v)$.
- Xác định thời gian sấy lý thuyết trên TBS chúng tôi đề xuất bằng phương pháp tương tự với hệ số dẫn ẩm h_m , hệ số khuếch tán ẩm a_m của phấn hoa.
- Thực nghiệm đánh giá sai số giữa thời gian sấy lý thuyết và thực tế trên TBS được đề xuất.
- Kết quả nghiên cứu thực nghiệm với TBS đã thiết kế chế tạo và phương trình toán học biểu diễn sự phụ thuộc của chi phí điện năng riêng Ar, phần trăm hàm lượng vitamin %C và tỉ lệ thu hồi sản phẩm %M vào nhiệt độ, vận tốc tác nhân sấy, chu kỳ đảo trộn.
- Xác định chế độ sấy thích hợp.
- Xây dựng được phương trình tiên đoán giảm ẩm $\omega (\%)$ theo thời gian τ (s) trong quá trình sấy phấn hoa trên cơ sở các mô hình của những tác giả đi trước.

- Đánh giá hiệu quả kinh tế của thiết bị sấy.

3.1. Xây dựng phương pháp mới xác định đồng thời hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng của phấn hoa

Trong chương 2, chúng tôi đã trình bày phương pháp và cơ sở vật lý – toán xác định các đặc trưng nhiệt vật lý và thời gian sấy phấn hoa. Vì vậy trong mục này, trên cơ sở nghiên cứu đặc trưng bài toán truyền nhiệt, truyền chất trong VLA chúng tôi sẽ trình bày 2 vấn đề sau đây:

- Lý thuyết phương pháp mới xác định đồng thời các hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng của phấn hoa nói riêng và VLA nói chung do chúng tôi đề xuất.

- Cơ sở thiết kế thiết bị và phương pháp thí nghiệm xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng do chúng tôi đề xuất.

Trong quá trình tính toán nhiệt của vật liệu ẩm dạng hạt, ta thường tính toán cho một khối hạt. Ví dụ, khi tính nhiệt lượng cần cung cấp cho G (kg) gạo theo công thức $Q = G.c.\Delta t$ thì gần đúng, nhiệt dung riêng c trong công thức trên được tính cho G (kg) khối gạo. Ngoài ra, VLS của chúng tôi là phấn hoa có đặc trưng hình học là dạng hạt gần hình cầu có kích thước nhỏ ($1 \div 3$) mm và bài toán truyền nhiệt truyền chất trong TBS được đề xuất là dạng tấm phẳng. Vì vậy trong luận án này, chúng tôi sẽ tính toán nhiệt cũng như tính khuếch tán ẩm cho khối phấn hoa, với mục đích đó chúng tôi nghiên cứu bài toán dẫn nhiệt qua tấm phẳng.

Với mục đích đó, cở sở toán học của phương pháp do chúng tôi kiến nghị là hai nghiệm giải tích gần đúng của bài toán dẫn nhiệt trong một tấm phẳng một chiều với điều kiện biên loại 2 đối xứng khi Fourier đủ bé.

Vì vậy, trước khi xây dựng phương pháp mới xác định hai hệ số nói trên chúng ta xem xét mô hình vật lý và mô hình toán học của bài toán sau đây.

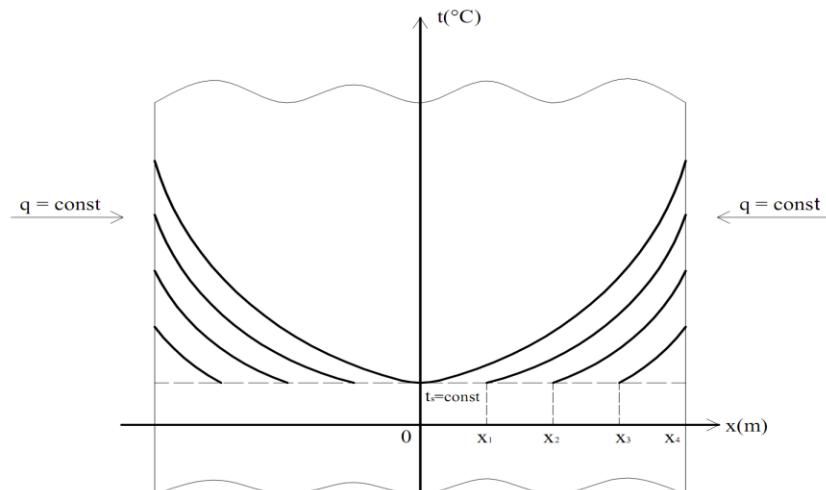
3.1.1. Mô hình vật lý

Giả sử có một tấm phẳng vật liệu ẩm chiều dày $2L$ với độ ẩm và nhiệt độ ban đầu đã biết tương ứng bằng ω_0 và t_0 . Khi $\tau > 0$ trên hai mặt của tấm phẳng duy trì một dòng nhiệt không đổi q (W/m^2). Do tốc độ khuếch tán ẩm bé hơn rất nhiều so

với tốc độ dẫn nhiệt nén với Fourier đủ bé tuy nhiệt độ trung bình của tấm phẳng tăng lên từ t_0 đến t_{tb} nào đó nhưng độ ẩm trung bình của toàn bộ lớp vật liệu hầu như chưa kịp thay đổi và một cách gần đúng có thể xem bằng độ ẩm ban đầu. Do đó, hệ số dẫn nhiệt và hệ số khuếch tán nhiệt được xác định trong thời gian đó là giá trị của hai hệ số nói trên ứng với độ ẩm ban đầu ω_0 và nhiệt độ trung bình t_{tb} .

Từ đặc tính này, bằng thực nghiệm khi thay đổi độ ẩm ban đầu và mật độ dòng nhiệt q (W/m^2) phương pháp do chúng tôi kiến nghị cho phép thiết lập các quan hệ $\lambda = f(\omega, t)$, $a = f(\omega, t)$ và $C = f(\omega, t)$. Vấn đề này sẽ được trình bày trong mục 2 chương 3, mục kết quả thực nghiệm.

Để xác định trường nhiệt độ cũng như nhiệt độ trung bình của lớp VLA trong thời gian đủ bé ta đặt trong nửa tấm phẳng N cặp nhiệt cách đều nhau. Khi đó bằng thực nghiệm chúng ta dễ dàng đo được nhiệt độ t_1, t_2, \dots, t_N . Trong đó nhiệt độ t_1 là nhiệt độ trên bề mặt tiếp xúc với nguồn nhiệt phẳng q (W/m^2) và nhiệt độ t_N là nhiệt độ ở tâm của tấm phẳng. Giả sử ở thời gian $\tau = \tau_N$ thì nhiệt độ ở tâm $t_N = t_0$ bắt đầu tăng lên. Nói cách khác với $\tau = \tau_N$ thì chiều dày thảm nhiệt bằng một nửa chiều dày tấm phẳng L (Trần Văn Phú, 2012). Mô hình vật lý và phân bố nhiệt độ một cách định tính trong nửa tấm phẳng tại các thời điểm của bài toán nói trên cho trên hình 3.1. Từ mô hình thực nghiệm này chúng ta dễ dàng xác định được nhiệt độ t_1 và nhiệt độ trung bình tích phân t_{tb} ở thời điểm $\tau = \tau_N$.



Hình 3.1. Phân bố nhiệt độ trong nửa tấm phẳng ở các thời điểm $\tau = \tau_n$

3.1.2. Mô hình toán học

Với mô hình vật lý như đã giả thiết ở trên, khi bỏ qua ảnh hưởng lẫn nhau giữa dẫn nhiệt và khuếch tán âm hoặc tính đến ảnh hưởng đó cũng như xem vật liệu là đồng nhất đẳng hướng và tính chất nhiệt vật lý không thay đổi trong quá trình dẫn nhiệt thì mô hình toán xác định xác định trường nhiệt độ trong nửa tấm một chiều với điều kiện biên loại 2 đối xứng được thể hiện như sau:

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2}, 0 \leq x \leq L, \tau > 0 \quad (3.1)$$

Các điều kiện đơn trị:

$$\text{- Điều kiện ban đầu: } t(x, 0) = t_0 = \text{const} \quad (3.2)$$

$$\text{- Điều kiện biên: } q = \lambda \left(\frac{\partial t(L, \tau)}{\partial x} \right) \quad (3.3)$$

$$\text{- Điều kiện đối xứng: } \left(\frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} \right) = 0 \quad (3.4)$$

Để giải bài toán trên trước tiên ta đưa mô hình toán học (3.1) ÷ (3.4) về dạng không thứ nguyên bằng cách đặt:

$$\text{- Tọa độ không thứ nguyên: } X = \frac{x}{L} \quad (3.5)$$

$$\text{- Thời gian không thứ nguyên: } Fo = \frac{a\tau}{L^2} \quad (3.6)$$

$$\text{- Nhiệt độ không thứ nguyên: } \theta(X, Fo) = \frac{t(x, \tau) - t_0}{t_0} \quad (3.7)$$

Sử dụng tính chất của đạo hàm hợp vào vế trái (3.1) và kết hợp với (3.5), (3.6), (3.7) ta được:

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial [t_0 \theta(X, Fo) + t_0]}{\partial \tau} = \frac{\partial [t_0 \theta(X, Fo) + t_0]}{\partial Fo} \cdot \frac{\partial Fo}{\partial \tau}$$

$$\text{Hay: } \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{a \cdot t_0}{L^2} \frac{\partial \theta(X, Fo)}{\partial F_o} \quad (3.8)$$

Tương tự, sử dụng tính chất của đạo hàm hợp vào vế phải (3.1) và kết hợp (3.5), (3.6), (3.7) được:

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} = \frac{\partial [t_0 \theta(X, F_o) + t_0]}{\partial x} = \frac{\partial [t_0 \theta(X, F_o) + t_0]}{\partial X} \cdot \frac{\partial X}{\partial x}$$

Hay:

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} = \frac{t_o}{L} \frac{\partial \theta(X, F_o)}{\partial X} \quad (3.9)$$

Khi đó:

$$\frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2} = \frac{t_o}{L} \frac{\partial^2 \theta(X, F_o)}{\partial X^2} \cdot \frac{\partial X}{\partial x} = \frac{t_o}{L^2} \frac{\partial^2 \theta(X, F_o)}{\partial X^2} \quad (3.10)$$

Kết hợp (3.1) với (3.8) và (3.10) ta được phương trình vi phân dãy nhiệt dưới dạng không thứ nguyên như sau:

$$\frac{\partial \theta(X, Fo)}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 \theta(X, Fo)}{\partial X^2}, \quad 0 \leq X \leq 1, \quad Fo > 0 \quad (3.11)$$

- Điều kiện ban đầu không thứ nguyên: $\theta(X, 0) = 0$ (3.12)

Tiếp tục chuyển điều kiện biên (3.3) về dạng không thứ nguyên bằng cách thế (3.9) vào (3.3) ta được:

$$q = \lambda \left[\frac{t_o}{L} \cdot \frac{\partial \theta(X, F_o)}{\partial X} \right] \quad (3.13)$$

$$\frac{qL}{\lambda t_0} = \frac{\partial \theta(X, F_o)}{\partial X} \quad (3.14)$$

$$\text{Hay: } Ki = \frac{\partial \theta(1, Fo)}{\partial X} \quad (3.15)$$

Trong đó: $Ki = \frac{qL}{\lambda t_0}$ là dòng nhiệt không thứ nguyên hay tiêu chuẩn Kirpychev.

Tương tự, với điều kiện đối xứng ta có:

$$\frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} = \frac{t_o}{L} \frac{\partial \theta(X, F_o)}{\partial X} = 0 \quad (3.16)$$

$$\text{Hay: } \frac{\partial \theta(0, Fo)}{\partial X} = 0 \quad (3.17)$$

3.1.3. Giải bài toán dãy nhiệt với điều kiện loại 2 đối xứng

Như chúng ta biết, bài toán dãy nhiệt không ổn định một chiều với điều kiện

loại 2 đối xứng cho bởi mô hình toán học (3.11) với các điều kiện đơn trị (3.12), (3.15), (3.17) đã được Luikov A.V (1968), Jatif M. Jiji (2009), Trần Văn Phú (2012) cũng như nhiều tác giả giải bằng nhiều phương pháp khác nhau, trong đó có phương pháp biến đổi tích phân. Tuy nhiên, nghiệm giải tích chính xác mà ông thu được của bài toán này cũng như nhiều bài toán dẫn nhiệt khác đều cho dưới dạng chuỗi rất khó sử dụng trong tính toán thực tế.

Với mục đích tìm một nghiệm giải tích gần đúng thuận tiện trong việc xác định nhiệt độ trên bề mặt và nhiệt độ trung bình tích phân trong giai đoạn đốt nóng ban đầu chúng ta sẽ giải bài toán bằng phương pháp biến đổi tích phân Laplace.

Khi đó ta đặt:

$$\theta(X, s) = \int_0^{\infty} \theta(X, Fo) \cdot \exp(-sFo) dFo \quad (3.18)$$

Trong (3.18), $\theta(X, s)$ gọi là ảnh của hàm gốc nhiệt độ $\theta(X, Fo)$ với s là một số phức.

Khi đó, nhân hai vế của phương trình (3.11) với $\exp(-sFo)$ và tiến hành tích phân theo Fo từ 0 đến ∞ ta được:

$$\int_0^{\infty} \frac{\partial \theta(X, Fo)}{\partial Fo} \cdot \exp(-sFo) dFo = \int_0^{\infty} \frac{\partial^2 \theta(X, Fo)}{\partial X^2} \cdot \exp(-sFo) dFo \quad (3.19)$$

Ta thấy, vế phải của phương trình (3.19) tích phân theo biến thời gian Fo nhưng lại đạo hàm theo biến không gian X . Do đó, ta có quyền đưa dấu đạo hàm ra ngoài dấu tích phân. Khi đó, vế phải của phương trình (3.19) được viết lại dưới dạng:

$$\int_0^{\infty} \frac{\partial^2 \theta(X, Fo)}{\partial X^2} \cdot \exp(-sFo) dFo = \frac{\partial^2}{\partial X^2} \int_0^{\infty} \theta(X, Fo) \cdot \exp(-sFo) dFo \quad (3.20)$$

So sánh biểu thức (3.18) với biến đổi (3.20) và chú ý rằng ảnh $T(X, s)$ chỉ là hàm một biến không gian X nên đạo hàm riêng bậc hai theo X biến thành đạo hàm thường của ảnh $T(X, s)$. Như vậy:

$$\int_0^{\infty} \frac{\partial^2 \theta(X, Fo)}{\partial X^2} \cdot \exp(-sFo) dFo = \frac{d^2 \theta(X, s)}{dX^2} \quad (3.21)$$

Mặt khác để lấy tích phân về trái của biến đổi (3.21). Khi đó, ta đặt:

$$U = \exp(-sFo)$$

$$\text{Và } dV = \frac{\partial \theta(X, Fo)}{\partial Fo} dFo$$

Do đó:

$$dU = -s \cdot \exp(-sFo) \quad \text{và } V = \theta(X, Fo)$$

Theo định lý tích phân từng phần ta có:

$$\begin{aligned} \int_0^\infty \frac{\partial \theta(X, Fo)}{\partial Fo} \cdot \exp(-sFo) dFo &= \int_0^\infty UdV = [UV] \Big|_0^\infty - \int_0^\infty VdU \\ &= [\exp(-sFo) \cdot \theta(X, Fo)] \Big|_0^\infty + \int_0^\infty s \cdot \theta(X, Fo) \cdot \exp(-sFo) dFo \end{aligned}$$

Theo điều kiện ban đầu ta có: $\theta(X, 0) = 0$

Nên dễ dàng thấy rằng:

$$[\exp(-sFo) \cdot \theta(X, Fo)] \Big|_0^\infty = 0$$

Vì vậy:

$$\int_0^\infty \frac{\partial \theta(X, Fo)}{\partial Fo} \exp(-sFo) dFo = s \int_0^\infty \theta(X, Fo) \cdot \exp(-sFo) dFo = s \cdot \theta(X, s) \quad (3.22)$$

Kết hợp (3.19), (3.21) và (3.22) ta thu được phương trình vi phân dãy nhiệt dưới dạng ảnh như sau:

$$\frac{d^2\theta(X, s)}{dX^2} - s \cdot \theta(X, s) = 0 \quad (3.23)$$

Như vậy, nhờ biến đổi tích phân Laplace chúng ta đã loại trừ biến thời gian Fo ra khỏi phương trình đạo hàm riêng (3.11) và thu được phương trình đạo hàm thường theo X đối với hàm ảnh $\theta(X, s)$.

Bây giờ ta chuyển các điều kiện đơn trị (3.12), (3.15), (3.17) về dạng ảnh. Khi đó nhân $\exp(-sFo)$ vào (3.15) và (3.17) rồi tiến hành tích phân từ 0 đến ∞ ta được:

- Điều kiện biên:

$$-\int_0^\infty \frac{\partial T(1, Fo)}{\partial X} \cdot \exp(-sFo) dFo + Ki \int_0^\infty \exp(-sFo) dFo = 0 \quad (3.24)$$

Như ở trên đã thảo luận thành phần thứ nhất của (3.24) tích phân theo thời gian Fo nhưng lại đạo hàm theo tọa độ không gian X nên có quyền đưa dấu đạo hàm ra ngoài dấu tích phân. Do đó thành phần này bằng:

$$-\frac{d}{dX} \int_0^\infty \theta(1, Fo) \cdot \exp(-sFo) dFo = -\frac{d\theta(1, s)}{dX} \quad (3.25)$$

Mặt khác, thành phần thứ hai của (3.11) bằng:

$$Ki \int_0^\infty \exp(-sFo) dFo = -Ki \left[\frac{\exp(-sFo)}{s} \right]_0^\infty = \frac{Ki}{s} \quad (3.26)$$

Kết hợp (3.24), (3.25) và (3.26) chúng ta thu được điều kiện biên với phương trình ảnh dưới dạng:

$$-\frac{d\theta(1, s)}{dX} + \frac{Ki}{s} = 0 \quad (3.27)$$

Điều kiện đối xứng ta cũng làm tương tự và thu được:

$$\int_0^\infty \frac{\partial \theta(0, Fo)}{\partial X} \exp(-sFo) dFo = \frac{\partial}{\partial X} \int_0^\infty \theta(0, Fo) \cdot \exp(-sFo) dFo = \frac{d\theta(0, s)}{dX} = 0 \quad (3.28)$$

Như vậy, ta cần giải phương trình ảnh (3.23) với hai điều kiện (3.27) và (3.28).

Phương trình ảnh (3.23) là phương trình đạo hàm thường bậc 2. Theo Luikov A.V (1968) nghiệm tổng quát của phương trình (3.10) có dạng:

$$\theta(X, s) = A \cdot ch\sqrt{s} \cdot X + B \cdot sh\sqrt{s} \cdot X \quad (3.29)$$

Để tìm hai hằng số tích phân A và B trong (3.29) ta sử dụng điều kiện biên và điều kiện đối xứng dưới dạng ảnh (3.27) và (3.28). Với mục đích đó ta đạo hàm (3.29) và được:

$$\frac{d\theta(X, s)}{dX} = A \sqrt{s} \cdot ch\sqrt{s} \cdot X + B \sqrt{s} \cdot sh\sqrt{s} \cdot X \quad (3.30)$$

Thay lần lượt $X = 0$ và $X = 1$ vào (3.30) và kết hợp đến (3.27) và (3.28) ta được hệ phương trình sau:

$$\frac{dT(0, s)}{dX} = A \sqrt{s} \cdot ch\sqrt{s} \cdot 0 + B \sqrt{s} \cdot sh\sqrt{s} \cdot 0 = 0 \quad (3.31)$$

$$\frac{dT(1,s)}{dX} = A\sqrt{s}.ch\sqrt{s}.1 + B\sqrt{s}.sh\sqrt{s}.1 = \frac{Ki}{s} \quad (3.32)$$

Trong đó theo định nghĩa hàm hyperbolic:

$$ch\sqrt{s}.X = \frac{\exp(\sqrt{s}.X) + \exp(-\sqrt{s}.X)}{2} \quad (3.33)$$

$$sh\sqrt{s}.X = \frac{\exp(\sqrt{s}.X) - \exp(-\sqrt{s}.X)}{2} \quad (3.34)$$

Thật vậy, thay $X = 0$ vào (1.33) và (1.34) ta được:

$$sh\sqrt{s}.0 = \frac{\exp(\sqrt{s}.0) - \exp(-\sqrt{s}.0)}{2} = 0 \quad (3.35)$$

$$ch\sqrt{s}.0 = \frac{\exp(\sqrt{s}.0) + \exp(-\sqrt{s}.0)}{2} \neq 0 \quad (3.36)$$

Từ quan hệ ở (1.31) (1.35) và (1.36) ta có:

$$A\sqrt{s}.ch\sqrt{s}.0 + B.0 = 0 \quad (3.37)$$

Mặt khác do $ch\sqrt{s}.0 \neq 0$

Nên hằng số tích phân: $A = 0$

Thay $A = 0$ vào phương trình (1.32) tìm được:

$$B = \frac{Ki}{s\sqrt{s}.sh\sqrt{s}}$$

Do đó, nghiệm riêng của hàm ảnh lấy dạng:

$$\theta(X,s) = \frac{Ki.ch\sqrt{s}X}{s\sqrt{s}.sh\sqrt{s}} \quad (3.38)$$

Khai triển các hàm $ch\sqrt{s}.X$ và $sh\sqrt{s}$ về dạng chuỗi, đồng thời sử dụng bảng ảnh – gốc và định lý khai triển A.V. Luikov (1968) ta tìm được nghiệm giải tích chính xác có dạng:

$$\theta(X,Fo) = Ki \left[Fo - \frac{1}{6}(1-X^2) + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{2}{\mu_n^2} \cos \mu_n X \cdot \exp(-\mu_n^2 Fo) \right] \quad (3.39)$$

Ở đây $\mu_n = n\pi$ với $n = (1 \div \infty)$.

Rõ ràng, nghiệm giải tích chính xác (3.19) rất khó sử dụng. Vì vậy chúng ta sẽ

tìm một nghiệm giải tích gần đúng trong giai đoạn đốt nóng ban đầu. Về mặt toán người ta nói tìm nghiệm giải tích gần đúng với điều kiện Fo đủ bé. Khi đó chúng ta không khai triển $ch\sqrt{s}X$ về dạng chuỗi như khi xác định nghiệm giải tích chính xác mà biểu diễn dưới dạng định nghĩa:

$$ch\sqrt{s}X = \frac{\exp(\sqrt{s}X) + \exp(-\sqrt{s}X)}{2} \quad (3.40)$$

Mặt khác, $\frac{1}{sh\sqrt{s}}$ có thể biểu diễn dưới dạng chuỗi:

$$\frac{1}{sh\sqrt{s}} = 2 \left[\exp(-\sqrt{s}) + \exp(-3\sqrt{s}) + \dots + \exp(-(2n-1)\sqrt{s}) \right] \quad (3.41)$$

Khi đó, nghiệm (3.38) bằng:

$$\theta(X, s) = \frac{Ki}{s\sqrt{s}} \left\{ \left[\exp(\sqrt{s}X) + \exp(-\sqrt{s}X) \right] \left[\exp(-X) + \exp(-3X) + \dots + \exp(-(2n-1)\sqrt{s}) \right] \right\} \quad (3.42)$$

Dễ dàng thấy rằng, nghiệm (3.42) có thể viết lại như sau:

$$\theta(X, s) = \frac{Ki}{s\sqrt{s}} \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \exp\left(-\sqrt{s}[(2n-1)+X]\right) + \exp\left(-\sqrt{s}[(2n-1)-X]\right) \right\} \quad (3.43)$$

Sử dụng bảng ảnh – gốc từ (3.43) ta tìm được nghiệm chính xác dưới dạng sau đây rất tiện dùng khi Fo đủ bé. Nghiệm đó có dạng:

$$\theta(X, Fo) = 2Ki\sqrt{Fo} \sum_{n=1}^{\infty} \left[ierfc \frac{(2n-1)-X}{2\sqrt{Fo}} + ierfc \frac{(2n-1)+X}{2\sqrt{Fo}} \right] \quad (3.44)$$

Trong đó theo bảng ảnh – gốc (Joel L. Schiff, 1999).

$$\frac{1}{s\sqrt{s}} \sum_{n=1}^{\infty} \exp\left(-\sqrt{s}[(2n-1)-X]\right) = 2\sqrt{Fo} \sum_{n=1}^{\infty} ierfc \frac{(2n-1)-X}{2\sqrt{Fo}} \quad (3.45)$$

$$\frac{1}{s\sqrt{s}} \sum_{n=1}^{\infty} \exp\left(-\sqrt{s}[(2n-1)+X]\right) = 2\sqrt{Fo} \sum_{n=1}^{\infty} ierfc \frac{(2n-1)+X}{2\sqrt{Fo}} \quad (3.46)$$

$$\text{Hay } \theta(X, Fo) = 2Ki\sqrt{Fo} \sum_{n=1}^{\infty} ierfc \frac{(2n-1) \pm X}{2\sqrt{Fo}} \quad (3.47)$$

Nghiệm (3.47) là một dạng khác của nghiệm giải tích chính xác của bài toán tác giả đang xem xét nhưng rất thuận tiện sử dụng khi Fo đủ bé. Cũng theo A.V. Luikov (1968) khi Fo đủ bé nghiệm (3.38) có thể lấy $n = 1$ là đủ. Khi đó, nghiệm

(3.38) gần đúng bằng:

$$\theta(X, Fo) \approx 2Ki\sqrt{Fo} \left\{ ierfc \frac{1 \pm X}{2\sqrt{Fo}} \right\} \quad (3.48)$$

Trong (3.47) hàm $ierfc \frac{(2n-1) \pm X}{2\sqrt{Fo}}$ là một hàm đặc biệt và được cho dưới dạng

bảng trong các tài liệu về truyền nhiệt và truyền âm như A.V. Luikov (1968), J. Crank (1975).

Chúng tôi sẽ sử dụng nghiệm (3.48) để tính nhiệt độ trên bề mặt tâm phẳng $X = 1$ khi đề xuất phương pháp mới xác định đồng thời hai hệ số dẫn nhiệt và hệ số khuếch tán nhiệt.

Với ý đồ dựa trên hai nghiệm giải tích, xây dựng được hệ phương trình gần đúng làm cơ sở toán học của phương pháp do chúng tôi kiến nghị. Ta sẽ đơn giản nghiệm ảnh (3.43) để tìm một dạng nghiệm giải tích gần đúng khác. Đây là đóng góp mới của chúng tôi.

Khi đó với điều kiện Fo đủ bé cho $n = 1$ nghiệm ảnh (3.43) sẽ lấy dạng:

$$\theta(X, s) = \frac{Ki}{s\sqrt{s}} \left\{ \exp - \sqrt{s}(1 + X) + \exp - \sqrt{s}(1 - X) \right\} \quad (3.49)$$

$$\text{Hay } \theta(X, s) = \frac{Ki}{s\sqrt{s}} \left\{ \exp - \sqrt{s}(1 \pm X) \right\} \quad (3.50)$$

Với cách này, ta tách ảnh $T(X, s)$ (3.50) thành hai hàm số đối với s .

Khi đó, ta đặt:

$$F_1(s) = \frac{Ki}{s}$$

$$\text{Và } F_2(s, X) = \frac{1}{\sqrt{s}} \exp \left[-\sqrt{s}(1 \pm X) \right] \quad (3.51)$$

Khi đó, nghiệm (3.50) được biểu diễn dưới dạng tích của hai hàm $F_1(s)$ và $F_2(s)$ như sau:

$$\theta(X, s) = F_1(s) \cdot F_2(s, X) = \frac{Ki}{s\sqrt{s}} \left\{ \exp - \sqrt{s}(1 \pm X) \right\} \quad (3.52)$$

Trong lý thuyết biến đổi tích phân Laplace. A.V.Luikov (1968), Joel L. Schiff

(1999), Võ Đăng Thảo (2008) đã chứng minh rằng, trong trường hợp này nếu gốc của ảnh $F_1(s)$ là $f_1(Fo)$ và gốc của ảnh $F_2(X, s)$ là $f_2(X, Fo)$ thì hàm gốc của hàm ảnh $T(X, s) = F_1(s).F_2(X, s)$ bằng:

$$\theta(X, Fo) = f_1(Fo)^* f_2(X, Fo) = \int_0^{Fo} f_1(Fo - \theta) \cdot f_2(\theta, X) d\theta \quad (3.53)$$

Trong (3.53) ký hiệu * là tích chập theo biến số Fo của hai hàm $f_1(Fo)$ và $f_2(X, Fo)$.

Theo bảng ảnh – gốc ta dễ dàng tìm được gốc của các hàm ảnh $F_1(s)$ và $F_2(X, s)$. Với ảnh $F_1(s) = \frac{Ki}{s}$ thì hàm gốc của nó bằng:

$$f_1(Fo - \theta) = Ki = \text{const}$$

Và hàm ảnh $F_2(s, X) = \frac{1}{\sqrt{s}} \exp[-\sqrt{s}(1 \pm X)]$ có hàm gốc bằng:

$$f_2(X, Fo) = \frac{1}{\sqrt{\pi Fo}} \exp\left[-\frac{(1 \pm X)^2}{4Fo}\right]$$

Do đó, theo tính chất (3.53) ta có:

$$\theta(X, Fo) = Ki \int_0^{Fo} \frac{1}{\sqrt{\pi Fo}} \exp\left[-\frac{(1 \pm X)^2}{4Fo}\right] dFo \quad (3.54)$$

Nhân và chia tử và mẫu số trong (3.54) cho 2 thì nghiệm này có thể viết lại dưới dạng:

$$\theta(X, Fo) = Ki \int_0^{Fo} \frac{2}{\sqrt{4\pi Fo}} \exp\left[-\frac{(1 \pm X)^2}{4Fo}\right] dFo$$

Hay

$$\theta(X, Fo) = 2Ki \int_0^{Fo} \frac{1}{\sqrt{4\pi Fo}} \exp\left[-\frac{(1 \pm X)^2}{4Fo}\right] dFo = 2Ki \int_0^{Fo} f_2^*(X, Fo) dFo \quad (3.55)$$

3.1.4. Nhiệt độ trên bề mặt vật liệu ($X = 1$) tại thời điểm $\tau = \tau_n$

Như trên kia đã thảo luận, chúng ta sẽ sử dụng nghiệm giải tích gần đúng (3.48) để xác định nhiệt độ trên bề mặt tiếp xúc với nguồn nhiệt. Khi đó, thay $X = 1$ vào (3.48) ta được:

$$\theta_1(1, Fo) = 2Ki\sqrt{Fo} \left(ierfc \frac{1}{\sqrt{Fo}} + ierfc0 \right) \quad (3.56)$$

Do tính chất của hàm ierfc, nên khi Fo đủ bé, chúng ta có thể bỏ qua thành phần đầu trong dấu ngoặc $ierfc \frac{1}{\sqrt{Fo}}$. Chẳng hạn khi $Fo = 0,5$ thì $ierfc \sqrt{1/0,5} = 0,001$. Trong khi đó $ierfc0 = \frac{1}{\sqrt{\pi}} = 0,5642$.

Như vậy, khi $Fo = 0,5$ bỏ qua $ierfc \frac{1}{\sqrt{Fo}}$ chúng ta chỉ phạm một sai số tương đối δ rất nhỏ và bằng:

$$\delta = \frac{0,0010}{(0,5642 + 0,0010)} = 0,0018$$

Như vậy, khi Fo đủ bé ta có luôn có $ierfc0 \gg ierfc \frac{1}{\sqrt{Fo}}$. Do đó, nhiệt độ trên bề mặt vật liệu tiếp xúc với nguồn nhiệt hay $X = 1$ gần đúng bằng:

$$\theta_1(1, Fo) \approx \frac{2}{\sqrt{\pi}} Ki\sqrt{Fo} \quad (3.57)$$

Quan hệ (3.57) là một trong hai phương trình cho phép chúng ta xác định đồng thời hệ số dẫn nhiệt và hệ số khuếch tán nhiệt. Phương trình thứ 2 của hệ này là quan hệ xác định nhiệt độ trung bình tích phân. Dưới đây, chúng tôi sẽ trình bày cách thu được quan hệ này.

3.1.5. Nhiệt độ trung bình tích phân trong tấm phẳng tại thời điểm $\tau = \tau_n$

Để xác định nhiệt độ trung bình tích phân trong tấm phẳng tại thời điểm $\tau = \tau_n$. Ta tích phân từ -1 đến 1 theo (3.55) và ta được nhiệt độ trung bình tích phân ở thời điểm $\tau = \tau_n$ bằng:

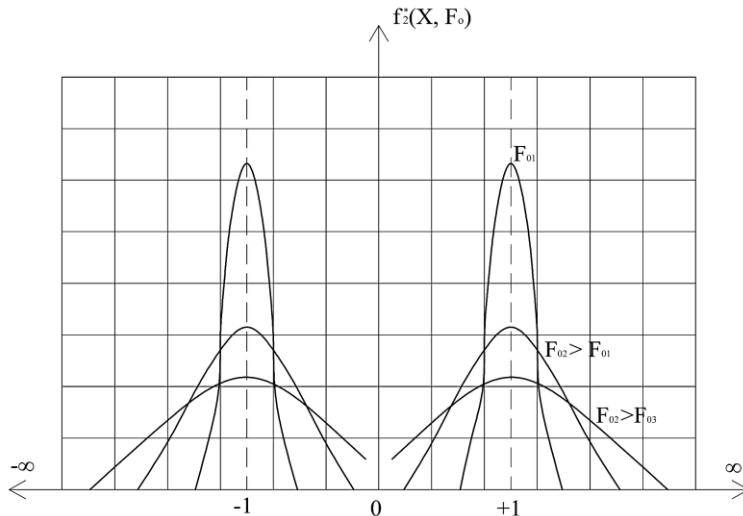
$$\theta_{tb}(Fo) = \frac{2Ki}{|1 - (-1)|} \int_0^{Fo} \left\{ \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{4\pi Fo}} \exp \left[-\frac{(1 \pm X)^2}{4Fo} \right] dX \right\} dFo$$

Hay

$$\theta_{tb}(Fo) = Ki \int_0^{Fo} \left\{ \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{4\pi Fo}} \exp \left[-\frac{(1 \pm X)^2}{4Fo} \right] dX \right\} dFo \quad (3.58)$$

Trong (3.58) hàm: $f_2^*(X, Fo) = \frac{1}{\sqrt{4\pi Fo}} \exp -\frac{(1 \pm X)^2}{4Fo}$ là một hàm rất đặc biệt

thường xuất hiện trong nghiệm của các bài toán kỹ thuật miêu tả quá trình quá độ ban đầu với Fourier đủ bé. Hàm này đã được Grinber G. nghiên cứu kỹ và giới thiệu trong A.V. Luikov (1968). Một cách định tính hàm $f_2^*(X, Fo)$ cho trên hình 3.2.



Hình 3.2 Phân bố hàm $f_2^*(X, Fo) = \frac{1}{\sqrt{4\pi Fo}} \exp -\frac{(1 \pm X)^2}{4Fo}$

Hàm $f_2^*(X, Fo)$ theo Grinber có ba đặc tính sau đây:

- Là hai đường cong đối xứng bởi hai trục $X = 1$ và $X = -1$.
- Fo càng bé thì diện tích giới hạn bởi $f_2^*(X, Fo)$ càng tập trung quanh hai trục đối xứng.

- Khi tích phân theo X từ $-\infty$ đến $+\infty$ ta luôn luôn được quan hệ sau:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{4\pi Fo}} \exp \left[-\frac{(1+X)^2}{4Fo} \right] dX = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{\pi 4Fo}} \exp \left[-\frac{(1-X)^2}{4Fo} \right] dX = 1 \quad (3.59)$$

Do đó:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f_2^*(X, Fo) dX = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{4\pi Fo}} \exp \left[-\frac{(1+X)^2}{4Fo} \right] dX + \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{4\pi Fo}} \exp \left[-\frac{(1-X)^2}{4Fo} \right] dX = 2 \quad (3.60)$$

Do tính chất thứ hai trên đây của hàm $f_2^*(X, Fo)$ nên khi Fo đủ bé thể hiện trên hình 3.2 một cách gần đúng ta có thể viết:

$$\int_{-1}^{+1} \frac{1}{\sqrt{4\pi Fo}} \exp\left[-\frac{(1+X)^2}{4Fo}\right] dX + \int_{-1}^{+1} \frac{1}{\sqrt{4\pi Fo}} \exp\left[-\frac{(1-X)^2}{4Fo}\right] dX \approx \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \approx 1 \quad (3.61)$$

Chúng ta sẽ lợi dụng tính chất đặc biệt này của hàm $f_2^*(X, Fo)$ thể hiện bởi (3.61) để tính nhiệt độ trung bình tích phân trong nửa tâm phẳng VLS đang xét.

Khi đó, thay quan hệ gần đúng (3.61) vào (3.58) ta được nhiệt độ trung bình tích phân ở thời điểm $\tau = \tau_n$ gần đúng bằng:

$$\theta_{tb}(Fo) \approx Ki \int_0^{Fo} dFo \approx Ki.Fo \quad (3.62)$$

Kết hợp các quan hệ (3.57) và (3.62) ta có hệ phương trình cho phép xác định đồng thời hai hệ số dẫn nhiệt và hệ số khuếch tán nhiệt. Dưới đây chúng ta sẽ thảo luận chi tiết vấn đề này.

3.1.6. Các công thức xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng

Với mục tiêu là xác định hai hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt trên phương trình mô tả trường nhiệt độ không thứ nguyên (3.48). Thật vậy, ta thấy:

Nhiệt độ trên bề mặt đốt nóng được xác định bởi quan hệ (3.57) và nhiệt độ trung bình tích phân trong một nửa tâm phẳng ở thời điểm $\tau = \tau_n$ cho bởi (3.62) tạo thành một hệ phương trình:

$$\theta_1(1, Fo) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} Ki \sqrt{Fo} \quad (3.63)$$

$$\theta_{tb}(Fo) = Ki.Fo \quad (3.64)$$

Do đó, từ hệ phương trình (3.63) – (3.64) cho phép chúng ta đồng thời xác định được hệ số dẫn nhiệt và hệ số khuếch tán nhiệt.

Khi đó thay $Fo = \frac{a\tau}{L^2}$, $Ki = \frac{qL}{\lambda t_0}$ và $\theta(X, F_o) = \frac{t(x, \tau) - t_0}{t_0}$ vào hệ (3.63) – (3.64)

ta thu được hệ phương trình đối với hệ số dẫn nhiệt λ và hệ số khuếch tán nhiệt a như sau:

$$\frac{t_1(\tau) - t_0}{t_0} = \frac{2q.L}{\lambda.t_0\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{a.\tau}{L^2}} \quad (3.65)$$

$$\frac{t_{tb}(\tau) - t_0}{t_0} = \frac{q \cdot L \cdot a \cdot \tau}{\lambda \cdot t_0 \cdot L^2} \quad (3.66)$$

Giải hệ phương trình (3.65) và (3.66) ta tìm được hai công thức cho phép ta xác định đồng thời hai đại lượng này khi $\tau = \tau_N$:

- Hệ số dẫn nhiệt:

$$\lambda = \frac{4qL[t_{tb}(\tau) - t_0]}{\pi [t_i(\tau) - t_0]^2} \quad (3.67)$$

- Hệ số khuếch tán nhiệt:

$$a = \frac{4L^2[t_{tb}(\tau) - t_0]^2}{\pi \tau [t_i(\tau) - t_0]^2} \quad (3.68)$$

Nếu gọi khối VLS với thể tích $F \cdot L$ (m^3) có khối lượng G (kg) thì ta có quan hệ sau: $G = F \cdot L \cdot \rho_v$

Khi đó theo định nghĩa nhiệt dung riêng của vật liệu cũng như công thức xác định quen thuộc trong các tài liệu (Hoàng Đình Tín, 2002; Nguyễn Hay, 2007; Trần Văn Phú, 2007). Nhiệt lượng Q của G kg vật liệu nhận được trong thời gian τ để nhiệt độ của nó tăng lên từ t_0 lên t_{tb} được tính như sau:

$$Q = G \cdot C_v \cdot \Delta t = G \cdot C_v \cdot (t_{tb} - t_0) \quad (3.69)$$

$$\text{Hay: } C_v = \frac{Q}{G \cdot \Delta t} = \frac{Q}{L \cdot F \cdot \rho_v \cdot \Delta t} = \frac{q \tau_N}{L \cdot \rho_v \cdot \Delta t} = \frac{q \tau_N}{L \cdot (t_{tb} - t_0) \cdot \rho_v}, \text{ J/(kg.K)} \quad (3.70)$$

Ở đây q là mật độ dòng nhiệt, q có thể nguyên là W/m^2 . Do đó, $Q = q \cdot \tau$ chính là nhiệt lượng mà khối VLS hay G kg VLS nhận được để nhiệt độ của nó tăng lên từ t_0 lên t_{tb} .

Mặt khác, ta có thể thấy nếu thay λ và a theo công thức (3.67) và (3.68) vào công thức xác định nhiệt dung riêng theo: $C_v = \frac{\lambda}{a \cdot \rho_v}$ đã giới thiệu trong các tài liệu về truyền nhiệt như (Hoàng Đình Tín, 2002; Nguyễn Hay, 2007; Trần Văn Phú, 2007).

$$\text{Thật vậy, ta được: } C_v = \frac{\lambda}{a \cdot \rho_v} = \frac{q \cdot \tau}{L \cdot (t_{tb} - t_0) \cdot \rho_v}, \text{ J/(kg.K)} \quad (3.71)$$

3.1.7. Nhận xét

Từ quan hệ (3.70) và (3.71), chúng tôi thấy công thức xác định nhiệt dung riêng trung bình theo công thức định nghĩa và công thức xác định khi thay λ và a theo công thức (3.67) và (3.68) vào (3.71) là hoàn toàn giống nhau. Điều này, về mặt vật lý, toán giản tiếp minh chứng rằng: Phương pháp xác định đồng thời các hệ số dẫn nhiệt (3.67) và hệ số khuếch tán nhiệt (3.68) do chúng tôi kiến nghị là đúng đắn và đáng tin cậy.

Ngoài ra, theo chúng tôi phương pháp xác định đồng thời ba hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng do chúng tôi kiến nghị (3.67), (3.68) và (3.70) còn có 4 ưu điểm sau:

- Cho phép xác định đồng thời các hệ số nói trên của tất cả vật liệu âm nói chung và phần hoa nói riêng trong thời gian đủ bé ban đầu của quá trình đốt nóng không ổn định. Do đó tiết kiệm thời gian làm thực nghiệm.

- Bằng cách thay đổi nhiệt độ t nhưng độ âm VLS ban đầu giữ nguyên chúng ta hoàn toàn có thể thiết lập được quan hệ của hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán và nhiệt dung riêng theo nhiệt độ dạng $\lambda = f(t)$, $a = f(t)$ và $C = f(t)$ ở các độ âm khác nhau.

- Ngược lại, khi thay đổi độ âm ban đầu và nhiệt độ giữ nguyên ta lại tìm được quan hệ giữa các hệ số này theo độ âm dạng $\lambda = f(\omega)$, $C = f(t)$, $a = f(\omega)$ ở các nhiệt độ khác nhau.

- Tóm quát hơn, bằng cách vừa thay đổi độ âm ban đầu vừa thay đổi nhiệt độ ta hoàn toàn có thể thiết lập các mối quan hệ giữa hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng theo hai biến nhiệt độ và độ âm dạng $\lambda = f(t, \omega)$, $a = f(t, \omega)$ và $C = f(t, \omega)$.

Chúng tôi sẽ sử dụng các công thức (3.67), (3.68) và (3.70) để xác định các hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng của phần hoa là VLS chúng tôi đang nghiên cứu. Thiết bị thí nghiệm và kết quả tính toán sẽ trình bày trong phần sau.

Ngoài những ưu điểm trên đây, các công thức cho phép xác định đồng thời ba

hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng do chúng tôi kiến nghị (3.67) (3.68) và (3.70) trên đây cũng có những nhược điểm nhất định. Các công thức này thu được trên cơ sở hai nghiệm giải tích gần đúng với điều kiện Fourier đủ bé. Giả thiết này mang đến cái gọi là sai số phương pháp.

Về nguyên tắc, Fourier càng bé thì sai số phương pháp của hai công thức (3.67) và (3.68) càng bé. Như trên kia chúng ta đã tính toán, với $Fo = 0,5$ khi xác định nhiệt độ trên bề mặt được đốt nóng theo công thức (3.57) chúng ta đã phạm sai số phương pháp tương đối khoảng gần 0,2 %. Một sai số rất bé và có thể chấp nhận được.

Nói chung, sai số phương pháp là sai số rất khó xác định. Thông thường, để đánh giá độ tin cậy của một phương pháp mới người ta thường sử dụng phương pháp so sánh: so sánh trực tiếp kết quả xác định theo các phương pháp khác nhau đối với cùng một vật liệu hoặc so sánh gián tiếp qua một vật liệu trung gian mà các thông số đó đã được nhiều người thừa nhận.

Theo tìm hiểu ở trên, thành phần của phần hoa phụ thuộc vào nguồn gốc và điều kiện địa lý, do đó hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng cũng không ngoại lệ. Vì vậy, để đánh giá độ tin cậy của hai công thức (3.67) và (3.68), chúng tôi tiến hành kiểm chứng bằng phương pháp so sánh qua hai vật liệu là gạo và phần hoa ở Slovakia.

Hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt của gạo và phần hoa được xác định bằng phương pháp do chúng tôi kiến nghị (3.67) và (3.68), kết quả được so sánh với giá trị các hệ số đó đã công bố trong các tài liệu tham khảo.

Kết quả của phương pháp so sánh để đánh giá độ tin cậy của các công thức (3.67) và (3.68) được trình bày trong phần thực nghiệm.

3.1.8. Thiết kế thiết bị thực nghiệm xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng

Như đã giới thiệu ở trên, cơ sở toán học của phương pháp do chúng tôi kiến nghị là hai nghiệm giải tích gần đúng của bài toán dẫn nhiệt trong một tấm phẳng 1 chiều với điều kiện biên loại 2 đối xứng khi Fourier đủ bé. Do tính đối xứng của bài

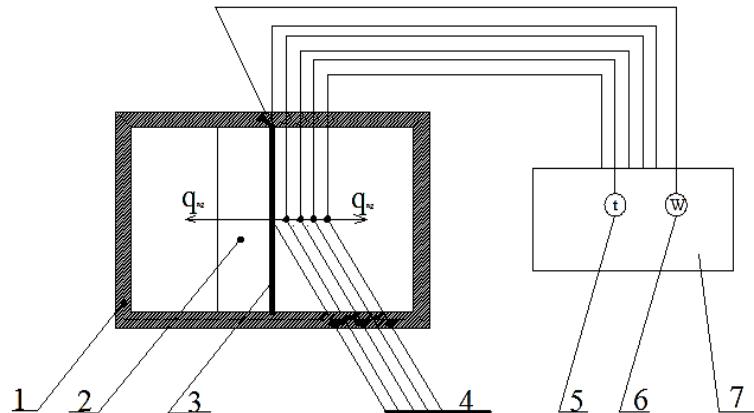
toán, để xác định trường nhiệt độ cũng như nhiệt độ trung bình của lớp VLA trong thời gian đủ bé ta chỉ cần khảo sát một nửa tấm phẳng. Vì vậy, ta đặt trong nửa tấm phẳng N đầu dò nhiệt cách nhau để đo nhiệt độ t_1, t_2, \dots, t_N . Trong đó nhiệt độ t_1 là nhiệt độ trên bề mặt tiếp xúc với nguồn nhiệt phẳng q (W/m^2) và nhiệt độ t_N là nhiệt độ ở tâm của tấm phẳng.

Mặt khác, do bài toán là dẫn nhiệt 1 chiều tức là nguồn nhiệt q chỉ truyền theo một chiều nên để đơn giản trong chế tạo ta sẽ chuyển nguồn nhiệt về chính giữa tấm phẳng và dòng nhiệt truyền cho nửa vách phẳng khi đó sẽ bằng $q/2$.

Với cơ sở trên, chúng tôi thiết kế chế tạo mô hình thí nghiệm để xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng vật liệu ẩm. Sau đây là sơ đồ nguyên lý và cấu tạo của mô hình thí nghiệm.

❖ Sơ đồ nguyên lý cấu tạo:

Sơ đồ nguyên lý và cấu tạo thiết bị thí nghiệm xác định đồng thời ba hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng vật liệu ẩm.



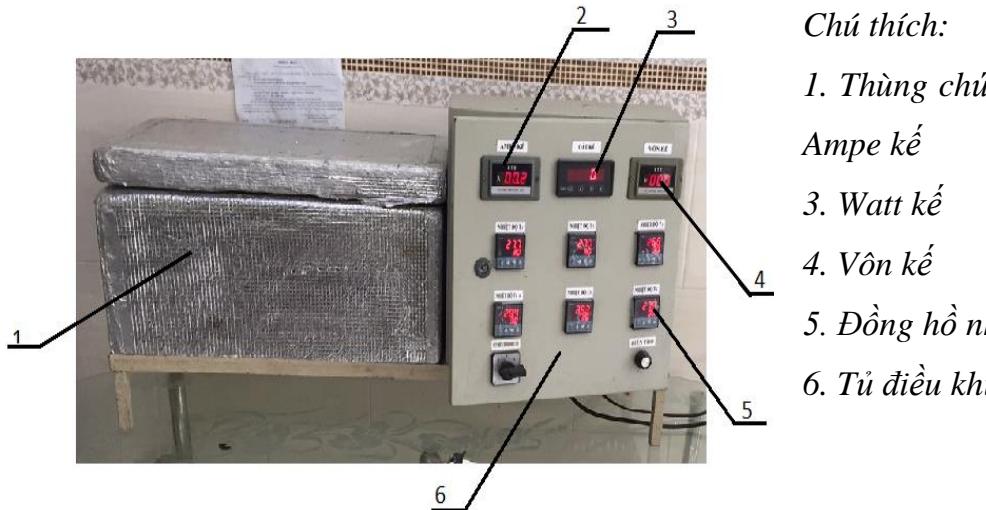
Hình 3.3. Sơ đồ hệ thống thiết bị thí nghiệm đo đồng thời hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng vật liệu ẩm

Trong đó: 1: *Thùng chứa vật liệu* 4: *Đầu dò nhiệt độ* 7: *Tủ điện điều khiển*
 2: *Vật liệu thí nghiệm* 5: *Nhiệt kế*
 3: *Nguồn nhiệt* 6: *Watt kế*

❖ Thiết bị thực nghiệm:

Dựa vào sơ đồ nguyên lý và cấu tạo của mô hình thực nghiệm, chúng tôi đã

chế tạo thiết bị thực nghiệm để xác định đồng thời hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng của phấn hoa như hình 3.4. Bản vẽ thiết kế chế tạo được cho ở phụ lục 2.3.



Hình 3.4. Thiết bị thí nghiệm đo đồng thời hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt và nhiệt dung riêng vật liệu ẩm

Hệ thống thiết bị thí nghiệm gồm một thùng hình hộp chữ nhật chứa vật liệu được cách nhiệt. Vật liệu nghiên cứu trong thùng phải được điền đầy. Ở chính giữa thùng theo tiết diện thẳng đứng ta đặt một nguồn nhiệt dạng tấm phẳng (điện trở tấm) và xem như dòng nhiệt chỉ truyền theo phương pháp tuyến tính điện trở (phương ngang). Công suất nhiệt của điện trở được điều chỉnh nhờ biến thế tự ngẫu và đo bằng máy tự ghi. Trong nửa thùng theo phương ngang ta đặt 5 đầu dò nhiệt cách đều nhau và được nối với máy tự ghi. Trong đó cặp nhiệt thứ nhất tiếp xúc với nguồn nhiệt, như hình 3.3.

- **Thùng chứa vật liệu:** là thùng hình hộp có nắp đậy kích thước bên trong L x W x H = 400 x 150 x 150 mm. Thùng được làm bằng panel cách nhiệt bằng pulyrethane dày 100 mm, hai mặt bọc tôn dày 0,5 mm sơn tĩnh điện đảm bảo truyền nhiệt là một chiều theo phương ngang.

- **Đầu dò nhiệt:** Đầu dò là loại cảm biến nhiệt điện trở Pt100 (Platinum resistance thermometers) có đường kính 2 mm, chiều dài 150 mm, độ chính xác ± 0,1 %. Các đầu dò nhiệt cách đều nhau với khoảng cách 12,5 mm với đầu dò thứ 1

tiếp xúc với nguồn nhiệt. Các đầu dò được nối với thiết bị tự ghi TZN4L-24R Autonic với độ chính xác $\pm 0,3\%$.

- Nguồn nhiệt phẳng: Là điện trở tấm có kích thước $L \times W \times H = 150 \times 3 \times 150$ mm. Nguồn nhiệt được cấu tạo gồm 3 lớp ép chặt với nhau, ngoài cùng là lớp Inox 304 dày 0,8 mm tiếp theo là lớp vải chịu nhiệt và trong cùng là dây điện trỏ đường kính 0,5 mm công suất 50 W được sắp xếp sao cho đảm bảo sự phân bố nhiệt đều trên tấm. Công suất gia nhiệt của nguồn nhiệt được ghi bằng thiết tự ghi (Watt kế) BX11 - Trotec (Đức) phạm vi đo 2 – 3000 W và điều chỉnh bằng biến áp tự ngẫu.

3.2. Phương pháp xác định hệ số truyền âm và hệ số khuếch tán âm

3.2.1. Cơ sở lý thuyết phương pháp xác định hệ số truyền âm và hệ số khuếch tán âm

Khi tính toán thiết kế một thiết bị sấy thì thời gian sấy là quan trọng hàng đầu cần phải định ra được. Với cách tính thời gian sấy theo phương pháp tương tự thì ta cần xác định hệ số truyền âm và hệ số khuếch tán âm.

Với mục đích trên, dưới đây chúng tôi trình bày cơ sở lý thuyết của phương pháp xác định đồng thời hai hệ số đó do I. Dincer, M.M. Hussain (2002) đề xuất.

Theo I. Dincer, M.M. Hussain (2002), khi xét quá trình khuếch tán âm với các giả thiết:

- Quá trình truyền âm là quá trình một chiều.
- Bỏ qua ảnh hưởng truyền nhiệt đến quá trình truyền âm.
- Xem tính chất nhiệt vật lý không thay đổi trong quá trình truyền âm.
- Nhiệt độ của vật liệu không thay đổi trong suốt quá trình

Phương trình vi phân miêu tả quá trình khuếch tán âm 1 chiều trong nửa tấm phẳng có chiều dày $2L$ với điều kiện biên loại 3 đối xứng như sau:

$$\frac{\partial \omega_k(x, \tau)}{\partial \tau} = a_m \frac{\partial^2 \omega_k(x, \tau)}{\partial x^2}, 0 \leq x \leq L, \tau > 0 \quad (3.72)$$

Với điều kiện đơn trị:

- Điều kiện ban đầu $\tau = 0$

$$\omega_k(x, 0) = \omega_{ko} \quad (3.73)$$

- Điều kiện biên $x = L$

$$-a_m \left(\frac{\partial \omega_k(L, \tau)}{\partial x} \right) = h_m \left[\omega_k(L, \tau) - \omega_{ke} \right] \quad (3.74)$$

- Điều kiện đối xứng $x = 0$

$$\left(\frac{\partial \omega_k(0, \tau)}{\partial x} \right) = 0 \quad (3.75)$$

Dưới dạng không thứ nguyên phương trình (3.72) ÷ (3.75) biểu diễn như sau:

$$\frac{\partial \theta_m(X, Fo_m)}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 \theta_m(X, Fo_m)}{\partial X^2}, \quad 0 \leq X \leq 1, \quad Fo_m > 0 \quad (3.76)$$

Các điều kiện đơn trị:

$$- \text{Điều kiện ban đầu: } \theta_m(X, 0) = 0 \quad (3.77)$$

$$- \text{Điều kiện biên: } \frac{\partial \theta_m(1, Fo_m)}{\partial X} = -Bi_m \theta_m(1, Fo_m) \quad (3.78)$$

$$- \text{Điều kiện đối xứng: } \frac{\partial \theta_m(0, Fo_m)}{\partial X} = 0 \quad (3.79)$$

Trong (3.76) – (3.79) đã sử dụng các đại lượng không thứ nguyên sau đây:

$$- \text{Tọa độ không gian không thứ nguyên: } X = \frac{x}{L}$$

$$- \text{Độ âm tuyệt đối không thứ nguyên: } \theta_m(X, Fo) = \frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}}$$

Ở đây: ω_k, ω_{k0} và ω_{ke} tương ứng là độ âm tuyệt đối, độ âm ban đầu và độ âm cân bằng.

$$- \text{Tiêu chuẩn Bio về trao đổi chất: } Bi_m = \frac{h_m L}{a_m}$$

Với: h_m là hệ số truyền âm.

a_m là hệ số kuéch tán âm.

$$- \text{Thời gian không thứ nguyên: } Fo_m = \frac{a_m \tau}{L^2}$$

Dincer và Husan (2002) đã giải bài toán trên và đã biểu diễn nghiệm giải tích gần đúng của phương trình (3.76) với các điều kiện đơn trị (3.77) – (3.79) dưới dạng chuỗi sau đây:

$$\theta_m(X, Fo_m) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n B_n \quad (3.80)$$

Ngoài ra, cũng theo I. Dincer, M.M. Hussain (2002) khi $Fo_m > 0,2$ thì chuỗi (3.80) có thể lấy gần đúng với $n = 1$. Khi đó nghiệm (3.80) gần đúng bằng:

$$\theta_m(X, Fo_m) = A_1 B_1 \quad (3.81)$$

Ở đây:

$$A_1 = \exp \frac{0,2533 Bi_m}{(1,3 + Bi_m)} \quad (3.82)$$

$$B_1 = \exp(-\mu^2 Fo_m) \quad (3.83)$$

$$\mu = \arctan(0,640443 Bi_m + 0,380397) \quad (3.84)$$

Thay A_1 và B_1 vào (3.81) khi đó (3.81) được viết lại như sau:

$$\theta_m(X, Fo_m) = A_1 B_1 = \left\{ \exp \frac{0,2533 Bi_m}{(1,3 + Bi_m)} \right\} \exp(-\mu^2 Fo_m) \quad (3.85)$$

Mặt khác, theo I. Dincer, M.M. Hussain (2002) nghiệm của phương trình (3.76) – (3.79) còn có thể biểu diễn dưới một dạng khác như sau:

$$\theta_m(X, Fo_m) = G \exp(-S\tau) \quad (3.86)$$

Ở đây: G là nhân tố cản trở, không thứ nguyên.

S là hệ số sấy (1/s).

So sánh nghiệm (3.85) và (3.86) dễ dàng thu được 2 quan hệ sau đây:

$$G = \exp \frac{0,2533 Bi_m}{1,3 + Bi_m} \quad (3.87)$$

$$\exp(-S\tau) = \exp(-\mu^2 Fo_m) \quad (3.88)$$

Từ hai công thức (7.87) và (3.88) ta xác định được:

$$Bi_m = \frac{1,3 \ln G}{0,2533 - \ln G} \quad (3.89)$$

$$S.\tau = \mu^2 Fo_m$$

Hay:

$$Fo_m = \frac{S.\tau}{\mu^2} \quad (3.90)$$

Thay $Fo_m = \frac{a_m \tau}{L^2}$ vào (3.90) ta có:

$$\frac{a_m \tau}{L^2} = \frac{S \cdot \tau}{\mu^2}$$

Dễ dàng tìm được:

$$a_m = \frac{SL^2}{\mu^2} \quad (3.91)$$

Và từ tiêu chuẩn Bio về trao đổi chất:

$$Bi_m = \frac{h_m L}{a_m}$$

Ta tìm được:

$$h_m = \frac{a_m \cdot Bi_m}{L} \quad (3.92)$$

Trong đó G và S được xác định như sau:

Từ quan hệ (3.86), logarit 2 vế ta được:

$$\ln \theta_m(X, Fo_m) = -S\tau + \ln G \quad (3.93)$$

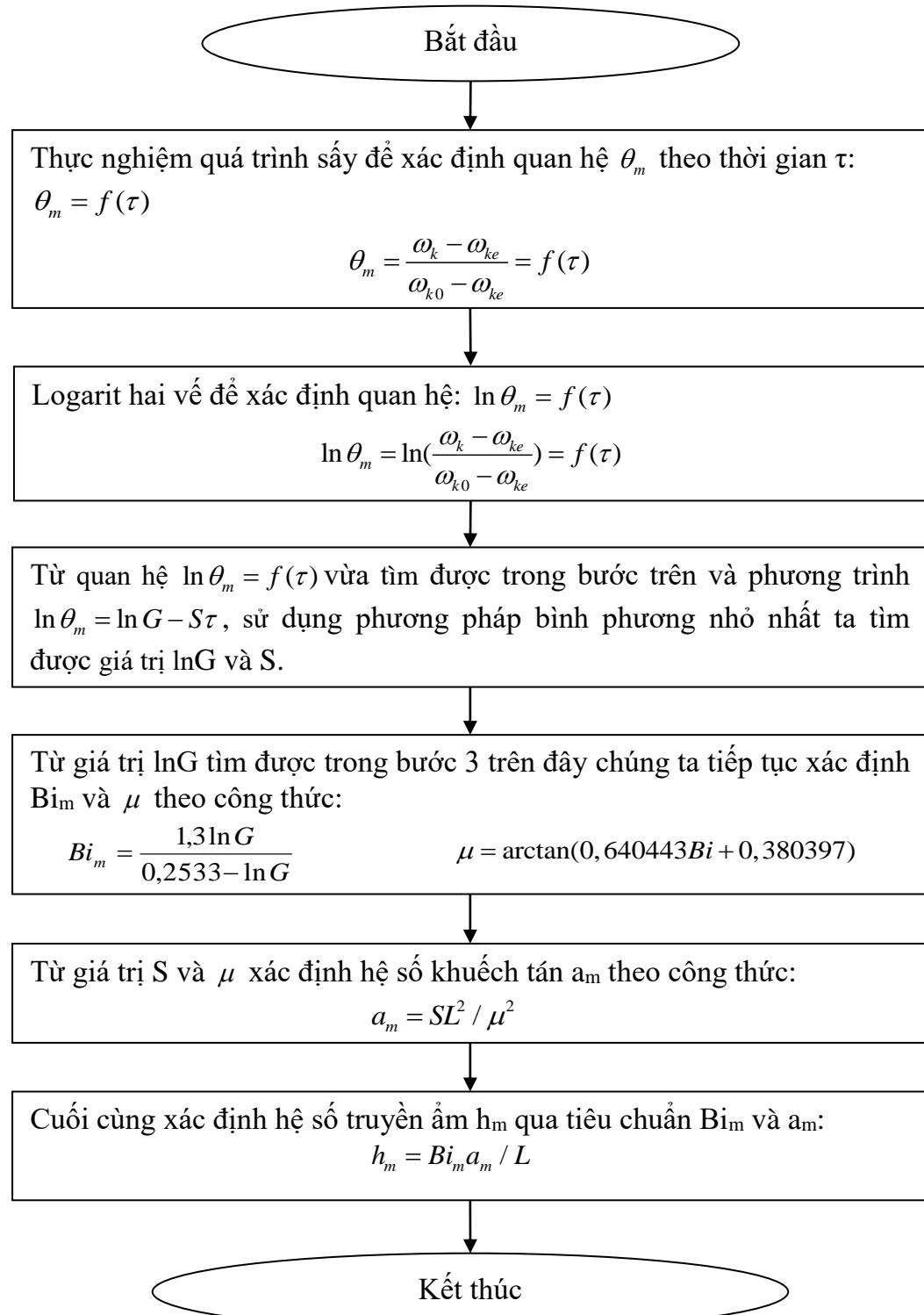
Do đó từ công thức (3.93) và quan hệ $\ln \theta_m(X, Fo_m) = \ln \left(\frac{\omega_k - \omega_{ke}}{\omega_{k0} - \omega_{ke}} \right) = f(\tau)$ được

xác định bằng thực nghiệm, sử dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất (Nguyễn Cảnh, 1985, 2011) ta tìm được giá trị S và lnG.

Từ những nội dung trình bày ở trên, chúng tôi kiến nghị một thuật toán để thực nghiệm xác định đồng thời hai hệ số khuếch tán ẩm a_m và hệ số truyền ẩm h_m . Thuật toán được thể hiện theo hình 3.5.

3.2.2. Thuật toán xác định đồng thời hai hệ số khuếch tán ẩm và hệ số truyền ẩm

Lưu đồ thuật toán được thể hiện ở hình 3.5 dưới đây.



Hình 3.5. Lưu đồ thuật toán xác định đồng thời hai hệ số
khuếch tán âm a_m và hệ số truyền âm h_m

Kết quả thực nghiệm xác định hệ số khuếch tán âm a_m và hệ số truyền âm h_m
theo thuật toán trình bày trên đây sẽ giới thiệu trong mục 2 của chương 3.

3.3. Phương pháp tương tự xác định thời gian sấy

Trên cơ sở tương tự về mặt toán học của quá trình dẫn nhiệt và khuếch tán ấm khi cùng một dạng điều kiện đơn trị, Trần Văn Phú (2010) đã đề xuất một phương pháp để xác định thời gian sấy. Chúng tôi sẽ sử dụng phương pháp này để xác định thời gian sấy để làm cơ sở cho tính toán thiết kế TBS đã đề xuất. Vì vậy, dưới đây chúng tôi trình bày cơ sở lý luận và ứng dụng phương pháp đó vào bài toán sấy phấn hoa mà chúng tôi đang nghiên cứu.

3.3.1. Quan hệ giữa độ ẩm tương đối và độ chúa ẩm

Theo Trần Văn Phú (2010) tác giả đã chỉ ra rằng khi nhiệt dung riêng C là hằng số và với bài toán một chiều, trường dòng nhiệt $q(x, \tau)$ có thể biểu diễn qua trường nhiệt độ $t(x, \tau)$ dạng:

$$q(x, \tau) = \int_0^{t(x, \tau)} C dt = Ct(x, \tau) \quad (3.94)$$

Tương tự như vậy, nếu gọi C_m là ẩm dung riêng, $\Phi(x, \tau)$ là thế dẫn ẩm và $u(x, \tau)$ là độ chúa ẩm thì ta cũng có quan hệ:

$$u(x, \tau) = \int_0^{v(x, \tau)} C_m dv = C_m \cdot \Phi(x, \tau) \quad (3.95)$$

Mặt khác, theo định nghĩa quan hệ giữa độ chúa ẩm $u(x, \tau)$ và độ ẩm tuyệt đối $\omega_k(x, \tau)$ lấy dạng:

$$\omega_k(x, \tau) = \int_V u(x, \tau) dx \quad (3.96)$$

Nếu cho miền tích phân V tiến tới không thì ta thấy độ ẩm tuyệt đối $\omega_k(x, \tau)$ và độ chúa ẩm $u(x, \tau)$ là một. Hay:

$$\omega_k(x, \tau) \equiv u(x, \tau)$$

Khi xét đến quan hệ (3.95) giữa độ chúa ẩm và thế dẫn ẩm ta lại có:

$$\omega_k(x, \tau) \equiv u(x, \tau) \equiv C_m \Phi(x, \tau) \quad (3.97)$$

Như vậy, nhờ quan hệ (3.97) mà phương trình khuếch tán ẩm có thể viết cho độ ẩm tuyệt đối $\omega_k(x, \tau)$ hoặc độ chúa ẩm $u(x, \tau)$ hoặc thế dẫn ẩm $\Phi(x, \tau)$.

3.3.2. Tính đồng dạng của mô hình toán học của quá trình dẫn nhiệt và khuếch tán ấm

Trước hết ta xem xét bài toán dẫn nhiệt với điều kiện biên loại 3 đối xứng. Theo Trần Văn Phú (2012), phương trình vi phân miêu tả quá trình khuếch tán nhiệt 1 chiều trong nửa tấm phẳng có chiều dày $2L$ với điều kiện biên loại 3 đối xứng như sau:

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2}, 0 \leq x \leq L, \tau > 0 \quad (3.98)$$

Với điều kiện đơn trị:

- Điều kiện ban đầu: $\tau = 0: t(x, 0) = t_o$ (3.99)

- Điều kiện biên: $x = L: -\lambda \left(\frac{\partial t(L, \tau)}{\partial x} \right) = \alpha [t(L, \tau) - t_f]$ (3.100)

- Điều kiện đối xứng: $x = 0: \left(\frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} \right) = 0$ (3.101)

Dưới dạng không thứ nguyên bài toán dẫn nhiệt (3.98) ÷ (3.101) được miêu tả bởi phương trình vi phân và các điều kiện đơn trị sau đây:

$$\frac{\partial \theta(X, Fo)}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 \theta(X, Fo)}{\partial X^2}, 0 \leq X \leq 1, Fo > 0 \quad (3.102)$$

Với các điều kiện đơn trị:

- Điều kiện ban đầu:

$$\theta(X, 0) = 0 \quad (3.103)$$

- Điều kiện biên:

$$\frac{\partial \theta(1, Fo)}{\partial X} = -Bi \cdot \theta(1, Fo) \quad (3.104)$$

- Điều kiện đối xứng:

$$\frac{\partial \theta(0, Fo)}{\partial X} = 0 \quad (3.105)$$

Trong đó:

- Nhiệt độ không thứ nguyên: $\theta(X, Fo) = \frac{t(x, \tau) - t_f}{t_0 - t_f}$

- Tọa độ không gian không thứ nguyên: $X = \frac{x}{L}$

- Thời gian không thứ nguyên: $Fo = \frac{a\tau}{L^2}$,

- Tiêu chuẩn Biot đối với quá trình trao đổi nhiệt đối lưu: $Bi = \frac{\alpha L}{\lambda}$.

So sánh mô hình toán học của bài toán dẫn nhiệt (3.102) – (3.105) với bài toán khuếch tán âm (3.76) – (3.79) trên đây chúng ta thấy chúng hoàn toàn giống nhau về mặt toán học. Do đó nghiệm giải tích chính xác cũng như gần đúng hay giá trị trung bình mà ta sẽ giới thiệu sau đây của bài toán dẫn nhiệt và khuếch tán âm là tương tự. Chúng chỉ khác nhau các hệ số: Nếu trong nghiệm của bài toán dẫn nhiệt là Bi và Fo thì trong bài toán khuếch tán âm là Bi_m và Fo_m . Ở đây, Bi_m và Fo_m là tiêu chuẩn Bio và tiêu chuẩn Fourier về trao đổi âm.

Theo A.V. Luikov (1968), Đặng Quốc Phú, Trần Thế Sơn, Trần Văn Phú (2001) đã giải phương trình (3.102) với các điều kiện đơn trị (3.103) – (3.105) bằng nhiều phương pháp khác nhau và thu được nghiệm giải tích chính xác dạng sau:

$$\theta(X, Fo) = \frac{t(x, \tau) - t_f}{t_0 - t_f} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \cos \mu_n \cdot X \cdot \exp(-\mu_n^2 Fo) \quad (3.106)$$

$$\text{Ở đây: } A_n = \frac{2 \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n} = (-1)^{n+1} \frac{2 Bi \sqrt{Bi^2 + \mu_n^2}}{\mu_n (Bi^2 + Bi + \mu_n^2)} \quad (3.107)$$

$$\text{Với: } Bi = 1 - \mu \cot \mu \quad (3.108)$$

Nhiệt độ trung bình không thứ nguyên trong tấm phẳng $t_{tb}(\tau)$ theo thời gian:

$$\theta_{tb}(Fo) = \frac{t_{tb}(\tau) - t_f}{t_o - t_f} = 2 Bi^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp(-\mu_n^2 Fo)}{\mu_n^2 (Bi^2 + Bi + \mu_n^2)} \quad (3.109)$$

Nhờ (3.109) ta có thể tính nhiệt độ trung bình trong tấm phẳng ở mọi thời điểm.

Do mô hình toán học về dẫn nhiệt (3.102) – (3.105) và về khuếch tán âm (3.76) – (3.79) là tương tự nhau nên phân bố âm trong tấm phẳng cũng được miêu tả bởi quan hệ tương tự như (3.106):

$$\theta_m(X, Fo) = \frac{\omega_k(x, \tau) - \omega_{ke}}{\omega_{ko} - \omega_{ke}} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \cos \mu_n \cdot X \cdot \exp(-\mu_n^2 Fo_m) \quad (3.110)$$

Tương tự:

$$A_n = \frac{2 \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n} = (-1)^{n+1} \frac{2 Bi_m \sqrt{Bi_m^2 + \mu_n^2}}{\mu_n (Bi_m^2 + Bi_m + \mu_n^2)} \quad (3.111)$$

Với:

$$Bi_m = 1 - \mu_m \cot \mu_m \quad (3.112)$$

Và độ ẩm trung bình trong tấm phẳng tại mọi thời điểm lấy theo dạng (3.109) :

$$\theta_{mtb}(Fo) = \frac{\omega_{ktb}(\tau) - \omega_{ke}}{\omega_{ko} - \omega_{ke}} = 2 Bi_m^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp(-\mu_n^2 Fo_m)}{\mu_n^2 (Bi_m^2 + Bi_m + \mu_n^2)} \quad (3.113)$$

3.3.3. Phương pháp tương tự xác định thời gian sấy

Theo Đặng Quốc Phú, Trần Thé Sơn, Trần Văn Phú (2001) tỷ số giữa nhiệt lượng $Q(0 \rightarrow \tau_1)$ mà vật dẫn là tấm phẳng trao đổi với môi trường từ thời điểm bắt đầu quá trình đốt nóng hoặc làm nguội $\tau = 0$ đến thời điểm $\tau = \tau_1$ so với toàn bộ nhiệt lượng $Q(0 \rightarrow \infty)$ mà vật dẫn có thể trao đổi với môi trường từ thời điểm ban đầu $\tau = 0$ đến trạng thái cân bằng nhiệt hay tại thời điểm $\tau = \infty$ được biểu diễn dưới dạng:

$$\frac{Q(0 \rightarrow \tau_1)}{Q(0 \rightarrow \infty)} = 1 - \frac{t_{tb}(\tau_1) - t_f}{t_0 - t_f} = 1 - 2 Bi^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp(-\mu_n^2 F_0)}{\mu_n^2 (Bi^2 + Bi + \mu_n^2)} = f(X, Bi, Fo) \quad (3.114)$$

Trong (3.114) $t_{tb}(\tau_1)$ là nhiệt độ trung bình của tấm phẳng tại thời điểm $\tau = \tau_1$.

Ta thấy, quan hệ (3.109) hoàn toàn có thể xác định với độ chính xác tùy ý nào đó nhờ (3.108).

Như vậy, nếu biết $\frac{Q(0 \rightarrow \tau_1)}{Q(0 \rightarrow \infty)} = 1 - \frac{t_{tb}(\tau_1) - t_f}{t_0 - t_f}$ và giá trị Bi từ quan hệ (3.114) từ

thuật toán ta hoàn toàn có thể tìm được tiêu chuẩn Fourier tương ứng Fo.

Do đó thời gian đốt nóng hoặc làm nguội một tấm phẳng tương ứng bằng:

$$\tau = \frac{Fo \cdot L^2}{a} \quad (3.115)$$

Như trên kia chúng ta đã thảo luận, do mô hình toán học của bài toán dẫn nhiệt

(3.102) – (3.105) và bài toán khuếch tán âm (3.76) – (3.79) với điều kiện biên loại 3 đối xứng là tương tự nhau. Do đó, nếu kí hiệu $W(0 \rightarrow \tau = \tau_1)$ là lượng âm trao đổi giữa VLS và TNS từ thời điểm ban đầu ($\tau = 0$) ứng với độ âm ban đầu của VLS ω_{ko} đến hết thời gian sấy hay ($\tau = \tau_1$) tương ứng với độ âm của VLS ω_{ktb} và $W(0 \rightarrow \infty)$ là lượng âm trao đổi giữa VLS với môi trường từ độ âm VLS ω_{ko} đến độ âm VLS bằng độ âm cân bằng ω_{kcb} hay $\tau = \infty$ thì theo quan hệ (3.114) đối với quá trình sấy sẽ lấy dạng:

$$\frac{W(0 \rightarrow \tau = \tau_1)}{W(0 \rightarrow \infty)} = 1 - \frac{\omega_{ktb}(\tau_1) - \omega_{ke}}{\omega_{ko} - \omega_{ke}} = 1 - \theta_{mtb} = 1 - 2Bi_m^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp(-\mu_n^2 F_{0m})}{\mu_n^2 (Bi_m^2 + Bi_m + \mu_n^2)} \quad (3.116)$$

Trong đó: $\omega_{tb}(\tau_1)$ là độ âm trung bình của vật liệu sấy tại thời điểm $\tau = \tau_1$.

Tương tự, như vậy (3.116) nếu biết $\frac{W(0 \rightarrow \tau_1)}{W(0 \rightarrow \infty)}$ và Bi_m cũng từ quan hệ (3.116) ta dễ dàng tìm được Fo_m .

Khi đó thời gian sấy được xác định bởi công thức:

$$\tau = \frac{Fo_m L^2}{h_m} \quad (3.117)$$

Từ mối quan hệ:

$$\frac{W(0 \rightarrow \tau = \tau_1)}{W(0 \rightarrow \infty)} = 1 - 2Bi_m^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp(-\mu_n^2 F_{0m})}{\mu_n^2 (Bi_m^2 + Bi_m + \mu_n^2)}$$

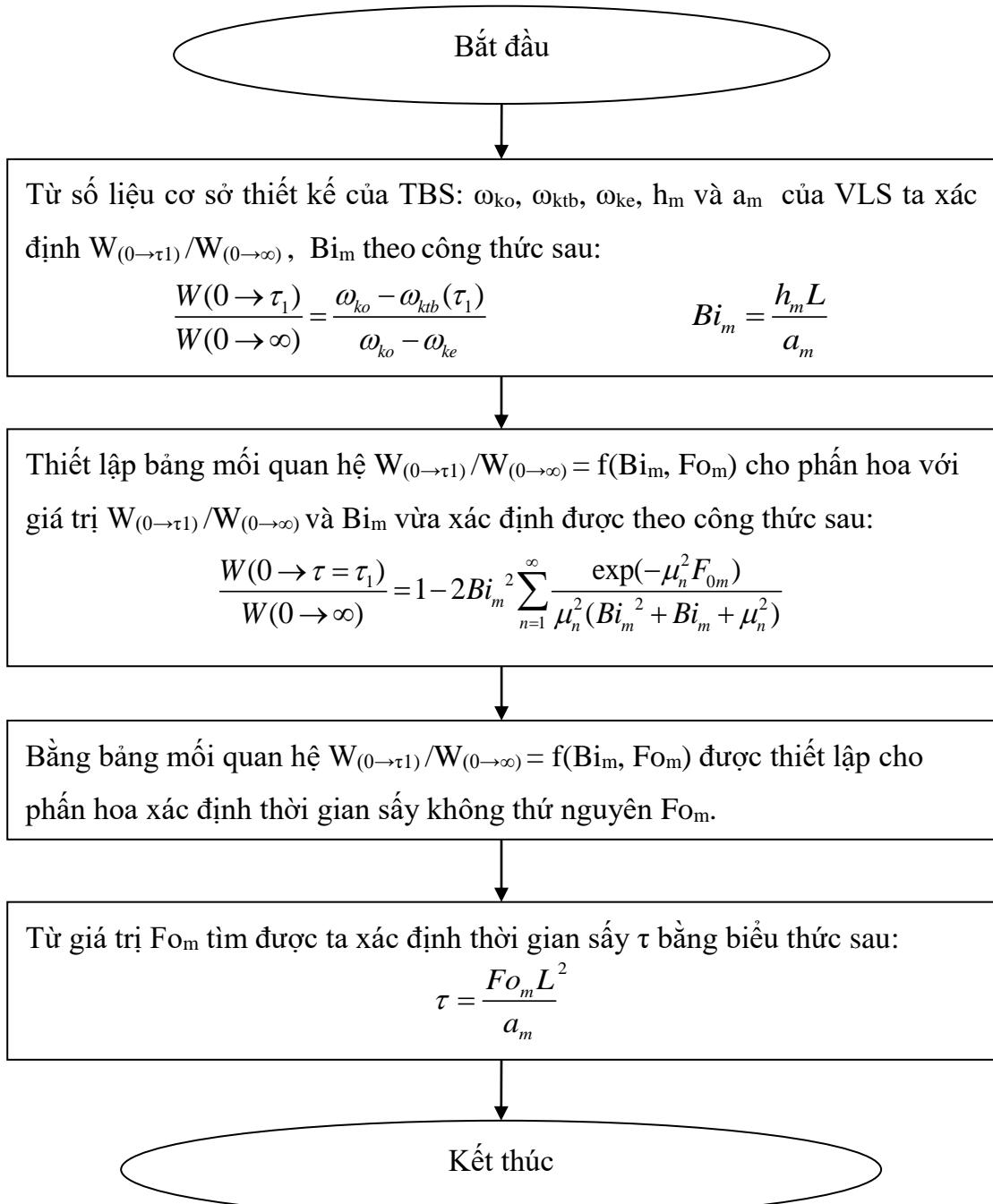
Khi biết $\frac{W(0 \rightarrow \tau_1)}{W(0 \rightarrow \infty)}$ và Bi_m để tìm được Fo_m ta có nhiều cách giải. Bùi Trung

Thành (2014) đã dùng phương pháp thiết lập đồ thị trên máy tính để tìm Fo_m . Trong luận án này, trên cơ sở mối quan hệ (3.116) bằng phần mềm Excel chúng tôi sẽ thiết

lập bảng mối quan hệ giữa các thông số $\frac{W(0 \rightarrow \tau_1)}{W(0 \rightarrow \infty)}$, Fo_m và Bi_m cho phần hoa để

xác định thời gian sấy không thứ nguyên Fo_m và tìm ra thời gian sấy τ .

Sau đây là lưu đồ thuật toán xác định thời gian sấy lý thuyết τ thể hiện ở hình 3.6.



Hình 3.6. Lưu đồ thuật toán xác định thời gian sấy τ

Trong mục kế tiếp, chúng tôi sẽ trình bày chi tiết kết quả ứng dụng phương pháp này để xác định thời gian sấy trong thiết bị sấy do chúng tôi thiết kế và chế tạo.

3.4. Kết quả thực nghiệm xác định khối lượng riêng ρ_v của phán hoa

Trong chương 2 của luận án đã trình bày mục đích và phương pháp xác định

như khối lượng riêng ρ_v . Trong mục này, tác giả chỉ trình bày kết quả thực nghiệm xác định ρ_v .

Tiến hành thực nghiệm với các mẫu phấn hoa khác nhau có độ ẩm từ (5,9 ÷ 34,2) % và đường kính tương đương d (1 ÷ 3) mm, theo phương pháp quy hoạch thực nghiệm TYT bậc II phương án bát biến quay như đã giới thiệu ở chương 2. Với số lượng thí nghiệm được xác định theo công thức sau:

$$N = 2^k + 2.k + n_0 = 2^2 + 2.2 + 3 = 11 \quad (3.118)$$

Số liệu trung bình về khối lượng riêng ρ_v của phấn hoa ở dạng thực sau khi tiến hành 11 thí nghiệm được trình bày ở bảng 3.1.

Bảng 3.1. Số liệu thực nghiệm xác định khối lượng riêng ρ_v

Số thứ tự thí nghiệm	ω (%)	d (mm)	ρ_v (kg/m^3)
1	20,0	2,0	680,88
2	34,2	2,0	694,84
3	5,9	2,0	640,32
4	20,0	2,0	680,70
5	20,0	0,58	691,52
6	10,0	1,0	665,32
7	30,0	1,0	696,52
8	30,0	3,0	687,64
9	20,0	3,41	669,20
10	10,0	3,0	643,04
11	20,0	2,0	680,50

Từ các số liệu thực nghiệm thu được, sử dụng phần mềm chuyên dụng Startgraphic Vers 7.0 ta tiến hành phân tích phương sai, phân tích hồi quy. Sau khi kiểm tra độ tin cậy của các hệ số hồi qui và tính tương thích của mô hình theo tiêu chuẩn Fisher theo bảng P4.1 của phụ lục 1.2. Ta được:

Các hệ số hồi qui ở dạng thực của hàm khối lượng riêng ρ_v như sau:

$$B_0 = 655,348 \quad A = 2,33123 \quad B = -11,9173$$

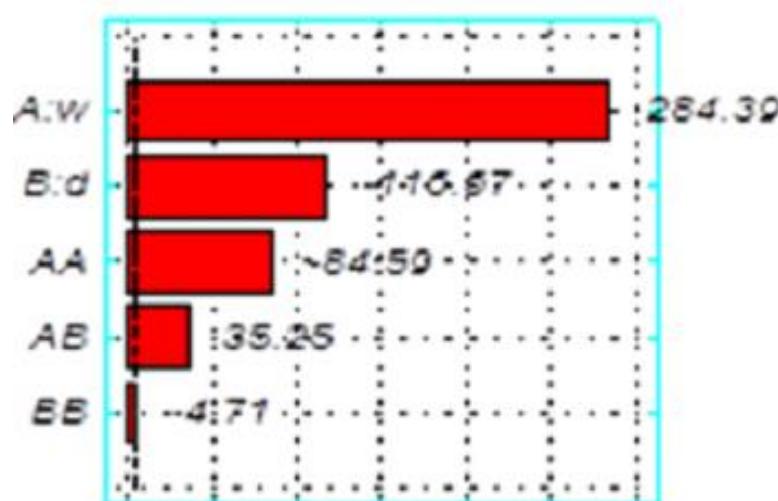
$$AA = -0,0300741 \quad BB = -0,376667 \quad AB = 0,22333$$

Phương trình hồi qui tuyến tính ở dạng thực cho khối lượng riêng ρ_v :

$$\begin{aligned} \rho_v = & 655,348 + 2,33123.\omega - 11,9173.d + 0,22333.\omega.d - 0,0300741.\omega^2 \\ & - 0,376667.d^2 \end{aligned} \quad (3.118)$$

Với $R^2 = 0,99$.

Sự phụ thuộc của độ ẩm và đường kính hạt phấn hoa đến khối lượng riêng phấn hoa cho ở hình 3.7.



Hình 3.7. Đồ thị mô tả sự phụ thuộc của các yếu tố đến ρ_v

Qua đồ thị mô tả sự phụ thuộc của hai yếu tố đó đến khối lượng riêng ρ_v của phấn hoa ta thấy, độ ẩm ω và đường kính d đều ảnh hưởng đến khối lượng riêng của khối phấn hoa. Tuy nhiên độ ẩm ω ảnh hưởng nhiều hơn.

3.5. Thực nghiệm kiểm tra sai số của phương pháp và thiết bị thí nghiệm

Để kiểm tra đánh giá sai số của phương pháp và thiết bị thí nghiệm do chúng tôi đề xuất và thiết kế chế tạo. Như đã đề xuất ở trước, chúng tôi dùng phương pháp so sánh. Cụ thể, trong luận án này chúng tôi dùng gạo và phấn hoa ở Cộng Hòa Slovak làm vật liệu so sánh. Giá trị các hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt của gạo được xác định bằng phương pháp và thí nghiệm do chúng tôi đề xuất bằng công thức (3.56), (3.57) được cho ở bảng 3.2.

Bảng 3.2. Hệ số dẫn nhiệt và hệ số khuếch tán nhiệt của gạo

Độ ẩm $\omega = 12\%$, $t = 29^{\circ}\text{C}$							
Thời gian	t_1 ($^{\circ}\text{C}$)	t_2 ($^{\circ}\text{C}$)	t_3 ($^{\circ}\text{C}$)	t_4 ($^{\circ}\text{C}$)	t_5 ($^{\circ}\text{C}$)	λ ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)	$a \cdot 10^7$ (m^2/s)
$t = 0,0$	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0		
p20	33,5	29,1	29,0	29,0	29,0		
5p20	39,4	29,8	29,1	29,0	29,0		
10p2	52,9	32,2	28,8	29,1	29,0		
21p5	67,0	38,0	33,2	30,2	29,1	0,1132	1,53

Trong khi đó, theo M. Shafiqur Rahman (2008) hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt của gạo bằng: $\lambda = 0,1050 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, $a = 1,42 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$.

- Sai số hệ số dẫn nhiệt tính toán so với số liệu đã công bố:

$$\delta = \left| \frac{0,1132 - 0,1050}{0,1050} \right| \cdot 100 = 7,8\%$$

- Sai số hệ số khuếch tán nhiệt tính toán so với số liệu đã công bố:

$$\delta = \left| \frac{1,53 \cdot 10^{-7} - 1,42 \cdot 10^{-7}}{1,42 \cdot 10^{-7}} \right| \cdot 100 = 7,7\%$$

Ngoài ra, giá trị các hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt của phấn hoa được xác định bằng phương pháp và thí nghiệm do chúng tôi đề xuất bằng công thức (3.56), (3.57) ở nhiệt độ 21°C được cho Phụ lục 2.1 là:

- Hệ số dẫn nhiệt: $\lambda = 0,1253 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

- Hệ số khuếch tán nhiệt: $a = 1,4106 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$.

Mặt khác, theo Monika Bozikova và ctv (2015) hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt của phấn hoa bằng: $\lambda = 0,124 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, $a = 1,48 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$.

- Sai số hệ số dẫn nhiệt tính toán so với số liệu đã công bố:

$$\delta = \left| \frac{0,1253 - 0,1240}{0,1240} \right| \cdot 100 = 1,05\%$$

- Sai số hệ số khuếch tán nhiệt tính toán so với số liệu đã công bố:

$$\delta = \left| \frac{1,4800 \cdot 10^{-7} - 1,4106 \cdot 10^{-7}}{1,4106 \cdot 10^{-7}} \right| \cdot 100 = 4,9\%$$

❖ Nhận xét:

Từ kết quả trên ta thấy sai số của hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt của gạo và phấn hoa từ thực nghiệm so với số liệu đã công bố khoảng 8 % và 5 %. Sai số này theo chúng tôi là có thể chấp nhận được. Sai số này có thể do các nguyên nhân sau:

- Sai số trong phương pháp xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt do nghiệm của cơ sở phương pháp là nghiệm gần đúng.
- Sai số trong chế tạo thiết bị thí nghiệm
- Sai số trong trình vận hành và đo đạc.

Điều này, về mặt vật lý, toán gián tiếp một lần nữa minh chứng rằng, phương pháp xác định đồng thời các hệ số dẫn nhiệt (3.56) và hệ số khuếch tán nhiệt (3.57) do chúng tôi kiến nghị là đúng đắn và đáng tin cậy.

Vì vậy, chúng tôi sẽ tiếp tục sử dụng phương pháp và thiết bị này để tiến hành thực nghiệm xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt của phấn hoa.

3.6. Thực nghiệm xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng của phấn hoa

Trong mục trước, luận án đã trình bày cơ sở lý thuyết cũng như phương pháp xác định một số tính chất nhiệt vật lý cơ bản của phấn hoa như: hệ số dẫn nhiệt λ , hệ số khuếch tán nhiệt a , nhiệt dung riêng của phấn hoa để làm cơ sở cho tính toán thiết kế TBS do tác giả đề xuất. Vì vậy, ở mục này chúng tôi sẽ trình bày kết quả thực nghiệm của thông số nhiệt vật lý đó và quan hệ hàm gần đúng của các thông chúng: $\rho_v = f(\omega, d)$, $a = f(\omega, t)$, $\lambda = f(\omega, t)$, $C = f(\omega, t)$, $h_m = f(t, v)$, $a_m = f(t, v)$.

Để xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt của phấn hoa cũng như quan hệ của chúng với độ ẩm, nhiệt độ, ta thực hiện thí nghiệm đo nhiệt độ bề mặt, nhiệt độ trung bình và thời gian thẩm nhiệt của khối phấn hoa có độ ẩm từ (10 ÷ 30) %, nhiệt độ từ (21 ÷ 33) °C. Thí nghiệm được tiến hành theo quy hoạch thực nghiệm TYT bậc I với số lượng thí nghiệm là 7, được tính theo công thức:

$$N = 2^k + n_0 = 2^2 + 3 = 7 \quad (3.119)$$

Số liệu thực nghiệm được trình bày ở phụ lục 2.1.

Từ số liệu thực nghiệm sử dụng công thức(3.43), (3.44) ta xác định được hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt của phấn hoa cho ở bảng 3.3.

Bảng 3.3. Giá trị thực nghiệm ở dạng thực hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt của phấn hoa

Số thứ tự thí nghiệm	t (°C)	ω (%)	λ (W/(m·K))	a·10 ⁷ (m ² /s)	C (J/(kgK))
1	33,0	10,0	0,1516	1,7486	1324,06
2	27,0	20,0	0,1398	1,5967	1300,23
3	27,0	20,0	0,1394	1,5861	1305,05
4	33,0	30,0	0,1689	1,8261	1347,98
5	21,0	30,0	0,1253	1,4106	1294,14
6	27,0	20,0	0,1399	1,5912	1306,06
7	21,0	10,0	0,1125	1,3403	1281,84

Từ các kết quả thực nghiệm được, sử dụng phần mềm chuyên dụng Startgraphic Vers 7.0 để tiến hành phân tích phương sai, phân tích hồi quy để tìm được quan hệ hàm gần đúng các hàm mục tiêu, $a = f(\omega, t)$, $\lambda = f(\omega, t)$, $C = f(\omega, t)$.

Từ các số liệu thực nghiệm thu được, sử dụng phần mềm chuyên dụng Startgraphic Vers 7.0 ta tiến hành phân tích phương sai, phân tích hồi quy. Sau khi kiểm tra độ tin cậy của các hệ số hồi quy và tính tương thích của mô hình theo tiêu chuẩn Fisher.

3.6.1. Hệ số dẫn nhiệt

Theo phụ lục (2.2.1 ÷ 2.2.3), kết quả phân tích như sau:

Các hệ số hồi quy ở dạng thực của hàm hệ số dẫn nhiệt:

$$B_0 = 0,0416661 \quad B = 2,4625 \cdot 10^{-4}$$

$$A = 3,07083 \cdot 10^{-3} \quad AB = 1,875 \cdot 10^{-5}$$

Phương trình hồi qui tuyến tính ở dạng thực cho hệ số dẫn nhiệt $\lambda = f(\omega, t)$ của

phân hoa:

$$\lambda = 0,0416661 + 3,07083 \cdot 10^{-3} \cdot t + 2,4625 \cdot 10^{-4} \cdot \omega + 1,875 \cdot 10^{-5} \cdot t \cdot \omega \quad (3.120)$$

Với $R^2 = 0,99$.

3.6.2. Hệ số khuếch tán nhiệt

Theo phụ lục (2.2.4 ÷ 2.2.7), kết quả phân tích như sau:

Các hệ số hồi quy ở dạng thực của hàm hệ số khuếch tán nhiệt:

$$B_0 = 0,584982 \quad B = 3,695 \cdot 10^{-3}$$

$$A = 0,034325$$

Phương trình hồi quy tuyến tính dạng thực cho hệ số khuếch tán nhiệt $a = f(\omega, t)$ của phân hoa:

$$a \cdot 10^7 = 0,584982 + 0,034325 \cdot t + 3,695 \cdot 10^{-3} \cdot \omega \text{ (m}^2/\text{s)} \quad (3.121)$$

Với $R^2 = 0,99$.

3.6.3. Nhiệt dung riêng

Tương tự, theo phụ lục (2.2.8 ÷ 2.2.11), kết quả phân tích như sau:

Các hệ số hồi quy ở dạng thực của hàm nhiệt dung riêng:

$$B_0 = 1182,3 \quad B = 0,9055$$

$$A = 4,0025$$

Phương trình hồi quy dạng thực cho nhiệt dung riêng phân hoa, $C = f(\omega, t)$:

$$C = 1182,3 + 4,0025 \cdot t + 0,9055 \cdot \omega \quad \text{J/(kgK)} \quad (3.122)$$

Với $R^2 = 0,95$.

3.7. Thực nghiệm xác định hệ số khuếch tán âm, hệ số truyền âm phân hoa

Để xác định hệ số dẫn âm, hệ số khuếch tán âm của phân hoa. Chúng tôi thực hiện sáy thực nghiệm phân hoa với các thông số như sau: độ ẩm ban đầu $\omega = 30\%$, chiều dày vật liệu $L = 0,01$ m, nhiệt độ lần lượt $t = 35^\circ\text{C}, 40^\circ\text{C}, 45^\circ\text{C}$ và vận tốc $v = 0,6 \text{ m/s}, 1 \text{ m/s}, 1,4 \text{ m/s}$. Thí nghiệm được tiến hành theo quy hoạch thực nghiệm bậc II dạng bất biến quay, với 11 thí nghiệm.

Từ kết quả thực nghiệm được trình bày ở Phụ lục 3.1.1 sử dụng lưu đồ thuật toán ở hình 3.4 xác định đồng thời hai hệ số khuếch tán âm a_m và hệ số truyền âm h_m . Kết quả tính toán được trình bày ở Phụ lục 3.1.2.

Bảng 3.4. Giá trị thực nghiệm ở dạng thực hệ số khuếch tán âm a_m , hệ số truyền âm h_m phân hoa

Thứ tự thí nghiệm	t (°C)	v (m/s)	$h_m \cdot 10^7$ (m/s)	$a_m \cdot 10^9$ (m ² /s)
1	47,07	1,00	7,7090	10,1100
2	40,00	0,43	6,7045	7,7997
3	35,00	0,60	6,4224	6,4316
4	45,00	0,60	7,1967	9,2602
5	45,00	1,40	7,2979	9,5070
6	40,00	1,00	6,9865	8,3021
7	40,00	1,00	7,0002	8,2797
8	40,00	1,56	6,8128	8,0598
9	40,00	1,00	6,9496	8,3628
10	32,90	1,00	6,5904	6,0680
11	35,00	1,40	6,6391	6,5191

Tương tự, từ các số liệu thực nghiệm thu được, sử dụng phần mềm chuyên dụng Startgraphic Vers 7.0 ta tiến hành phân tích phương sai, phân tích hồi quy. Sau khi kiểm tra độ tin cậy của các hệ số hồi quy và tính tương thích của mô hình theo tiêu chuẩn Fisher ta được được quan hệ hàm gần đúng các hàm mục tiêu, $h_m = f(t, v)$, $a_m = f(t, v)$ như sau:

3.7.1. Hệ số truyền âm h_m

Theo phụ lục (3.2.1 ÷ 3.2.4), kết quả phân tích như sau:

Các hệ số hồi quy ở dạng thực của hàm hệ số dẫn âm:

$$B_0 = 7,45433$$

$$AA = 2,76717 \cdot 10^{-3}$$

$$A = -0,145997$$

$$BB = -0,789661.$$

$$B = 1,72653$$

Phương trình hồi quy tuyến tính dạng thực cho hệ số dẫn âm $h_m = f(v, t)$:

$$h_m \cdot 10^7 = 7,45433 - 0,145997 \cdot t + 1,72653 \cdot v + 2,76717 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 0,789661 \cdot v^2 \quad (3.108)$$

Với $R^2 = 0,98$.

3.7.2. Hệ số khuếch tán ẩm a_m

Theo phụ lục (3.2.5 ÷ 3.2.7), kết quả phân tích như sau:

Các hệ số hồi quy ở dạng thực của hàm hệ số khuếch tán ẩm:

$$B_0 = -13,2718$$

$$AA = -5,31633 \cdot 10^{-3}$$

$$A = 0,713625$$

$$BB = -1,32833.$$

$$B = 2,87608$$

Phương trình hồi quy tuyến tính dạng thực cho hệ số khuếch tán ẩm $a_m = f(v, t)$:

$$a_m \cdot 10^9 = -13,2718 + 0,713625 \cdot t + 2,87608 \cdot v - 5,31633 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 1,32833 \cdot v^2 \quad (3.109)$$

Với $R^2 = 0,99$.

3.8. Thực nghiệm đánh giá sai số giữa thời gian sấy lý thuyết và thực tế

3.8.1. Xác định thời gian sấy lý thuyết

Từ dữ liệu ban đầu của bài toán thiết kế TBS và hệ số khuếch tán ẩm a_m , hệ số truyền ẩm h_m của phấn hoa vừa xác định được ở trên.

- Độ ẩm vật liệu ban đầu: $\omega_o = 0,30 \text{ kg/kgvла.}$

$$\omega_{ko} = 0,4389 \text{ kg/kgvlk.}$$

- Độ ẩm yêu cầu: $\omega = 0,1 \text{ kg/kgvла.}$

$$\omega_k = 0,111 \text{ kg/kgvlk.}$$

- Chiều dày vật liệu sấy: $L = 0,01 \text{ m.}$

- Hệ số dẫn ẩm:

$$h_m \cdot 10^7 = 7,45433 - 0,145997 \cdot t + 1,72653 \cdot v + 2,76717 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 0,789661 \cdot v^2$$

- Hệ số khuếch tán ẩm:

$$a_m \cdot 10^9 = -13,2718 + 0,713625 \cdot t + 2,87608 \cdot v - 5,31633 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 1,32833 \cdot v^2$$

- Tiêu chuẩn Bi về trao đổi chất: $Bi_m = \frac{h_m L}{a_m}$

- Thời gian không thứ nguyên: $Fo_m = \frac{a_m \tau}{L^2}$

Sử dụng phương pháp tương tự xác định thời gian sấy đã trình bày ở mục 3.3 chương 3. Ta xác định được thời gian sấy lý thuyết ở các nhiệt độ sấy khác nhau như sau:

a. -Nhiệt độ tác nhân sấy: $t = 45^\circ\text{C.}$

- Vận tốc tác nhân sấy: $v = 1,3 \text{ m/s.}$

Từ dữ liệu đầu bài, ta xác định được:

- Hệ số truyền âm: $h_m = 7,171 \cdot 10^{-7}.$
- Hệ số khuếch tán âm $a_m = 9,57 \cdot 10^{-9}.$
- Tiêu chuẩn Biot cho truyền âm: $Bi_m = 0,37.$

$$\frac{W(0 \rightarrow \tau)}{W(0 \rightarrow \infty)} = 1 - \frac{\omega_{ktb}\tau - \omega_{ke}}{\omega_{ko} - \omega_{ke}} = 1 - \theta_{mtb} = 0,7739$$

Từ mối quan hệ:

$$\frac{W(0 \rightarrow \tau_1)}{W(0 \rightarrow \infty)} = 1 - \frac{\omega_{ktb}\tau_1 - \omega_{ke}}{\omega_{ko} - \omega_{ke}} = 1 - \theta_{mtb} = 1 - 2Bi_m^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp(-\mu_n^2 F_{0m})}{\mu_n^2 (Bi_m^2 + Bi_m + \mu_n^2)} = f(Bi_m, F_{0m})$$

Ta xác định được: $F_{0m} = 4,7.$

- Do đó thời gian sấy lý thuyết là: $\tau = \frac{Fo_m \cdot L^2}{a_m} = 204,6 \text{ min}$

b. - Nhiệt độ tác nhân sấy: $t = 40^\circ\text{C}.$

- Vận tốc tác nhân sấy: $v = 1,3 \text{ m/s.}$

Từ dữ liệu đầu bài, ta có:

- Hệ số truyền âm: $h_m = 6,74307 \cdot 10^{-7}.$
- Hệ số khuếch tán âm: $a_m = 8,26218 \cdot 10^{-9}.$
- Tiêu chuẩn Biot cho truyền âm: $Bi_m = 0,407.$

$$\frac{W(0 \rightarrow \tau)}{W(0 \rightarrow \infty)} = 1 - \frac{\omega_{ktb}\tau - \omega_{ke}}{\omega_{ko} - \omega_{ke}} = 1 - \theta_{ktb} = 0,7739$$

Từ mối quan hệ:

$$\frac{W(0 \rightarrow \tau_1)}{W(0 \rightarrow \infty)} = 1 - \frac{\omega_{ktb}\tau_1 - \omega_{ke}}{\omega_{ko} - \omega_{ke}} = 1 - \theta_{mtb} = 1 - 2Bi_m^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp(-\mu_n^2 F_{0m})}{\mu_n^2 (Bi_m^2 + Bi_m + \mu_n^2)} = f(Bi_m, F_{0m})$$

Tương tự, ta tìm được: $F_{0m} = 4,6.$

- Như vậy, thời gian sấy lý thuyết là: $\tau = \frac{Fo_m \cdot L^2}{a_m} = 232 \text{ min}$

c. - Nhiệt độ tác nhân sấy: $t = 35^\circ\text{C}.$

- Vận tốc tác nhân sấy: $v = 1,3 \text{ m/s.}$

Từ dữ liệu đầu bài, ta có:

- Hệ số truyền âm: $h_m = 6,44 \cdot 10^{-7}$.
- Hệ số khuếch tán âm: $a_m = 6,69 \cdot 10^{-9}$.
- Tiêu chuẩn Biot cho truyền âm: $Bi_m = 0,48$.

$$\frac{W(0 \rightarrow \tau)}{W(0 \rightarrow \infty)} = 1 - \frac{\omega_{kb}\tau - \omega_{ke}}{\omega_{ko} - \omega_{ke}} = 1 - \theta_{kb} = 0,8519$$

Từ mối quan hệ:

$$\frac{W(0 \rightarrow \tau)}{W(0 \rightarrow \infty)} = 1 - \frac{\omega_{kb}\tau - \omega_{ke}}{\omega_{ko} - \omega_{ke}} = 1 - \theta_{mb} = 1 - 2Bi_m^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp(-\mu_n^2 F_{0m})}{\mu_n^2 (Bi_m^2 + Bi_m + \mu_n^2)} = f(Bi_m, F_{0m})$$

Tương tự, ta được: $F_{0m} = 4,65$.

- Khi đó, thời gian sấy lý thuyết là: $\tau = \frac{Fo_m \cdot L^2}{a_m} = 289,6 \text{ min}$

3.8.2. Thực nghiệm xác định thời gian sấy thực tế

Nhằm kiểm tra lại thời gian sấy lý thuyết như tính toán ở trên so với thời gian sấy thực tế. Chúng tôi tiến hành thực nghiệm 3 mẻ sấy với cùng chế độ như tính toán ở lý thuyết trên TBS đã được tính toán thiết kế chế tạo (Phụ lục 4). Kết quả thời gian sấy thực tế đo được thể hiện qua bảng 3.5.

**Bảng 3.5. Kết quả thực nghiệm xác định thời gian sấy phán hoa
bằng TBS bơm nhiệt**

TTTN	2.L (m)	t (°C)	v (m/s)	ω₀ (%)	ω₁ (%)	τ (min)
1	0,01	45	1,3	30	10	223
2	0,01	40	1,3	30	10	255
3	0,01	35	1,3	30	10	317

3.8.3. Đánh giá sai số giữa thời gian sấy lý thuyết và thực tế

Đánh giá sai số giữa thời gian sấy lý thuyết và thực tế được xác định theo biểu thức sau:

$$\delta = \left| \frac{\tau_{LT} - \tau_{TT}}{\tau_{TT}} \right| \cdot 100(\%)$$

Kết quả sai số giữa thời gian sấy lý thuyết và thực tế cho ở bảng 3.6.

Bảng 3.6. Đánh giá sai số thời gian sấy

TTTN	Thời gian sấy thực tế τ (min)	Thời gian sấy lý thuyết τ (min)	Sai số (%)
1	223	204,6	8,25
2	255	232,0	9,02
3	317	289,6	8,64

3.8.4. Nhận xét

Qua thực nghiệm, chúng tôi đã xác định được sai số giữa thời gian sấy phần hoa thực tế và thời gian sấy lý thuyết được tính bằng phương pháp tương tự trên cơ sở bộ thông số nhiệt vật lý đã tìm được ở trước là khoảng 9 %. Sai số này là hoàn toàn có thể chấp nhận được. Theo chúng tôi sai số này do những nguyên nhân sau:

- Sai số trong tính toán thiết kế.
- Sai số trong chế tạo thiết bị sấy.
- Sai số trong quá trình vận hành và đo đạc.
- Sai số trong phương pháp xác định hệ số dẫn âm, hệ số khuếch tán âm.
- Sai số trong phương pháp xác định thời gian sấy.
- Sai số trong chế tạo thiết bị thí nghiệm xác định hệ số dẫn âm, hệ số khuếch tán âm.

Qua đây, một lần nữa gián tiếp minh chứng rằng, phương pháp xác định đồng thời các hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt hệ số dẫn âm và hệ số khuếch tán âm, do chúng tôi đề xuất là đáng tin cậy và giá trị của bộ thông số nhiệt vật lý của phần hoa vừa xác định là chấp nhận được.

3.9. Thực nghiệm xác định chế độ sấy thích hợp

Như đã phân tích và lựa chọn chế độ sấy ở chương 1. Nhằm một lần nữa xác định ảnh hưởng của cơ cấu đảo trộn vật liệu và chiều chuyển động của tác nhân sấy đến thời gian sấy. Chúng tôi tiến hành thực nghiệm bốn mẻ sấy cùng năng suất 10 kg/mẻ với các chế độ sấy khác nhau và kết quả thu được cho bởi bảng 3.7.

Bảng 3.7. Kết quả thực nghiệm xác định chế độ sấy phấn hoa

Thứ tự thực nghiệm	Chiều dày VL (m)	Nhiệt độ TNS (°C)	Vận tốc TNS (m/s)	Chu kỳ đảo trộn (min)	Chiều TNS so với VLS	ω_0 (%)	ω_1 (%)	τ (min)
1	0,01	40	1,3	0	<i>song song</i>	30,5	10	300
2	0,01	40	1,3	0	<i>vuông góc</i>	30,5	10	255
3	0,01	40	1,3	20	<i>song song</i>	30,5	10	260
4	0,01	40	1,3	20	<i>vuông góc</i>	30,5	10	230

❖ Nhận xét

Qua kết quả thực nghiệm cho trên chúng tôi thấy rằng: với cùng nhiệt độ và vận tốc, khi tác nhân sấy chuyển động vuông góc, có cào đảo trộn vật liệu sấy thì thời gian sấy là nhỏ nhất. Vì vậy, chúng tôi chọn chiều TNS chuyển động vuông góc, có cào đảo trộn vật liệu trong quá trình sấy để tiến hành thực nghiệm.

3.10. Qui hoạch thực nghiệm sấy phấn hoa bằng TBS bơm nhiệt có cào đảo trộn vật liệu sấy

3.10.1. Thực nghiệm đơn yếu tố

Sau khi xác định thông số đầu vào bằng lý thuyết, ta tiếp tục tiến hành thực nghiệm đơn yếu tố thông số chu kỳ đảo trộn để xác định ảnh hưởng cũng như vùng giá trị ảnh hưởng của nó đến chỉ tiêu đầu ra của máy là chi phí điện năng riêng Ar (kWh/kg), phần trăm hàm lượng vitamin C (%), tỉ lệ thu hồi sản phẩm M (%).

Kết quả phân tích phương sai thí nghiệm thăm dò (Phụ lục 5) nhận được kết

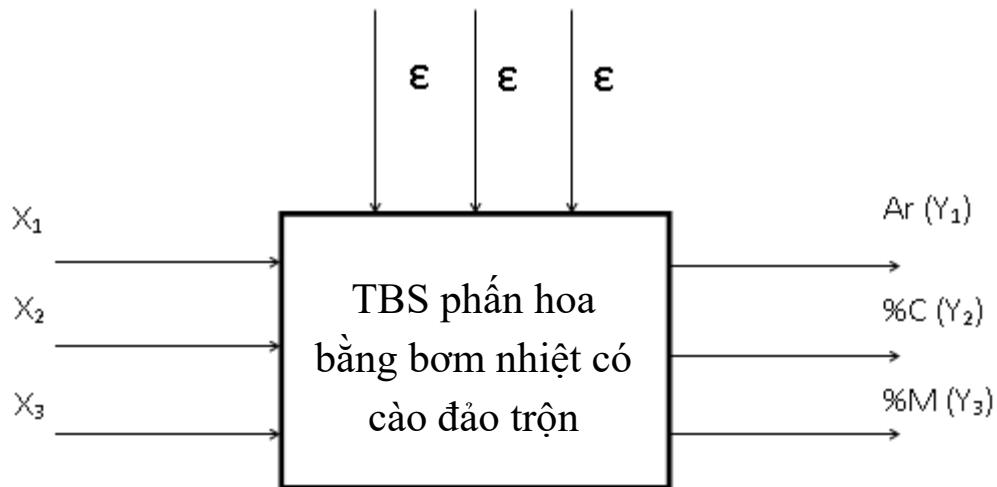
quả Sig.level có giá trị là $0,0001 < 0,05$ (của cả Ar và %M) nên sự ảnh hưởng không phải là ngẫu nhiên đưa vào nguyên cứu. Ngoài ra, ở bảng phân tích Multiple range analysis cho ra kết quả các thông số từ 10 đến 30 có các cột X lệch nhau nên các thông số có ảnh hưởng khác nhau (của cả Ar và %M).

Ta chọn $tg = 10 \div 30$ min sau 40 min khi máy bắt đầu hoạt động.

3.10.2. Thực nghiệm đa yếu tố

3.10.2.1. Phát biểu bài toán hộp đen

Qua thực nghiệm đơn yếu tố và kế thừa kết quả của một số công trình nghiên cứu trước, Adnan Midilli cùng ctv (2000), Maria G.R.Campos và ctv (2008), Johanna Barajas cùng ctv (2009). Ta thấy các biến X_1, X_2, X_3 đồng thời ảnh hưởng đến các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật quá trình sấy. Để giải quyết nội dung trên ta thực hiện giải bài toán “hộp đen”. Bài toán được biểu diễn trên hình 3.8.



Hình 3.8. Hộp đen mô tả quá trình nghiên cứu

Trong đó:

- X_1 : Nhiệt độ của tác nhân sấy ($^{\circ}\text{C}$).
- X_2 : Vận tốc tác nhân sấy (m/s).
- X_3 : Chu kỳ đảo trộn (min).
- Y_1 : Chi phí điện năng riêng (kWh/kg).
- Y_2 : Phần trăm hàm lượng Vitamin C (%).
- Y_3 : Tỉ lệ thu hồi sản phẩm M (%).

3.10.2.2. Xác định vùng nghiên cứu

Phương án thực nghiệm được thiết kế có 2 mức đối xứng ở tâm với miền thực nghiệm giới hạn trong khoảng giữa điểm trên (giá trị mã hóa là +1), điểm dưới (giá trị mã hóa là -1).

- Nhiệt độ tác nhân sấy: $t = 35 \div 45^{\circ}\text{C}$.
- + Khoảng biến thiên: $\Delta X_1 = 5^{\circ}\text{C}$.
- + Mức cơ sở: $X_1^o = 40^{\circ}\text{C}$.
- + Mức trên: $X_1^+ = 45^{\circ}\text{C}$.
- + Mức dưới: $X_1^- = 35^{\circ}\text{C}$.
- Vận tốc tác nhân sấy: $v = 0,6 \div 1,4 \text{ m/s}$.
- + Khoảng biến thiên: $\Delta X_2 = 0,4 \text{ m/s}$.
- + Mức cơ sở: $X_2^o = 1,0 \text{ m/s}$.
- + Mức trên: $X_2^+ = 1,4 \text{ m/s}$.
- + Mức dưới: $X_2^- = 0,6 \text{ m/s}$.
- Chu kỳ đảo trộn: $tg = 10 \div 30 \text{ min}$.
- + Khoảng biến thiên: $\Delta X_3 = 10 \text{ min}$.
- + Mức cơ sở: $X_3^o = 20 \text{ min}$.
- + Mức trên: $X_3^+ = 30 \text{ min}$.
- + Mức dưới: $X_3^- = 10 \text{ min}$.

3.10.2.3. Kế hoạch thực nghiệm bậc I

a. Lập ma trận thí nghiệm

Ma trận thí nghiệm theo phương án bậc I có tính trực giao. Số thí nghiệm được tính theo công thức:

$$N = 2^k + n_0 = 2^3 + 5 = 13$$

Trong đó: k - số yếu tố vào, $k = 3$.

n_0 - số lượng thí nghiệm lặp lại ở mức cơ sở, chọn $n_0 = 5$.

Bảng 3.8. Mức và khoảng biến thiên các yếu tố đầu vào dạng bậc I

Yếu tố Mức	X ₁ (°C)	X ₂ (m/s)	X ₃ (min)
	Nhiệt độ TNS	Vận tốc TNS	Chu kỳ đảo trộn
+1	45	1,4	30
0	40	1,0	20
-1	35	0,6	10

Ma trận thí nghiệm được lập và ngẫu nhiên hoá trật tự bằng chương trình Statgraphic vers 7.0.

b. Kết quả thực nghiệm và xử lý kết quả thực nghiệm

Thực nghiệm theo ma trận thực nghiệm đã lập. Kết quả thực nghiệm theo Phụ lục 6.1 được trình bày như ở bảng 3.9 và 3.10.

Bảng 3.9. Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm ở dạng mã hóa

STT	Thông số đầu vào			Thông số đầu ra		
	x ₁	x ₂	x ₃	Y ₁ (kWh/kg)	Y ₂ (%)	Y ₃ (%)
1	-1	1	1	1,34	75,56	96,10
2	1	-1	1	0,93	51,69	96,90
3	-1	-1	1	1,32	75,28	96,20
4	0	0	0	0,99	62,36	96,00
5	1	1	-1	0,83	66,01	94,80
6	0	0	0	1,03	63,20	96,10
7	1	1	1	0,79	55,62	96,90
8	0	0	0	0,99	64,04	95,90
9	0	0	0	1,00	64,61	96,10
10	1	-1	-1	0,87	55,06	94,70
11	-1	1	-1	1,10	76,69	94,70
12	-1	-1	-1	1,16	75,65	94,50
13	0	0	0	1,03	65,45	95,80

Bảng 3.10. Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm ở dạng thực

STT	Thông số đầu vào			Thông số đầu ra		
	x_1	x_2	x_3	$Y_1(\text{kWh/kg})$	$Y_2(\%)$	$Y_3(\%)$
1	35	1,4	30	1,34	75,56	96,10
2	45	0,6	30	0,93	51,69	96,90
3	35	0,6	30	1,32	75,28	96,20
4	40	1	20	0,99	62,36	96,00
5	45	1,4	10	0,83	66,01	94,80
6	40	1	20	1,03	63,20	96,10
7	45	1,4	30	0,79	55,62	96,90
8	40	1	20	0,99	64,04	95,90
9	40	1	20	1,00	64,61	96,10
10	45	0,6	10	0,87	55,06	94,70
11	35	1,4	10	1,10	76,69	94,70
12	35	0,6	10	1,16	75,65	94,50
13	40	1	20	1,03	65,45	95,80

Kết quả xử lý với mô hình không có số hạng chéo.

Chi phí điện năng riêng Ar: Dựa vào kết quả thực nghiệm tiến hành phân tích phương sai được trình bày ở Phụ lục (6.2÷ 6.3). Kết quả phân tích phương sai cho thấy các hệ số hồi quy đều đảm bảo đủ độ tin cậy, nhưng mô hình không phù hợp, vì giá trị Lack-of-fit = 0,013 < 0,05. Nên mô hình hàm Y_1 dạng bậc I là không phù hợp.

Như vậy, hàm chi phí điện năng riêng Ar không thể biểu diễn ở mô hình bậc I không có số hạng chéo vì có sai số lớn.

Phần trăm hàm lượng vitamin C: Dựa vào kết quả thực nghiệm tiến hành phân

tích phương sai được trình bày như ở phụ lục (6.4 ÷ 6.5). Kết quả phân tích phương sai cho thấy các hệ số hồi quy đều đảm bảo đủ độ tin cậy tuy nhiên mô hình không phù hợp, vì giá trị Lack-of-fit = 0,0215 < 0,05 và hệ số R – squared = 0,905. Nên mô hình hàm Y_2 ở dạng bậc I là không phù hợp.

Như vậy, hàm phần trăm hàm lượng viatamin C không thể biểu diễn ở mô hình bậc I không có số hạng chéo vì có sai số lớn.

Tỉ lệ thu hồi sản phẩm M (%): Dựa vào kết quả thực nghiệm tiến hành phân tích phương sai được trình bày như ở Phụ lục (6.5 ÷ 6.6). Kết quả phân tích phương sai cho thấy các hệ số hồi quy đều đảm bảo độ tin cậy, hệ số R – squared = 0,91; nhưng mô hình không phù hợp, vì giá trị Lack-of-fit = 0,0357 < 0,05. Nên mô hình hàm Y_3 ở dạng bậc I là không phù hợp.

Kết quả xử lý với mô hình có số hạng chéo.

Tương tự, dựa vào kết quả thực nghiệm, tiến hành phân tích phương sai nhưng có các hệ số hồi quy tác dụng tương hỗ. Kết quả phân tích phương sai trình bày như ở phụ lục (6. 8 ÷ 6.14) cho thấy giá trị Lack-of-fit < 0,05. Vì vậy mô hình cải tiến cũng không phù hợp.

c. Phân tích kết quả thực nghiệm

Qua kết quả trên ta thấy mô hình đa thức bậc I không phù hợp cho việc biểu diễn mối quan hệ hàm số giữa chi phí điện năng riêng, phần trăm hàm lượng vitamin C, cũng như tỉ lệ thu hồi sản phẩm với nhiệt độ, vận tốc và thời gian thực hiện cào đảo trộn. Điều này có nghĩa mô hình tuyến tính không thể dùng phản ánh sự phụ thuộc giữa các thông số vào và thông số ra. Để giải quyết cần phải tiến hành cải tiến mô hình. Vì vậy ta nâng bậc của phương án thực nghiệm lên bậc II, mô hình dạng phi tuyến và miền thí nghiệm được mở rộng ra với cánh tay đòn $\pm \alpha$.

3.10.2.4. Kế hoạch thực nghiệm bậc II

a. Lập ma trận thí nghiệm

Ma trận thí nghiệm bậc II lập theo phương án bất biến quay không có tính chất trực giao. Số lượng thí nghiệm được xác định theo công thức sau:

$$N = 2^k + 2k + n_0 = 2^3 + 2.3 + 5 = 19$$

Trong đó: k – số yếu tố đầu vào nghiên cứu, $k = 3$.
 2^k – số lượng thí nghiệm ở mức trên và mức dưới, $2^3 = 8$.
 $2k$ – số lượng thí nghiệm ở mức điểm sao $\pm \alpha$, $2k = 6$.
 n_0 – số lượng thí nghiệm lặp ở mức cơ sở, chọn $n_0 = 5$.

Cánh tay đòn α được xác định theo công thức: $\alpha = 2^{k/4} = 2^{3/4} = 1,682$

Bảng 3.10. Mức và khoảng biến thiên các yếu tố đầu vào dạng bậc II

Mức	Yếu tố	X ₁ (°C)	X ₂ (m/s)	X ₃ (min)
Mức	Nhiệt độ TNS	Vận tốc TNS	Chu kỳ đảo trộn	
+1,682	48,41	1,67	36,82	
+1	45	1,4	30	
0	40	1,0	20	
-1	35	0,6	10	
-1,682	31,59	0,33	3,18	
Khoảng biến thiên	5	0,4	10	

Ma trận thí nghiệm được lập và ngẫu nhiên hoá trật tự bằng chương trình Statgraphic vers 7.0.

b. Kết quả thực nghiệm và xử lý kết quả thực nghiệm

Tiến hành thực nghiệm theo ma trận thí nghiệm đã lập ở bảng. Kết quả các số liệu thực nghiệm thu được sau khi phân tích tính toán được trình bày ở dạng mã hóa ở bảng 3.11 và dạng thực ở bảng 3.12 Phụ lục (7.1 ÷ 7.2).

Bảng 3.11. Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm ở dạng mã hóa

STT	Thông số đầu vào			Thông số đầu ra		
	x_1	x_2	x_3	$Y_1(\text{kWh/kg})$	$Y_2(\%)$	$Y_3(\%)$
1	1,68	0	0	0,76	48,88	96,2
2	0	0	-1,68	0,94	69,38	94,1
3	-1	1	1	1,34	75,56	96,1
4	0	0	0	0,99	62,36	96,0
5	0	0	0	1,03	63,20	96,1
6	-1	1	-1	1,10	76,69	94,7
7	1	-1	1	0,93	51,69	96,9
8	-1,68	0	0	1,40	80,34	95,3
9	1	1	-1	0,83	66,01	94,8
10	0	0	0	0,99	64,04	95,9
11	0	1,68	0	0,98	73,60	96,5
12	0	0	0	1,00	64,61	96,1
13	0	0	0	1,03	65,45	95,8
14	1	1	1	0,79	55,62	96,9
15	0	0	1,68	1,09	56,18	97,5
16	0	-1,68	0	1,25	61,52	95,4
17	-1	-1	-1	1,16	75,65	94,5
18	1	-1	-1	0,87	55,06	94,7
19	-1	-1	1	1,32	75,28	96,2

Bảng 3.12. Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm ở dạng thực

STT	Thông số đầu vào			Thông số đầu ra		
	t (°C)	v (m/s)	tg (min)	Ar (kWh/kg)	C (%)	M (%)
1	48,41	1,0	20	0,76	48,88	96,2
2	40	1,0	3,18	0,94	69,38	94,1
3	35	1,4	30	1,34	75,56	96,1
4	40	1,0	20	0,99	62,36	96,0
5	40	1,0	20	1,03	63,20	96,1
6	35	1,4	10	1,10	76,69	94,7
7	45	0,6	30	0,93	51,69	96,9
8	31,59	1,0	20	1,40	80,34	95,3
9	45	1,4	10	0,83	66,01	94,8
10	40	1,0	20	0,99	64,04	95,9
11	40	1,67	20	0,98	73,60	96,5
12	40	1	20	1,00	64,61	96,1
13	40	1,0	20	1,03	65,45	95,8
14	45	1,4	30	0,79	55,62	96,9
15	40	1,0	36,82	1,09	56,18	97,5
16	40	0,33	20	1,25	61,52	95,4
17	35	0,6	10	1,16	75,65	94,5
18	45	0,6	10	0,87	55,06	94,7
19	35	0,6	30	1,32	75,28	96,2

Căn cứ vào ma trận kết quả thực nghiệm thu được, ta tiến hành phân tích phương sai cho cả ba hàm toán đa thức bậc II. Sau đây chúng tôi sẽ trình bày cụ thể kết quả phân tích:

❖ Hàm chi phí điện năng riêng cho quá trình sấy Y₁(Ar)

Dựa vào kết quả thực nghiệm tiến hành phân tích phương sai ở dạng mã hóa lần 1 với mô hình ở dạng đa thức bậc II đầy đủ (Phụ lục 7.3). Kết quả phân tích cho thấy hệ số hồi quy AB, BC, CC (hệ số của x₁.x₂, x₂.x₃, x₃.x₃) không đảm bảo độ tin cậy (P – value > 0,05) nên bị loại khỏi mô hình.

Sau khi loại bỏ các hệ số hồi quy không đảm bảo độ tin cậy AB, BC, CC ra khỏi mô hình và tiếp tục tiến hành phân tích phương sai lần 2 cho mô hình. Kết quả trình bày ở Phụ lục 7.4.

Từ kết quả phân tích cho thấy các hệ số hồi quy đều có ý nghĩa (P – value < 0,05).

- Kiểm tra theo tiêu chuẩn Student:

Từ kết quả tính toán theo Phụ lục P7.5, ta có t = 2,77743 lớn hơn giá trị tra trong bảng phân bố t – Student t_(0,05;18) = 2,10 (Nguyễn Cảnh, 2011). Như vậy các hệ số hồi quy đảm bảo độ tin cậy.

- Kiểm tra tính tương thích của mô hình theo tiêu chuẩn Fisher:

Dựa vào bảng phân tích phương sai trình bày ở Phụ lục P7.4, ta thấy giá trị Lack-of-fit có P- value = 0,0541 > 0,05. Do đó, ta khẳng định mô hình hồi quy Y₁ là phù hợp.

- Kết quả kiểm tra các hệ số hồi quy theo tiêu chuẩn Student và kiểm tra tính thích ứng của mô hình theo tiêu chuẩn Fisher cho thấy các hệ số hồi quy đảm bảo độ tin cậy và mô hình hồi quy là phù hợp.

Theo Phụ lục 7.6, các hệ số hồi quy ở dạng mã hóa:

$$A_0 = 1,00531 \quad A = -0,188649 \quad B = -0,0493587 \quad C = 0,0492258$$

$$AC = -0,0475 \quad AA = 0,0194057 \quad BB = 0,0317801$$

Phương trình hồi quy dạng mã hóa hàm Y₁ phụ thuộc vào x₁, x₂, x₃ được biểu diễn như sau:

$$Y_1 = 1,00531 - 0,188649.x_1 - 0,0493587.x_2 + 0,0492258.x_3 - 0,0475.x_1.x_3 \\ + 0,0194057.x_1^2 + 0,0317801.x_2^2$$

Chuyển hàm Y₁ về dạng thực, theo kết quả tính toán theo Phụ lục P.10 phương

trình hồi quy cho hàm Ar ở dạng thực như sau:

$$Ar = 3,22004 - 0,0808281.t - 0,520648.v + 0,0429226.tg - 9,5 \cdot 10^{-4}.t.tg + 7,76229 \cdot 10^{-4}.t^2 + 0,198626.v^2$$

Với $R^2 = 0,96$.

Dựa vào hàm Y_1 ở dạng mã hóa để vẽ đồ thị theo từng cặp yếu tố ảnh hưởng đến chi phí điện năng riêng của quá trình sấy (Phụ lục 8.1).

❖ **Hàm phần trăm hàm lượng vitamin C của phần hoa Y_2 (%C)**

Bằng cách thực hiện tương tự như hàm Y_1 . Dựa vào kết quả thực nghiệm tiến hành phân tích phương sai ở dạng mã hóa lần 1 với mô hình ở dạng đa thức bậc II đầy đủ (Phụ lục 7.11). Theo kết quả phân tích phương sai cho thấy hệ số hồi quy AA, BC, CC (hệ số của $x_1.x_1$, $x_2.x_3$, $x_3.x_3$) không đảm bảo độ tin cậy nên bị loại khỏi mô hình.

Sau khi loại bỏ các hệ số hồi quy nêu trên và tiến hành phân tích phương sai lần 2 cho mô hình. Kết quả phân tích phương sai ở dạng mã hóa lần 2 (Phụ lục 7.12), cho thấy các hệ số hồi quy đều có ý nghĩa ($P - value < 0,05$).

- Kiểm tra theo tiêu chuẩn Student.

Căn cứ vào kết quả tính toán theo phụ lục 7.13 ta thấy các hệ số hồi quy đảm bảo độ tin cậy. Do ta có $t = 2,77743$ lớn hơn giá trị tra trong bảng phân bố t – Student $t_{(0,05;18)} = 2,10$ (Nguyễn Cảnh, 2011).

- Tiếp tục kiểm tra tính tương thích của mô hình theo tiêu chuẩn Fisher. Theo bảng phân tích phương sai trình bày ở Phụ lục 7.12, ta thấy mô hình hồi quy là phù hợp do giá trị Lack-of-fit có P - value = 0,1035($> 0,05$).

Qua kết quả kiểm tra các hệ số hồi quy theo tiêu chuẩn Student và kiểm tra tính thích ứng của mô hình theo tiêu chuẩn Fisher cho thấy các hệ số hồi quy đảm bảo độ tin cậy và mô hình hồi quy là phù hợp.

- Căn cứ theo tính toán ở Phụ lục 7.14, các hệ số hồi quy ở dạng mã hóa như sau: $A_0 = 64,2253$ $A = -9,35129$ $B = 2,67383$ $C = -2,74292$

$$A \cdot B = 1,695 \quad A \cdot C = -1,5325 \quad B \cdot B = 1,52588$$

Theo Phụ lục P7.14 ở dạng mã hóa, hàm Y_2 phụ thuộc vào x_1 , x_2 , x_3 được biểu

diễn như sau:

$$Y_2 = 64,2253 - 9,35129.x_1 + 2,67383.x_2 - 2,74292. x_3 + 1,695.x_1. x_2 - 1,5325 x_1. x_3 + 1,52588. x_2^2$$

- Căn cứ theo kết quả tính toán ở Phụ lục 7.18 phương trình hồi quy cho hàm % C ở dạng thực như sau:

$$\% C = 156,754 - 2,10476.t - 46,2889.v + 0,951708.tg + 0,8475.t.v - 0,03065.t.tg + 9,53674.v^2$$

Với $R^2 = 0,96$.

Dựa vào hàm Y_2 ở dạng mã hóa để vẽ đồ thị theo từng cặp yếu tố ảnh hưởng đến phần trăm hàm lượng vitamin C của quá trình sấy (Phụ lục 8.2).

❖ Hàm Tỉ lệ thu hồi sản phẩm $Y_3(\% M)$

Thực hiện tương tự như hàm Y_1 , Y_2 . Tiến hành phân tích phương sai ở dạng mã hóa lần 1 với mô hình ở dạng đa thức bậc II đầy đủ trên kết quả thực nghiệm Phụ lục 7.19.

Kết quả phân tích cho thấy hệ số hồi quy AB, BC, BB không đảm bảo độ tin cậy nên bị loại khỏi mô hình (hệ số của $x_1.x_2$, $x_2.x_3$, $x_2.x_2$).

Tương tự, sau khi loại bỏ các hệ số hồi quy nêu trên và tiến hành phân tích phương sai lần 2 cho mô hình. Kết quả phân tích phương sai ở dạng mã hóa lần 2 theo Phụ lục 7.20 cho thấy các hệ số hồi quy đều có ý nghĩa ($P - value < 0,05$).

Từ kết quả tính toán ở phụ lục 7.21 ta có $t = 2,77743$ lớn hơn giá trị tra trong bảng phân bố t – Student $t_{(0,05;18)} = 2,10$ (Nguyễn Cảnh, 2011). Như vậy theo tiêu chuẩn Student các hệ số hồi quy đảm bảo độ tin cậy.

- Kiểm tra theo tiêu chuẩn Fisher: Dựa vào bảng phân tích phương sai trình bày ở phụ lục 7.20 ta thấy giá trị Lack-of-fit có $P - value = 0,0925(> 0,05)$ do đó khẳng định mô hình hồi quy là phù hợp.

Theo phụ lục 7. 22, ở dạng mã hóa hệ số hồi qui hàm Y_3 như sau:

$$A_0 = 95,9343 \quad A = 0,242634 \quad B = 0,150106 \quad C = 0,96055$$

$$A.B = - 0,120587 \quad A.C = x_1. x_3 \quad C.C = - 0,102909$$

- Phương trình hồi qui Y_3 được biểu diễn như sau:

$$Y_3 = 95,9343 + 0,242634.x_1 + 0,150106.x_2 + 0,96055. x_3 + 0,15.x_1. x_3 \\ - 0,120587.x_1^2 - 0,102909.x_3^2$$

- Phương trình hồi quy cho %M ở dạng thực, phụ lục 7. 26.

$$\% M = 85,9677 + 0,374404.t + 0,375264.v + 0,01721864.tg + 3,0.10^{-3}.t.tg \\ - 0,82347.10^{-3}.t^2 - 1,02909.10^{-3}.tg^2$$

Với $R^2 = 0,96$.

Dựa vào hàm Y_3 ở dạng mã hóa để vẽ đồ thị theo từng cặp yếu tố ảnh hưởng đến độ đồng đều hạt phấn hoa của quá trình sấy (phụ lục P 8.3)

c. Phân tích kết quả thực nghiệm.

❖ Hàm chi phí điện năng riêng Y_1 (Ar)

Dựa vào hàm Y_1 ở dạng mã hóa để tiến hành phân tích mức độ ảnh hưởng của các yếu tố nghiên cứu đến chi phí điện năng của quá trình sấy.

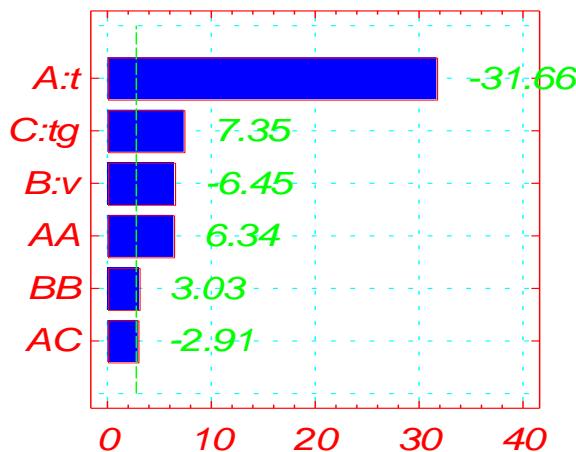
$$Y_1 = 1,00531 - 0,188649.x_1 - 0,0493587.x_2 + 0,0492258.x_3 - 0,0475.x_1.x_3 \\ + 0,0194057.x_1^2 + 0,0317801.x_2^2$$

Ta thấy:

- Dấu trừ (-) đứng trước x_1 chứng tỏ khi nhiệt độ của tác nhân sấy càng lớn thì tiêu hao điện năng cho quá trình sấy càng giảm, do thời gian sấy giảm. Đây là mối quan hệ tỷ lệ nghịch, phù hợp với các phân tích đã nêu.

- Dấu trừ (-) đứng trước x_2 chứng tỏ khi vận tốc của tác nhân sấy càng lớn thì tiêu hao điện năng cho quá trình sấy càng giảm do thời gian sấy giảm. Đây là mối quan hệ tỷ lệ nghịch, phù hợp với các phân tích đã nêu.

- Dấu cộng (+) đứng trước x_3 chứng tỏ khi chu kỳ đảo trộn càng lớn tức là thời gian đảo trộn ít thì tiêu hao điện năng cho quá trình sấy càng tăng. Vì thời gian sấy sẽ kéo dài hơn so với chu kỳ đảo trộn nhỏ, thời gian đảo trộn nhiều. Đây là mối quan hệ tỷ lệ thuận. Mọi quan hệ này phù hợp với các phân tích đã nêu.



Hình 3.9. Đồ thị ảnh hưởng các hệ số hồi quy đến chi phí điện năng riêng Ar

Ngoài ra, căn cứ vào đồ thị hình 3.9 ta cũng nhận thấy yếu tố nhiệt độ sấy ảnh hưởng nhiều đến chi phí điện năng riêng Ar. Điều này cũng phù hợp với phân tích lý thuyết cũng như nhiều công trình nghiên cứu trước đây.

❖ **Hàm phần trăm hàm lượng Vitamin C, Y₂ (%C) :**

Dựa vào hàm Y₂ ở dạng mã hóa để tiến hành phân tích mức độ ảnh hưởng của các yếu tố nghiên cứu đến chi phí điện năng của quá trình sấy.

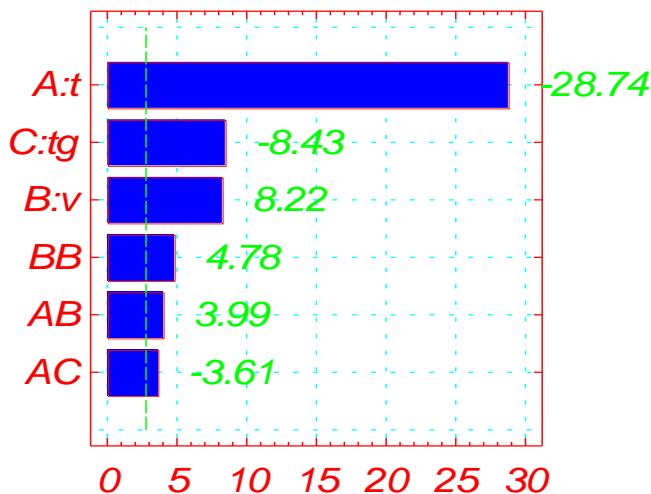
$$Y_2 = 64,2253 - 9,35129 \cdot x_1 + 2,67383 \cdot x_2 - 2,74292 \cdot x_3 + 1,693 \cdot x_1 \cdot x_2 \\ - 0,15325 \cdot x_1 \cdot x_3 + 1,52588 \cdot x_2^2$$

Ta thấy:

- Dấu trừ (-) đứng trước x₁ chứng tỏ khi nhiệt độ của tác nhân sấy càng cao thì phần trăm hàm lượng Vitamin C càng giảm. Đây là mối quan hệ tỷ lệ nghịch. Mối quan hệ này phù hợp với các phân tích đã nêu.

- Dấu trừ (-) đứng trước x₃ chứng tỏ khi chu kỳ đảo trộn càng lớn tức là thời gian đảo trộn ít thì phần trăm hàm lượng Vitamin C càng giảm do thời gian sấy tăng. Đây là mối quan hệ tỷ lệ nghịch. Mối quan hệ này phù hợp với các phân tích đã nêu.

- Dấu cộng (+) đứng trước x₂ chứng tỏ khi vận tốc của tác nhân sấy càng lớn thì phần trăm hàm lượng Vitamin C càng tăng vì thời gian sấy sẽ giảm. Đây là mối quan hệ tỷ lệ thuận. Mối quan hệ này phù hợp với các phân tích đã nêu.



Hình 3.10. Đồ thị ảnh hưởng các hệ số hồi quy đến phần trăm vitamin %C

Ngoài ra, căn cứ vào đồ thị ở hình 3.10 ta cũng nhận thấy yếu tố nhiệt độ sấy ảnh hưởng mạnh mẽ tới hàm phần trăm hàm lượng Vitamin C. Điều này cũng phù hợp với nhiều công trình nghiên cứu trước đây.

❖ **Hàm tỉ lệ thu hồi sản phẩm Y_3 (%M) :**

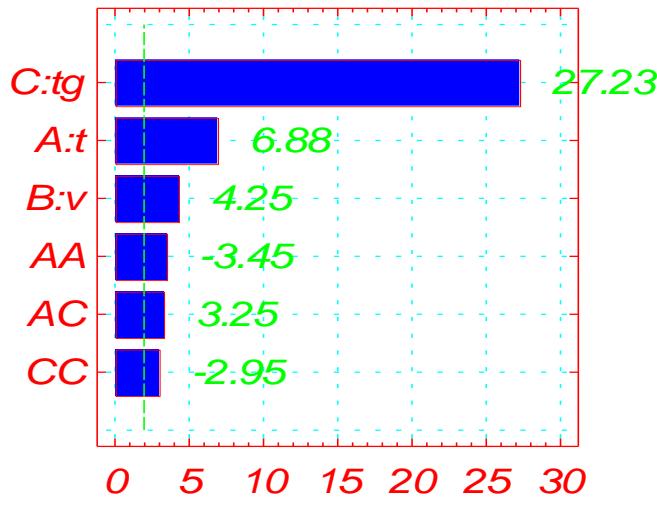
Tương tự, dựa vào hàm Y_3 ở dạng mã hóa để tiến hành phân tích mức độ ảnh hưởng của các yếu tố nghiên cứu đến tỉ lệ thu hồi sản phẩm của quá trình sấy:

$$Y_3 = 95,9343 + 0,242634.x_1 + 0,150106.x_2 + 0,96055.x_3 + 0,15.x_1.x_3 - 0,120587.x_1^2 - 0,102909.x_3^2$$

Ta thấy:

- Dấu cộng (+) đứng trước x_1 , x_2 nên khi nhiệt độ, vận tốc của tác nhân sấy càng lớn thì tỉ lệ thu hồi phần hoa càng tăng vì khi sấy ở nhiệt độ, vận tốc càng lớn thì hạt phấn mau khô, hạt phấn sẽ cứng hơn, hạn chế bị gãy vỡ do đảo trộn. Đây là mối quan hệ tỷ lệ thuận như đã phân tích ở trước.

- Dấu cộng (+) đứng trước x_3 nên khi chu kỳ đảo trộn càng lớn thời gian đảo trộn ít thì tỉ lệ thu hồi phần hoa càng tăng vì với chu kỳ cao, nếu chu kỳ cao càng lớn thời gian đảo trộn ít thì hạt phấn ít bị tác động bởi đường cào, hạn chế được sự gãy vỡ của hạt phấn. Đây là mối quan hệ tỷ lệ thuận như đã phân tích.



Hình 3.11. Đồ thị ảnh hưởng các hệ số hồi quy đến
tỷ lệ thu hồi sản phẩm %M

Ngoài ra, căn cứ vào đồ thị hình 3.11 ta cũng nhận thấy yếu tố thời gian thực hiện đường cào ảnh hưởng mạnh tới hàm tỉ lệ thu hồi thành phẩm. Điều này cũng phù hợp với các phân tích đã nêu trên.

3.10.3. Xác định các thông số và chỉ tiêu thích hợp cho TBS phần hoa bằng bơm nhiệt có cào đảo trộn vật liệu sấy

a. Xác định các thông số và chỉ tiêu thích hợp

Xuất phát từ mục đích nghiên cứu, bài toán tối ưu được lập trên cơ sở ba hàm chỉ tiêu Ar, % C, % M đặc trưng cho các chỉ tiêu nghiên cứu là kinh tế và kỹ thuật.

- Chỉ tiêu tối ưu về hàm chi phí điện năng riêng Ar là đại lượng đặc trưng cho chỉ tiêu kinh tế của TBS được hiểu là mức tiêu thụ điện năng riêng thấp nhất trong quá trình sấy thực nghiệm.

- Chỉ tiêu tối ưu về phần trăm hàm lượng vitamin C trong phần hoa là đại lượng đặc trưng cho chỉ tiêu kỹ thuật của TBS được hiểu là phần trăm hàm lượng vitamin C đạt được cao nhất trong quá trình sấy thực nghiệm.

- Chỉ tiêu tối ưu về tỉ lệ thu hồi sản phẩm % M là đại lượng đặc trưng cho chỉ tiêu kinh tế của TBS được hiểu là phần trăm khối lượng phần hoa thu được sau khi sấy, sàng loại bỏ hạt phần không đâm bảo kích thước được cao nhất.

- Chỉ tiêu tối ưu chung hay còn gọi là đa mục tiêu được hiểu là bài toán

thương lượng giữa chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật của thiết bị sấy phấn hoa để sao cho đồng thời chi phí điện năng riêng là thấp nhất, tỉ lệ thu hồi sản phẩm là cao nhất và phần trăm hàm lượng vitamin C là cao nhất trong quá trình sấy.

- Thông số tối ưu là giá trị các thông số đảm bảo trị số chỉ tiêu tối ưu.

Các bài toán tối ưu được giải trên máy tính bằng phần mềm Microsoft Excel.

Như vậy theo mục đích nghiên cứu, chúng tôi xét 4 bài toán tối ưu sau:

❖ **Bài toán 1:** Hàm mục tiêu: $A_r \rightarrow \min$

$$A_r = 3,22004 - 0,0808281.t - 0,520648.v + 0,0429226.tg - 9,5 \cdot 10^{-4} \cdot t \cdot tg \\ + 7,76229 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 + 0,198626 \cdot v^2 \rightarrow \min$$

- Hàm điều kiện: $48,41 \geq t \geq 31,59$

$$1,67 \geq v \geq 0,33$$

$$36,82 \geq tg \geq 3,18$$

❖ **Bài toán 2:** Hàm mục tiêu: $\%C \rightarrow \max$

$$\%C = 156,754 - 2,10476 \cdot t - 46,2889 \cdot v + 0,951708 \cdot tg + 0,8475 \cdot t \cdot v \\ - 0,03065 \cdot t \cdot tg + 9,53674 \cdot v^2 \rightarrow \max$$

- Hàm điều kiện: $48,41 \geq t \geq 31,59$

$$1,67 \geq v \geq 0,33$$

$$36,82 \geq tg \geq 3,18$$

❖ **Bài toán 3:** Hàm mục tiêu: $\%M \rightarrow \max$

$$\%M = 85,9677 + 0,374404 \cdot t + 0,375264 \cdot v + 0,01721864 \cdot tg + 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot tg \\ - 4,82347 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 1,02909 \cdot 10^{-3} \cdot tg^2 \rightarrow \max$$

- Hàm điều kiện: $48,41 \geq t \geq 31,59$

$$1,67 \geq v \geq 0,33$$

$$36,82 \geq tg \geq 3,18$$

❖ **Bài toán 4:** Hàm đa mục tiêu: $\%C \rightarrow \max$ và $A_r \rightarrow \min$ và $\%M \rightarrow \max$

$$A_r = 3,22004 - 0,0808281 \cdot t - 0,520648 \cdot v + 0,0429226 \cdot tg - 9,5 \cdot 10^{-4} \cdot t \cdot tg \\ + 7,76229 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 + 0,198626 \cdot v^2 \rightarrow \min$$

$$\%C = 156,754 - 2,10476 \cdot t - 46,2889 \cdot v + 0,951708 \cdot tg + 0,8475 \cdot t \cdot v$$

$$- 0,03065 \cdot t \cdot \text{tg} + 9,53674 \cdot v^2 \rightarrow \max$$

$$\%M = 85,9677 + 0,374404 \cdot t + 0,375264 \cdot v + 0,01721864 \cdot \text{tg} + 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot \text{tg}$$

$$- 4,82347 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 1,02909 \cdot 10^{-3} \cdot \text{tg}^2 \rightarrow \max$$

- Hàm mục tiêu: $A_r \rightarrow \min$

- Hàm điều kiện: $\% C \geq C_s$

$$\% M \geq M_s$$

$$48,41 \geq t \geq 31,59$$

$$1,67 \geq v \geq 0,33$$

$$36,82 \geq \text{tg} \geq 3,18$$

b. Kết quả giải bài toán:

Sử dụng Excel Solver tiến hành giải các bài toán tối ưu.

Kết quả giải bài toán 1 (Phụ lục 9.1):

❖ Thông số tối ưu:

- Nhiệt độ tác nhân sấy: $t = 48,4^\circ\text{C}$.

- Vận tốc tác nhân sấy: $v = 1,31 \text{ m/s}$.

- Chu kỳ đảo trộn: $\text{tg} = 36,82 \text{ min}$.

- Chỉ tiêu chi phí điện năng riêng: $A_r = 0,67 \text{ kWh/kg}$.

Kết quả giải bài toán 2 (Phụ lục 9.2):

❖ Thông số tối ưu:

- Nhiệt độ tác nhân sấy: $t = 31,6^\circ\text{C}$.

- Vận tốc tác nhân sấy: $v = 1,67 \text{ m/s}$.

- Chu kỳ đảo trộn: $\text{tg} = 3,18 \text{ min}$.

- Chỉ tiêu phần trăm hàm lượng vitamin C: $\% C = 84,2 \%$.

Kết quả giải bài toán 3 (Phụ lục 9.3):

❖ Thông số tối ưu:

- Nhiệt độ tác nhân sấy: $t = 48,4^\circ\text{C}$.

- Vận tốc tác nhân sấy: $v = 1,67 \text{ m/s}$.

- Chu kỳ đảo trộn tối ưu: $\text{tg} = 36 \text{ min}$.

- Chỉ tiêu tỉ lệ thu hồi sản phẩm M: $\% M = 98,0 \%$.

Kết quả giải bài toán đa mục tiêu 4 (Phụ lục 9.4).

❖ Thông số tối ưu:

- Nhiệt độ tác nhân sấy tối ưu: $t = 40,7^{\circ}\text{C}$.
- Vận tốc tác nhân sấy tối ưu: $v = 1,42 \text{ m/s}$.
- Chu kỳ đảo trộn tối ưu: $\text{tg} = 12,5 \text{ min}$.
- Chỉ tiêu chi phí điện năng riêng: $\text{Ar} = 0,93 \text{ kWh/kg}$.
- Chỉ tiêu phần trăm hàm lượng vitamin C: % C = 70,0 %.
- Chỉ tiêu tỉ lệ thu hồi sản phẩm M: % M = 95,0 %.

3.11. Thực nghiệm xây dựng đường cong sấy ở chế độ thích hợp

Từ kết quả thông số làm việc tối ưu (thích hợp) của TBS được xác định bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm đa yếu tố: nhiệt độ tác nhân sấy: $t = 40,7^{\circ}\text{C}$, vận tốc tác nhân sấy: $v = 1,42 \text{ m/s}$, chu kỳ đảo trộn: $\text{tg} = 12,5 \text{ min}$. Để xây dựng phương trình tiên đoán giảm ẩm hay đường cong sấy ở chế độ sấy thích hợp. Ta tiếp tục tiến hành 3 thực nghiệm với cùng một chế độ tìm được ở trên. Giá trị thu được giá trị trung bình của 3 lần thực nghiệm. Kết quả thực nghiệm được trình bày ở bảng 3.12.

Bảng 3.13. Thông số quá trình sấy thực nghiệm

STN	Thông số quá trình sấy									
1	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	13900
	ω (%)	0,3	0,279	0,224	0,176	0,144	0,123	0,112	0,104	0,101
2	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	13900
	ω (%)	0,3	0,280	0,224	0,175	0,142	0,120	0,111	0,106	0,102
3	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	13900
	ω (%)	0,3	0,278	0,225	0,178	0,147	0,122	0,113	0,108	0,101
TB	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	13900
	ω (%)	0,3	0,278	0,224	0,176	0,144	0,122	0,111	0,105	0,101
	ω_k (%)	0,42 9	0,385	0,289	0,214	0,168	0,139	0,125	0,117	0,112
	Θ_m	1	0,892	0,653	0,467	0,355	0,282	0,247	0,229	0,216

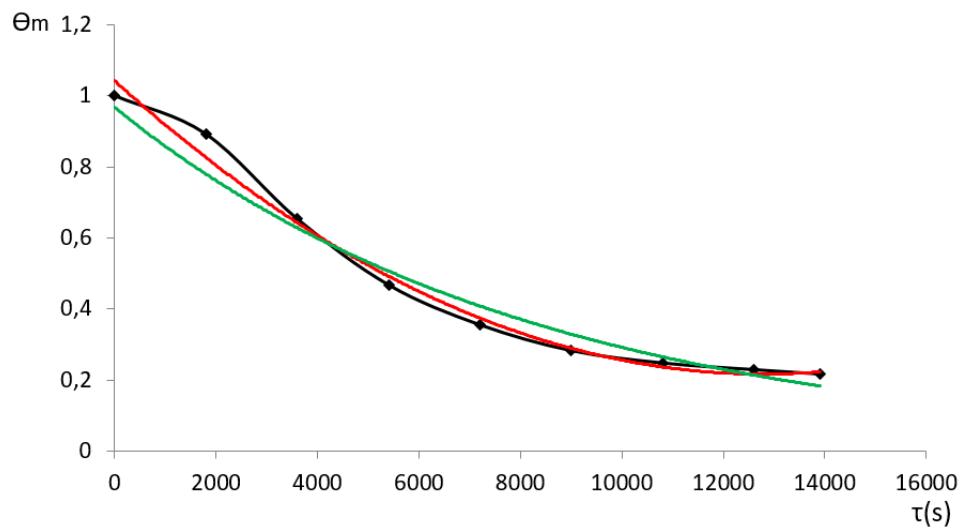
Từ kết quả thực nghiệm, sử dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất và phần mềm Microsoft Excel 2013 để phân tích, ta xây dựng được đường cong sấy theo thực tế và phương trình tiên đoán giảm ẩm ω (%) theo thời gian τ (s) dựa trên các mô hình xác định thời gian sấy của Newton, Wang and Singh, Henderson and Pabis,... (Carl W. Hall và ctv, 2006; Evangelos và ctv, 2007; C.M. Van't Lan, 2011) trong quá trình sấy phấn hoa như sau:

- Mô hình Henderson and Pabis:

$$\Theta_m = 0,967259 \exp(-0,00012\tau) \quad R^2 = 0,9614$$

- Mô hình Wang and Singh:

$$\Theta_m = 5E-09\tau^2 - 0,0001\tau + 1,042 \quad R^2 = 0,9893$$



—— : Đường cong sấy thực nghiệm.

—— : Đường cong tiên đoán theo mô hình Henderson and Pabis.

—— : Đường cong tiên đoán theo mô hình Wang and Singh.

Hình 3.12. Đường cong sấy

❖ Nhận xét:

Qua thực nghiệm, xác định được thời gian sấy là 13900 giây (3h52').

Qua đồ thị ta thấy đường cong thể hiện phân bố độ ẩm trung bình của phấn hoa theo thời gian có hình dáng tương tự như đường cong sấy của các nghiên cứu trước. Tuy nhiên, hệ số tương quan theo mô hình của Wang and Singh ($R^2 = 0,9893$) lớn hơn mô hình của Henderson and Pabis ($R^2 = 0,961$).

3.12 Tính toán sơ bộ hiệu quả kinh tế trong sản xuất:

3.12.1. Chiết tính giá thành – thành phẩm 1 kg phấn hoa:

- Giá phấn hoa tươi: 170.000 đồng/kg.

- Khối lượng hao hụt (gồm nước, do dính, vỡ vụn, ...): $2,22 + 0,38 = 2,6$ kg/mẻ

Phần khối lượng hao hụt sẽ là: 26 % /mẻ sấy.

Khối lượng phấn hoa hao hụt ứng với 1 kg là 0,26 kg.

Quy ra tiền: $0,26 \text{ kg} \times 170.000 \text{ đồng/kg} = 44200 \text{ đồng/kg}$.

- Giá thành để sấy 1 kg phấn hoa: $0,93 \text{ kWh/kg} \times 1.800 \text{ đồng/kWh} = 1674 \text{ đồng/kg}$.

Trong đó: Chi phí điện năng riêng: 0,93 kWh/kg.

Giá 1 kWh điện sản xuất kinh doanh trung bình là 1.800 đồng/kWh.

- Năng suất làm việc của máy/tháng: $3,10 \text{ kg/ngày} \times 24 \text{ ngày/tháng} = 720 \text{ kg/tháng}$.

Trong đó năng suất làm việc của máy mỗi ngày 3 mẻ:

Khối lượng phấn hoa thành phẩm: $720 \times 0,74 = 533 \text{ kg thành phẩm/tháng}$.

- Chi phí nhân công: $5.000.000 \text{ đồng/tháng} \approx 9380 \text{ đồng/kg thành phẩm}$.

- Mất bằng: $10.000.000 \text{ đồng/tháng} \approx 18762 \text{ đồng/kg thành phẩm}$.

- Khấu hao thiết bị (giá thành chế tạo thiết bị là 55.000.000 đồng, thời gian hoạt động của thiết bị là 5 năm, mức độ khấu hao thiết bị là 20 %/năm).

Giá trị khấu hao sẽ là: 1340 đồng/kg thành phẩm.

Tổng chi phí sản xuất là:

$170000 + 44200 + 1674 + 9380 + 18762 + 1340 = 245352 \text{ đồng/kg thành phẩm}$.

- Chi phí quản lý, thuế, lãi suất tiền vốn, đóng gói, bao bì, vận chuyển...

Lấy bằng 40% chi phí sản xuất, tương ứng 98141 đồng/kg thành phẩm.

- Tổng giá thành sản phẩm khi xuất xưởng là:

$239144 + 95495 = 343493 \text{ đồng/kg thành phẩm}$

3.12.2. Tính toán lãi và thời gian hoàn vốn trong sản xuất:

Qua khảo sát tại các công ty Viethoney, Highlandhoney, Công ty TNHH Cửu Long bee, thì giá bán phấn hoa thành phẩm trên thị trường hiện nay là 350.000 ÷ 400.000 đồng/kg (bao gồm các chi phí đóng gói, bao bì, thuế, vận chuyển, ...).

- Lãi thu được tính theo giá tối thiểu trung bình là:

$$360.000 - 343492 = 16508 \text{ đồng/kg thành phẩm.}$$

- Như vậy, lãi thu được tính theo giá tối thiểu trung bình là:

$$16508 \times 533 \times 12 = 8798764 \times 12 = 105585168 \text{ đồng/năm}$$

- Thời gian hoàn vốn sẽ là: $55000000 \text{ đồng} : 3468764 \approx 6 \text{ tháng}$

Vậy qua tính toán sơ bộ với hộ gia đình khi đầu tư thiết bị sấy trên thì sau 6 tháng sẽ thu hồi được vốn.

3.13. Kết luận chương 3

Trong chương này, qua nghiên cứu lý thuyết truyền nhiệt truyền chất trong VLA và thực nghiệm trên các mô hình đã đề xuất, chúng tôi đã thu được những kết quả sau:

- Xây dựng một phương pháp mới đồng thời xác định các hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng cho phần hoa nói riêng và cho vật liệu ẩm nói chung theo công thức (3.56), (3.57) và (3.59).

- Trình bày cơ sở lý thuyết và thuật toán để thực nghiệm xác định đồng thời hệ số truyền ẩm và hệ số khuếch tán ẩm của phần hoa.

- Trình bày nội dung cơ bản và thuật toán của phương pháp tương tự để xác định thời gian sấy cho thiết bị sấy đối lưu bằng bơm nhiệt phần hoa do chúng tôi thiết kế chế tạo.

- Bằng thực nghiệm, đã xây dựng mô hình toán các thông số nhiệt vật lý của phần hoa như sau:

- Khối lượng riêng ρ_v :

$$\rho_v = 655,348 + 2,33123.\omega - 11,9173.d + 0,22333.\omega.d - 0,0300741.\omega^2 - 0,376667.d^2$$

- Hệ số dẫn nhiệt $\lambda = f(\omega, t)$:

$$\lambda = 0,0416661 + 3,07083.10^{-3}.t + 2,4625.10^{-4}.\omega + 1,875.10^{-5}.t.\omega$$

- Hệ số khuếch tán nhiệt $a = f(\omega, t)$:

$$a.10^7 = 0,584982 + 0,034325.t + 3,695.10^{-3}.\omega$$

- Nhiệt dung riêng, $C = f(\omega, t)$:

$$C = 1182,3 + 4,0025.t + 0,9055.\omega, J/(kgK)$$

- Hệ số dẫn ẩm $h_m = f(v, t)$:

$$h_m \cdot 10^7 = 7,45433 - 0,145997 \cdot t + 1,72653 \cdot v + 2,76717 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 0,789661 \cdot v^2$$

- Hệ số khuếch tán ẩm $a_m = f(v, t)$:

$$a_m \cdot 10^9 = -13,2718 + 0,713625 \cdot t + 2,87608 \cdot v - 5,31633 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 1,32833 \cdot v^2$$

- Đã đưa ra được sai số giữa thời gian sấy thực tế và thời gian sấy lý thuyết tính bằng phương pháp tương tự trên cơ sở bộ thông số nhiệt vật lý đã tìm được là khoảng 9 %.

- Đã xác định được TBS phần hoa bằng bơm nhiệt hồi lưu toàn phần với TNS sấy chuyển động vuông góc lớp VLS, có cào đảo trộn vật liệu trong quá trình sấy thì thời gian sấy là nhỏ nhất.

- Bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm trên TBS phần hoa được tính toán thiết kế với các thông số nhiệt vật lý tìm được. Đã xác định được mô hình toán học biểu diễn quan hệ giữa chi phí điện năng riêng, phần trăm hàm lượng vitamin C và tỉ lệ thu hồi sản phẩm với nhiệt độ, vận tốc tác nhân sấy, chu kỳ đảo trộn như sau:

- $Ar = 3,22004 - 0,0808281 \cdot t - 0,520648 \cdot v + 0,0429226 \cdot tg - 9,5 \cdot 10^{-4} \cdot t \cdot tg + 7,76229 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 + 0,198626 \cdot v^2$
- $\%C = 156,754 - 2,10476 \cdot t - 46,2889 \cdot v + 0,951708 \cdot tg + 0,8475 \cdot t \cdot v - 0,03065 \cdot t \cdot tg + 9,53674 \cdot v^2$
- $\%M = 85,9677 + 0,374404 \cdot t + 0,375264 \cdot v + 0,01721864 \cdot tg + 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot tg - 4,82347 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 1,02909 \cdot 10^{-3} \cdot tg^2$

- Trên cơ sở mô hình toán về chi phí điện năng riêng Ar, phần trăm hàm lượng vitamin %C, tỉ lệ thu hồi sản phẩm %M bằng phương pháp tối ưu hóa đã xác định chế độ sấy thích hợp cho thiết bị sấy phần hoa bằng phương pháp sấy bơm nhiệt có đảo trộn như sau: Nhiệt độ của tác nhân sấy $t = 40,7^\circ\text{C}$; vận tốc tác nhân sấy $v = 1,42 \text{ m/s}$; chu kỳ đảo trộn $tg = 12,5 \text{ min}$, đảo trộn bắt đầu sau khi máy hoạt động 40 min. Chỉ tiêu đạt được gồm có: chi phí điện năng riêng Ar: 0,93 kWh/kg, phần trăm hàm lượng vitamin C: 70,0 %, tỉ lệ thu hồi sản phẩm: 95,0 %.

- Xây dựng được phương trình tiên đoán giảm ẩm $\Theta_m (\%)$ theo thời gian $\tau (\text{s})$ trên cơ sở mô hình Wang and Singh trong quá trình sấy phần hoa như sau:

$$\Theta_m = 5E-09\tau^2 - 0,0001\tau + 1,042$$

$$R^2 = 0,9893$$

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

❖ KẾT LUẬN

Với các mục tiêu nghiên cứu, nội dung nghiên cứu và phạm vi nghiên cứu. Luận án đã nghiên cứu lịch sử sản xuất phấn hoa trên thế giới và Việt Nam, phân tích ưu nhược điểm trên cơ sở khoa học và thực tiễn. Thực hiện kết hợp giữa nghiên cứu lý thuyết truyền nhiệt – truyền chất và thực nghiệm luận án đã thu được 10 kết quả mới như sau:

1. Đã đề xuất thiết bị sấy phấn hoa cho qui mô hộ gia đình ở Việt nam là TBS bằng bơm nhiệt hồi lưu toàn phần với TNS sấy chuyển động vuông góc với lớp VLS, có cào đảo trộn vật liệu trong quá trình sấy.
2. Nghiên cứu lý thuyết về truyền nhiệt, truyền chất, xây dựng mô hình vật lý, mô hình toán lý thuyết và đã đề xuất một phương pháp mới đồng thời xác định hệ số dẫn nhiệt, hệ số khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng cho vật liệu ẩm nói chung và phấn hoa nói riêng theo các công thức sau:

- Hệ số dẫn nhiệt:

$$\lambda = \frac{4qL(t_{tb}(\tau) - t_0)}{\pi(t_1(\tau) - t_0)^2}, \text{ W/(m·K)}$$

- Hệ số khuếch tán nhiệt:

$$a = \frac{4L^2(t_{tb}(\tau) - t_0)^2}{\pi\tau(t_1(\tau) - t_0)^2}, \text{ m/s}$$

- Nhiệt dung riêng

$$C_v = \frac{q.\tau}{L(t_{tb} - t_0).\rho_v}, \text{ J/(kgK)}$$

Kết quả nghiên cứu bằng phương pháp lý thuyết đã được kiểm chứng lại bằng thực nghiệm cho thấy kết quả nghiên cứu thuyết là phù hợp, chấp nhận được.

3. Kiến nghị một thuật toán để thực nghiệm xác định đồng thời hệ số truyền ẩm và hệ số khuếch tán ẩm của phấn hoa.
4. Bằng thực nghiệm đã xây dựng được mô hình toán học xác định các thông số nhiệt vật lý của phấn hoa như sau:

- Khối lượng riêng ρ_v :

$$\rho_v = 655,348 + 2,33123.\omega - 11,9173.d + 0,22333.\omega.d - 0,0300741.\omega^2 - 0,376667.d^2$$

- Hệ số dẫn nhiệt $\lambda = f(\omega, t)$:

$$\lambda = 0,0416661 + 3,07083.10^{-3}.t + 2,4625.10^{-4}.\omega + 1,875.10^{-5}.t.\omega$$

- Hệ số khuếch tán nhiệt $a = f(\omega, t)$:

$$a.10^7 = 0,584982 + 0,034325.t + 3,695.10^{-3}.\omega$$

- Nhiệt dung riêng, $C = f(\omega, t)$:

$$C = 1182,3 + 4,0025.t + 0,9055.\omega$$

- Hệ số dẫn âm:

$$h_m.10^7 = 7,45433 - 0,145997.t + 1,72653.v + 2,76717.10^{-3}.t^2 - 0,789661.v^2$$

- Hệ số khuếch tán âm:

$$a_m.10^9 = -13,2718 + 0,713625.t + 2,87608.v - 5,31633.10^{-3}.t^2 - 1,32833.v^2$$

5. Kiến nghị một thuật toán xác định để xác định thời gian sấy bằng phương pháp tương tự do Trần Văn Phú đề xuất cho thiết bị sấy phấn hoa đối lưu bằng bơm nhiệt.
6. Luận án đã thiết kế, chế tạo một mô hình máy sấy phấn hoa phù hợp tại Việt Nam trên các thông số nhiệt vật lý tìm được.

7. Trên TBS phấn hoa được chế tạo, bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm, đã xác định được mô hình hồi qui biểu diễn sự phụ thuộc giữa chi phí điện năng riêng Ar, phần trăm hàm lượng vitamin C và tỉ lệ thu hồi sản phẩm với nhiệt độ, vận tốc tác nhân sấy và chu kỳ đảo trộn như sau:

$$Ar = 3,22004 - 0,0808281.t - 0,520648.v + 0,0429226.tg - 9,5.10^{-4}.t.tg + 7,76229.10^{-4}.t^2 + 0,198626.v^2$$

$$\% C = 156,754 - 2,10476.t - 46,2889.v + 0,951708.tg + 0,8475.t.v - 0,03065.t.tg + 9,53674.v^2$$

$$\% M = 85,9677 + 0,374404.t + 0,375264.v + 0,01721864.tg + 3,0.10^{-3}.t.tg - 4,82347.10^{-3}.t^2 - 1,02909.10^{-3}.tg^2$$

8. Trên cơ sở các phương trình hồi quy, sử dụng phương pháp tối ưu để xác định các thông số làm việc phù hợp cho TBS như sau:

- Nhiệt độ tác nhân sấy: $t = 40,7^{\circ}\text{C}$.
 - Vận tốc tác nhân sấy: $v = 1,42 \text{ m/s}$.
 - Chu kỳ đảo trộn: $tg = 12,5 \text{ min}$, bắt đầu sau khi máy hoạt động 40 min.
 - Chi phí điện năng riêng: $Ar = 0,93 \text{ kWh/kg}$
 - Phần trăm hàm lượng vitamin C: % C = 70,0 %.
 - Tỉ lệ thu hồi sản phẩm: % M = 95,0 %.
9. Xây dựng được phương trình tiên đoán giảm ẩm ω (%) theo thời gian τ (s) trong quá trình sấy phấn hoa như sau:

$$\Theta_m = 5E-09\tau^2 - 0,0001\tau + 1,042 \quad (R^2 = 0,9893)$$

10. Kết quả của luận án cũng đã chuyển giao vào thực tiễn sản xuất tại công ty TNHH Cửu Long Bee, sản phẩm sau khi sấy được xã hội chấp nhận với giá trị chất lượng và có tính hiệu quả kinh tế.

Tóm lại: luận án đã nghiên cứu một cách trọn vẹn từ việc lựa chọn mô hình thích hợp, đến nghiên cứu lý thuyết, thực nghiệm xác định chế độ sấy phù hợp và đã đưa vào sản xuất, được xã hội chấp nhận.

❖ KIẾN NGHỊ

1. Tiếp tục nghiên cứu bằng lý thuyết trên cơ sở mà luận án đã đạt được, nghiên cứu cho các loại vật liệu ẩm khác nhau để khẳng định nhiều hơn về hệ số về lý thuyết truyền nhiệt, truyền chất cho VLA nói chung.
2. Thực nghiệm trên các loại phấn hoa có thành phần hóa học, vật lý, sinh học khác nhau, để điều chỉnh kết cấu, chi tiết máy phù hợp cho từng địa phương ứng dụng.
3. Nghiên cứu phát triển tính đa dạng sản phẩm sấy cho các vật liệu sấy tương tự trên thiết bị sấy đã đề xuất.
4. Nghiên cứu cho xuất khẩu với quy mô phù hợp với yêu cầu xuất khẩu trên thị trường thế giới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. A. Ghazanfari, S. Emami, L.G. Tabil & S. Panigrahi, 2006. Thin-Layer Drying of Flax Fiber: I. Analysis of Modeling Using Fick's Second Law of Diffusion. *Drying Technology* 24: 1631–1635.
2. A.A.M. De-Melo, M.L.M.F. Estevinho and L.B. Almeida - Muradian, 2015. A diagnosis of the microbiological quality of dehydrated bee-pollen produced in Brazil. *Letters in Applied Microbiology* 61: 477 - 483.
3. A.V. Luikov, 1967. *Theory of Heat Transfer*. Vissshaia Schola, Moscow.
4. A.V. Luikov, 1968. *Analytical Heat Diffusion theory*, James P. Hartnett. Academic Press, New York and London.
5. A.Z. Sahin, I. Dincer, 2002. Graphical determination of drying process and moisture transfer parameters for solids drying. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 45: 3267 – 3273.
6. A.Z. Sahin, I. Dincer, B.S. Yilbas, M.M. Hussain, 2002. Determination of drying times for regular multi-dimensional objects. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 45: 1757 – 1766.
7. Adnan Midilli, Hayati Olgun and Teoman Ayhan, 1999. Experimental Studies On Mushroom and Pollen Drying. *International Journal of Energy Research* 23: 1143 – 1152.
8. Adnan Midilli, Hayati Olgun, Perviz Rzayev and Teoman Ayhan, 2000. Drying and conservation conditions of pollen. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80:1973-1980.
9. Ahmet Kaya, Orhan Aydin and Mithat Akgun, 2011. Drying Kinetics and Moisture Transfer Parameters of Hazelnut. *Journal of Food Processing and Preservation* 35:714 – 721.
10. Amin Taheri - Garavand, Shahin. Rafiee, Alireza Keyhani, 2011. Effective Moisture Diffusivity and Activation Energy of Tomato in Thin Layer Dryer during Hot Air Drying. *International Transaction Journal of Engineering*

Vol.2 No.2: 239 - 248.

11. Angelo Canale, Giovanni Benelli, Antonella Castagna, Cristina Sgherri, Piera Poli, Andrea Serra, Marcello Mele, Annamaria Ranieri, Francesca Signorini, Matteo Bientinesi and Cristiano Nicolella, 2016. Microwave-Assisted Drying for the Conservation of Honeybee Pollen. *Materials* 9: 363.
12. Antonio Mulet, 1994. Drying Modelling and Water Diffusivity in Carrots and Potatoes. *Journal of Food Engineering* 22: 329-348.
13. B. K. Bala, J. L. Woods, 1992. Thin Layer Drying Models for Malt. *Journal of Food Engineering* 16: 239-249.
14. Bakri H. Hassan and Ali I. Hobani, 2000. Thin-Layer Drying Of Dates. *Journal of Food Process Engineering* 23: 177 - 189.
15. Bùi Trung Thành, 2014. Xác định thời gian sấy muối tinh trong thiết bị sấy lớp tầng sôi liên tục bằng phương pháp đồng dạng giữa dẫn nhiệt và khuếch tán ẩm. *Tạp chí năng lượng nhiệt* 118: 8 - 12.
16. C. Igathinathane, P.K. Chattopadhyay, 1999. Moisture diffusion modelling of drying in parboiled paddy components. Part I: starchy endosperm. *Journal of Food Engineering* 41: 79 - 88.
17. C.Ertkin, O.Yaldiz, 2003. Dry of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering* 63(3) : 349 - 359.
18. C.L. Hii, C.L. Law, M. Cloke, 2009. Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa. *Journal of Food Engineering* 90: 191 – 198.
19. C.M. Van't Lan, 2011. *Drying in the Process Industry*. Wiley, Hoboken. 400 pages.
20. Carl W.Hall, 2006. *Handbook of Industrial Drying, First Edition*. Taylor & Francis Group.
21. Carolina Vieira Bezerra, Luiza H. Meller da Silva, Danielle Ferreira Corrêa, Antonio M.C. Rodrigues, 2015. A modeling study for moisture diffusivities and moisture transfer coefficients in drying of passion fruit peel. *International*

- Journal of Heat and Mass Transfer* 85: 750 – 755.
22. Ceylan, Aktas and Dogan, 2007. Energy and Exergy Analysis of Timber Dryer Assisted Heat Pump. *Applied Thermal Engineering*, 216 - 222.
 23. Chen, Bannister, Carrington, 2002. Design and Application of a Dehumidifier Dryer for Drying Pine Cones and Pollen Catkins. *Drying technology – An International Journal*, 1633 - 1643.
 24. D. Mihoubia, S. Timoumi, F. Zagrouba, 2009. Modelling of convective drying of carrot slices with IR heat source. *Chemical Engineering and Processing* 48: 808 – 815.
 25. D. Zare, S. Minaei, M. Mohamad Zadeh, M.H. Khoshtaghaza, 2006. Computer simulation of rough rice drying in a batch dryer. *Energy Conversion and Management* 47: 3241 – 3254.
 26. Đặng Quốc Phú, Trần Thé Sơn, Trần Văn Phú, 2001. *Truyền nhiệt*. NXB Giáo Dục.
 27. Debabandya Mohapatra, P. Srinivasa Rao, 2005. A thin layer drying model of parboiled wheat. *Journal of Food Engineering* 66: 513 – 518.
 28. Dennis R. Heldman, Daryl B. Lund, 2007. *Handbook of Food Engineering*. Taylor & Francis Group.
 29. E. Kavak Akpinara, I. Dincer, 2005. Moisture transfer models for slabs drying. *International Communications in Heat and Mass Transfer* 32: 80 – 93.
 30. Ebru Kavak Akpinar, Yasar Bicer, Cengiz Yildiz, 2003. Thin layer drying of red pepper. *Journal of Food Engineering* 59: 99 – 104.
 31. Evangelos Tsotsas, Arun S. Mujumdar, 2007. *Modern Drying Technology*. Wiley-VCH.
 32. Fatouch, Metwally, Shedid, 2006. Herbs Drying Using a Heat Pump Dryer. *Energy Conversion and Management*, 2629 - 2643.
 33. Hakan Okyay Menges, Can Ertekin, 2006. Mathematical modeling of thin layer drying of Golden apples. *Journal of Food Engineering* 77: 119 – 125.
 34. Hakan Okyay Menges, Can Ertekin, 2006. Thin layer drying model for treated

- and untreated Stanley plums. *Energy Conversion and Management* 47: 2337 – 2348
35. Hannelie Human, Sue W. Nicolson, 2006. Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of Aloe greatheadii var. davyana (Asphodelaceae). *Phytochemistry* 67: 1486 – 1492.
 36. Hiteshkumar T. Rana and Rakesh K. Gupta, Hota V.S. GangaRao, L.N. Sridhar, 2005. Measurement of Moisture Diffusivity through Layered – Silicate Nanocomposites. *AICHE Journal*, Vol. 51, No. 12.
 37. Hoàng Đình Tín, 2002. *Cơ sở Truyền nhiệt*. Đại học Quốc Gia TP. HCM.
 38. I. Dincer, M.M. Hussain, 2002. Development of a new Bi–Di correlation for solids drying. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 45: 3065 – 3069.
 39. I. Dincer, M.M. Hussain, A.Z. Sahin, B.S. Yilbas, 2002. Development of a new moisture transfer (Bi–Re) correlation for food drying applications. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 45: 1749 – 1755.
 40. Ibrahim Doymaz, 2007. Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 78: 1291 – 1297.
 41. Ibrahim Doymaz, 2013. Experimental study and mathematical modeling of thin-layer infrared drying of watermelon seeds. *Journal of Food Processing and Preservation*: 1745 - 4549.
 42. Ibrahim Doymaz, 2014. Experimental Study and Mathematical Modeling of Thin-Layer Infrared Drying of Watermelon Seeds. *Journal of Food Processing and Preservation* 38: 1377 – 1384.
 43. J. Lora, M.A. Pérez de Oteyza, P. Fuentetaja, J.I. Hormaza, 2006. Low temperature storage and in vitro germination of cherimoya (Annona cherimola Mill.) pollen. *Scientia Horticulturae* 108: 91 – 94.
 44. J. Nath and J.O. Aderson, 1975. Effect of Freezing and Freeze-Drying on the Viability and Storage of *lilium longiflorum*. L. and *Zea mays* L. Pollen. *Cryobiology* 12: 81 - 88.

45. J.Crank, 1975. *The Mathematics of Diffusion*, second edition. Oxford University Press.
46. Jatif M. Jiji, 2009. *Heat Conduction, third Edition*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg.
47. Joel L. Schiff, 1999. *The Laplace Transform: Theory and Applications*. Springer.
48. Johanna Barajas, Misael Cortes-Rodriguez and Eduardo Rodriguez-Sando Val, 2009. Effect Of Temperature On The Drying Process Of Bee Pollen From Two Zones Of Colombia. *Deparment of Agricultural and Food Engineering* 35:134 - 148.
49. Kai Yang, Dan Wu, Xingquian Ye, Donghong Liu, Jianchu Chen, and Peilong Sun, 2010. Characterization of Chemical Composition of Bee Pollen in China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60th: 1 – 31.
50. Kamil Sacilik, Ahmet Konuralp Elicin, 2006. The thin layer drying characteristics of organic apple slices. *Journal of Food Engineering* 73: 281 – 289.
51. Katarzyna Komosinska-Vassev, Pawel Olczyk, Justyna Kafmierczak, Lukasz Mencner, and Krystyna Olczyk, 2015. *Bee Pollen: Chemical Composition and Therapeutic Application*. Hindawi Publishing Corporation.
52. Kong Hoon Lee, Ook Joong Kim, Jongryul Kim, 2010. Performance Simulation of a Two-Cycle heat pumb Dryer for High-Temperature Drying. *Drying Technology*.
53. L.B. Almeida-Muradian, Lucila C. Pamplona, Silvia Coimbra, Ortrud Monika Barth, 2005. Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis* 18: 105 – 111.
54. Lê Anh Đức và Nguyễn Hay, 2015. Xác định hệ số khuếch tán ẩm và phương trình truyền nhiệt ẩm trong quá trình sấy mật ong bằng máy sấy bơm nhiệt. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Nông Lâm Nghiệp* số 1/2015: 1 - 5.
55. Lê Anh Đức, 2011. *Nghiên cứu Công nghệ và Kỹ thuật Sấy phấn hoa*. Đề tài

- sở Khoa học và Công nghệ TP. HCM.
56. Lê Minh Hoàng, 2010. *Đề tài nghiên cứu sấy phấn hoa bằng sấy lạnh – chân không*. Trường Đại học Nông Lâm Tp. HCM.
 57. Lê Minh Hoàng, 2010. *Nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình sơ chế đến hoạt tính chống oxy hóa của phấn hoa*. Tạp chí Khoa học Cơ khí Việt Nam.
 58. Liqiu Wang, Xuesheng Zhou, Xiaohao Wei, 2008. *Heat Conduction*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg.
 59. Lorenzo Langstroth, 2014. *The Hive and the Honey Bee*. Northern Bee Books, 460 pages.
 60. M. Leja, A. Mareczek, G. Wy_zgolik, J. Klepacz-Baniak, K. Czekon'ska, 2007. Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species. *Food Chemistry* 100: 237 – 240.
 61. M. Shafiur Rahman, 2008. *Food Profertier, Second Edition*. Taylor & Francis Group.
 62. M.G. Vizcarra-Mendoza, R.S. Ruiz-Martinez, C. Martinez-Vera, A. Iruegas-Evaristo & J.M. Carrillo-Guerreno, 1998. Treatment Of Pollen By Fluidization. *Drying Technology* 16 (9& 10) : 1843 - 1853.
 63. M.M. Hussain and I. Dincer, 2003. Analysis of two-dimensional heat and moisture transfer during drying of spherical objects. *International Journal Of Energy Research* 27: 703 – 713.
 64. Marcelo A. Morgano, Marcia C. Teixeira Martin, Luana C. Rabonato, 2012. A Comprehensive Investigation of the Mineral Composition of Brazilian Bee Pollen: Geographic and Seasonal Variations and Contribution to Human Diet. *Sociedade Brasileira de Quimica*.
 65. Maria G.R.Campos, Stefan Bogdanov, Ligia Bicudo de Almeida-Muradian, Teresa Szczesna, Yanina Mancebo, Christian Frigerio, Francisco Ferreira, 2008. Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal Of Apicultural Research And Bee World*.
 66. Maria Graca R. Campos, Christian Frigerio, Joana Lopes and Stefan

- Bogdanov, 2010. What is the future of bee-pollen? *Journal Of Apiproduct And Apimedical Science*.
67. Maria Graca R. Campos, Christian Frigerio, Joana Lopes, 2003. Age-induced Diminution of Free Radical Scavening Capacity in Bee Pollens and Contribution of Consistent Flavonoids. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*.
68. Marisa Di Matteo, Luciano Cinquanta, Giovanni Galiero, Silvestro Crescitelli, 2003. A mathematical model of mass transfer in spherical geometry: plum (*Prunus domestica*) drying. *Journal of Food Engineering* 58: 183 – 192.
69. Marlon C.T. Pereira, Jonathan H. Crane, Wanda Montas, Silvia Nietzsche, Wagner A. Vendrame, 2014. Effects of storage length and flowering stage of pollen influence itsviability, fruit set and fruit quality in ‘Red’ and ‘Lessard Thai’ sugarapple (*Annona squamosa*) and ‘Gefner’ atemoya. *Scientia Horticulturae* 178: 55 – 60.
70. Michael Boppre, Steven M. Colegate, John A. Edgar, and Ottmar W. Fischer, 2008. Hepatotoxic Pyrolizidine Alkaloids in Pollen and Drying – Related Implications for Commercial Processing of Bee Pollen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
71. Mohammad Foroughi-Dahr, Morteza Golmohammadi, Reza Pourjamshidian, Mehdi Rajabi- Hamaneh and S. J. Hashemi, 2015. On the Characteristics of Thin-Layer Drying Models for Intermittent Drying of Rough Rice. *Chemical Engineering Communications* 202:1024 – 1035.
72. Monika Božíková, Peter Hlaváč, Vlasta Vozárová, Zuzana Hlaváčová, Ľubomír Kubík, Peter Kotoulek, Ján Brindza, 2015. The Thermal Properties of Selected Bee Products. *Slovak University of Agriculture in Nitra*.
73. Murat Ozdemir, Y. Onur Devres, 1999. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering* 42: 225 - 233.
74. N. P. Zogzas, Z. B. Maroulis, D. Marinos-Kouris, 1996. Moisture Diffusivity Data Compilation In Foodstuffs. *Drying Technology*, 14(10): 2225 - 2253.

75. N. Wang & J. G. Brennan, 1995. A Mathematical Model of Simultaneous Heat and Moisture Transfer during Drying of Potato. *Journal of Food Engineering* 24: 47 - 60.
76. Nguyễn Cảnh, 2011. *Quy hoạch thực nghiệm*. NXB Đại học quốc gia Tp.HCM.
77. Nguyễn Cảnh, Nguyễn Đình Soa, 1985. *Tối ưu hóa thực nghiệm trong Khoa học và Kỹ thuật*. Trường Đại học Bách Khoa Tp.Hồ Chí Minh.
78. Nguyễn Đức Lợi – Phạm Văn Tùy, 1998. Hệ thống sấy lạnh bằng bơm nhiệt ở Haihaco. *Tạp chí khoa học và công nghệ nhiệt số* 2/1998.
79. Nguyễn Đức Lợi – Phạm Văn Tùy, 2000. *Kỹ Thuật Lạnh Cơ Sở*. NXB Giáo Dục.
80. Nguyễn Hay, 2007. *Giáo trình truyền nhiệt*. NXB Nông Nghiệp Tp. HCM
81. Nguyễn Hữu Quyền, 2013. *Đề tài Nghiên cứu sấy phấn hoa theo phương pháp sấy bơm nhiệt – Truyền động bằng tải*. Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ, Trường Đại học Nông Lâm Tp. HCM.
82. Nguyễn Thọ, 2008. *Bài giảng thí nghiệm công nghệ thực phẩm*. Đại học Bách Khoa Tp.Hồ Chí Minh.
83. Nguyễn Văn Dự, Nguyễn Đăng Bình, 2011. *Quy hoạch thực nghiệm trong kỹ thuật*. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
84. Oguz Bozkır, 2006. Thin-layer drying and mathematical modelling for washed dry apricots. *Journal of Food Engineering* 77: 146 – 151.
85. P.C. Panchariya, D. Popovic, A.L. Sharma, 2002. Thin-layer modelling of black tea drying process. *Journal of Food Engineering* 52: 349 – 357.
86. P.S. Ghoshdastidar, 2004. l. Oxford University Press.
87. Phạm Anh Tuấn, 2007. *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ phù hợp để sấy cối nguyên liệu và bảo quản lạnh sản phẩm cối đạt tiêu chuẩn xuất khẩu sang Nhật Bản*. Đề tài khoa học cấp bộ.
88. Querioz, Gabas and Telis, 2004. Drying Kinetics of Tomato by Using Electric Resistance and Chemical Heat Pump – assisted convective drier. *Drying*

- technology – An International Journal.*
89. R.K. Goyal, A.R.P. Kingsly, M.R. Manikantan, S.M. Ilyas, 2007. Mathematical modelling of thin layer drying kinetics of plum in a tunnel dryer. *Journal of Food Engineering* 79: 176 – 180.
 90. Ragab Khir, Zhongli Pan, Adel Salim, Bruce R. Hartsough, Sherief Mohamed, 2011. Moisture diffusivity of rough rice under infrared radiation drying. *Food Science and Technology* 44: 1126 – 1132.
 91. Regula Gehrig, 2006. The influence of the hot and dry summer 2003 on the pollen season in Switzerland. *Aerobiologia* 22: 27 – 34
 92. S. Simal And C. Rossello, A. Berna, A. Mulet, 1994. Heat and Mass Transfer Model For Potato Drying. *Chemical Engineering Scime, Vol. 49, No. 22*, Pp. 3739 - 3744.
 93. S.N. Jha, 2005. Mathematical simulation of roasting of grain. *Journal of Food Engineering* 71: 304 – 310.
 94. Saensabai and Prasertsan, 2003. Effects of Component Arrangement and Ambient and Drying Conditions on the Performance of Heat Pump Dryers. *Drying technology – An International Journal*.
 95. Serpil Sahin and Servet Gulum Sumu,2006. *Physical Propertier Of Foods*. Springer Science + Business Media, LLC.
 96. Seyfi Sevik, Mustafa Aktas, Hikmet Dogan, Saim Koçak, 2013. Mushroom drying with solar assisted heat pump system. *Energy Conversion and Management* 72: 171 – 178.
 97. Shahin Rafiee, Alireza Keyhani, and Ali Jafari, 2008. Modeling Effective Moisture Diffusivity of Wheat (*Tajan*) During Air Drying. *International Journal of Food Properties*, 11: 223 – 232.
 98. Shahin Rafiee, Mohammad Sharifi, Alireza Keyhani, Mahmoud Omid, Ali Jafari, Seyed Saeid Mohtasebi & Hossain Mobli, 2010. Modeling Effective Moisture Diffusivity of Orange Slice (Thompson Cv.). *International Journal of Food Properties* 13: 32 – 40.

99. Singhanat Phoungchandang, Supawinee Saentaweesuk, 2011. Effect of two stage, tray and heat pump assisted-dehumidified drying on drying characteristics and qualities of dried ginger. *Food and Bioproducts Processing* 89: 429 – 437.
100. Soylemez, 2006. Optimum Heat Pump in Drying System with Waste Heat Recovery. *Journal of Food Engineering*.
101. Stamatios J. Babalis, Vassilios G. Belessiotis. Influence of the drying cinditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. *Jonurnal of Food Enggineering* 65.
102. Tania Maria Sarmento Silva, Celso Amorim Camara, Antonio Claudio da Silva Lins, Jose' Maria Barbosa-Filho, Eva Mo^ nica Sarmento da Silva, Breno Magalha~ es Freitas, Francisco de Assis Ribeiro dos Santos, 2006. Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee Melipona subnitida Ducke. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 507 – 511.
103. Trần Văn Phú, 1988. *Dịch chuyển nhiều cấu tử trong các quá trình công nghệ và các phương pháp xác định các đặc trưng nhiệt-ẩm của các sản phẩm thực phẩm và các vật liệu ẩm khác*. Luận án TSKH, Riga.
104. Trần Văn Phú, 1997. *Những vấn đề chọn lọc của lý thuyết truyền nhiệt truyền chất*. Bài giảng cao học ĐHBK Hà nội.
105. Trần Văn Phú, 2007. *Giáo trình Kỹ thuật nhiệt*. NXB Giáo Dục Hà Nội.
106. Trần Văn Phú, 2010. *Kỹ thuật Sấy*. NXB Giáo Dục Hà Nội.
107. Trần Văn Phú, 2011. *Tính toán thiết kế hệ thống sấy*. NXB Giáo Dục Hà Nội.
108. Trần Văn Phú, 2012. *Những vấn đề chọn lọc của lý thuyết truyền nhiệt truyền chất và các phương pháp xác định thời gian sấy*. Bài giảng Cao học. ĐH Bách Khoa Hà Nội.
109. Trần Văn Phú, Nguyễn Thị Yên, 2010. Phương pháp mới xác định thời gian sấy gỗ keo tai tượng. *Tạp chí năng lượng nhiệt*.
110. Trương Minh Thắng, 2013. *Ứng dụng phương pháp tương tự xác định thời*

- gian sấy sợi cà rốt. *Tạp chí năng lượng nhiệt.*
111. V.K. Srivastava, J. John, 2002. Deep bed grain drying modeling. *Energy Conversion and Management* 43: 1689 – 1708.
 112. Val_erie Guillard, Bertrand Broyart, St_ephane Guilbert, Catherine Bonazzi, Nathalie Gontard, 2004. Moisture diffusivity and transfer modelling in dry biscuit. *Journal of Food Engineering* 64: 81 – 87.
 113. Võ Đăng Thảo, 2008. *Hàm phức và toán tử Laplace*. NXB Đại học Quốc gia TP. HCM.
 114. Võ Thị Kim Diêu, 1996. *Nghiên cứu quy luật truyền nhiệt truyền chất trong vật liệu ẩm và xác định các đặc trưng nhiệt vật lý của lúa, ngô Việt Nam*. Luận án phó Tiến sĩ Khoa học Kỹ thuật, Bộ Giáo Dục và Đào Tạo.
 115. Xiang Xu, Liping Sun, Jie Dong, Hongcheng Zhang, 2009. Breaking the cells of rape bee pollen and consecutive extraction of functional oil with supercritical carbon dioxide. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10: 42 – 46.

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HỒ CHÍ MINH

LÊ QUANG HUY

**NGHIÊN CỨU KỸ THUẬT SẤY PHÂN HOA
Ở VIỆT NAM**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Cơ Khí
Mã số: 62.52.14.01

PHỤ LỤC LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

TP. HỒ CHÍ MINH – Năm 2017

PHỤ LỤC 1: THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH KHỐI LƯỢNG RIÊNG
PHẦN HOA ρ_v

Phụ lục 1.1: Kết quả xác định khối lượng riêng phần hoa ρ_v

STT	ω %	d mm	m g	V ml	ρ_v kg/m^3	$\rho_{v(tb)}$ kg/m^3
1	20	2	33,172	50	663,440	680,88
2			34,528	50	690,56	
3			34,285	50	685,70	
4			34,377	50	687,54	
5			33,858	50	677,16	
6	34,2	2	35,275	50	705,50	694,84
7			34,245	50	684,90	
8			34,286	50	685,72	
9			35,313	50	706,26	
10			34,591	50	691,82	
11	5,9	2	32,282	50	645,64	640,32
12			32,243	50	644,86	
13			31,555	50	631,10	
14			32,423	50	648,46	
15			31,577	50	631,54	
16	20	2	33,695	50	673,90	680,68
17			34,235	50	684,70	
18			34,563	50	691,26	
19			33,517	50	670,34	

20			34,165	50	683,30	
21	20	0,58	35,194	50	703,88	691,52
22			34,241	50	684,82	
23			34,555	50	691,10	
24			34,723	50	694,46	
25			34,167	50	683,34	
26			32,784	50	655,68	
27	10	1	33,576	50	671,52	665,32
28			33,582	50	671,64	
29			33,523	50	670,46	
30			32,865	50	657,30	
31			35,202	50	704,04	
32	30	1	34,568	50	691,36	696,52
33			34,515	50	690,30	
34			34,523	50	690,46	
35			35,322	50	706,44	
36			35,11	50	702,20	
37	30	3	34,57	50	691,40	687,64
38			34,26	50	685,20	
39			34,25	50	685,00	
40			33,72	50	674,40	
41			33,114	50	662,28	669,16
42			34,408	50	688,16	

43			33,518	50	670,36	
44			32,425	50	648,50	
45			33,835	50	676,70	
46	10	3	31,626	50	632,52	643,04
47			32,404	50	648,08	
48			31,515	50	630,30	
49			32,837	50	656,74	
50			32,378	50	647,56	
51	20	2	34,586	50	691,72	680,48
52			33,406	50	668,12	
53			34,508	50	690,16	
54			33,482	50	669,64	
55			34,143	50	682,86	

Phụ lục 1.2: Kết quả xử lý thực nghiệm xác định khối lượng riêng phần hoa ρ_v

Phụ lục 1.2.1: Kết quả phân tích phương sai hàm ρ_v của phần hoa

ANOVA for ρ_v - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:w	2922,4130	1	2922,4130	80878,59	,0000
B:d	491,8071	1	491,8071	13610,90	,0001
AB	44,8900	1	44,8900	1242,34	,0008
AA	258,5663	1	258,5663	7155,89	,0001
BB	,8012	1	,8012	22,17	,0423
Lack-of-f	1,6439	3	,5480	15,17	,0625
Pure error	,0723	2	,0361		
Total (corr.)	3735,48676	10			
R-squared =	0,999541			R-squared (adj. for d.f.) =	0,999081

Phụ lục 1.2.2: Ước lượng tương tác của các hệ số hồi qui đối với hàm ρ_v của phần hoa

Estimated effects for ρ_v - 3 factor study

average =	680,693	+/- 0,109747
A:w =	38,2257	+/- 0,134412
B:d =	-15,6813	+/- 0,134412
AB =	6,7	+/- 0,190088
AA =	-13,5333	+/- 0,159983
BB =	-0,753333	+/- 0,159983

Standard error estimated from pure error with 2 d.f. ($t = 4,30265$)

Phụ lục 1.2.3: Kết quả các hệ số hồi qui của hàm ρ_v của phần hoa

Regression coeffs. for ρ_v - 3 factor study

constant =	655,384
A:w =	2,33123
B:d =	-11,9173
AB =	0,223333
AA =	-0,0300741
BB =	-0,376667

**PHỤ LỤC 2: KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH THÔNG SỐ
NHIỆT VẬT LÝ PHÂN HOA**

Phụ lục 2.1: Thí nghiệm xác định thông số nhiệt vật lý phân hoa

Thí nghiệm 1:						Độ ẩm 10%, nhiệt độ t = 33 °C		
Thời gian	t ₁ °C	t ₂ °C	t ₃ °C	t ₄ °C	t ₅ °C	λ W/(m.K)	a.10 ⁷ m ² /s	C J/(kg.K)
t = 0p0'	33	33	33	33	33	0,1516	1,7486	1324,06
3p15'	34,8	33,1	33	33	33			
8p23'	41,5	34,1	33,1	33	33			
15p13'	52,6	36,6	35,4	33,1	33			
24p30'	61	41,3	37,3	33,7	33,1			

Thí nghiệm 2:						Độ ẩm 20%, nhiệt độ t = 27 °C		
Thời gian	t ₁ °C	t ₂ °C	t ₃ °C	t ₄ °C	t ₅ °C	λ W/(m.K)	a.10 ⁷ m ² /s	C J/(kg.K)
t = 0p0'	27	27	27	27	27	0,1399	1,5912	1306,06
3p15'	32,9	27,1	27	27	27			
8p00'	38,7	28,7	27,1	27	27			
16p23'	43,5	30,8	28,1	27,1	27			
23p55'	58	33,3	30,8	29	27,1			

Thí nghiệm 3:		Độ ẩm 30%, nhiệt độ t = 33 °C						
Thời gian	t ₁ °C	t ₂ °C	t ₃ °C	t ₄ °C	t ₅ °C	λ W/(m.K)	a.10 ⁷ m ² /s	C J/(kg.K)
t = 0p0'	33	33	33	33	33	0,1689	1,8261	1347,98
3p15'	36,8	33,1	33	33	33			
10p20'	42,8	36,4	33,1	33	33			
18p25'	55,8	39,3	35,6	33,1	33			
28p6'	60,5	42,6	38,9	34,4	33,1			

Thí nghiệm 4:		Độ ẩm 20%, nhiệt độ t = 27 °C						
Thời gian	t ₁ °C	t ₂ °C	t ₃ °C	t ₄ °C	t ₅ °C	λ W/(m.K)	a.10 ⁷ m ² /s	C J/(kg.K)
t = 0p0'	27	27	27	27	27	0,1394	1,5861	1305,05
2p50'	31,6	27,1	27	27	27			
6p40'	34,7	28,3	27,1	27	27			
16p10'	41,5	31,1	28,2	27,1	27			
24p00'	55,7	33,1	30	29,1	27,1			

Thí nghiệm 5:		Độ ẩm 30%, nhiệt độ t = 21 °C						
Thời gian	t ₁ °C	t ₂ °C	t ₃ °C	t ₄ °C	t ₅ °C	λ W/(m.K)	a.10 ⁷ m ² /s	C J/(kg.K)
t = 0p0'	21	21	21	21	21	0,1253	1,4106	1294,14
2p20'	23,1	21,1	21	21	21			
8p20'	28,6	22,8	21,1	21	21			
15p23'	37,8	24,1	22,3	21,1	21			
26p15'	52,5	28,1	23,8	22,8	21,1			

Thí nghiệm 6:		Độ ẩm 10%, nhiệt độ t = 21 °C						
Thời gian	t ₁ °C	t ₂ °C	t ₃ °C	t ₄ °C	t ₅ °C	λ W/(m.K)	a.10 ⁷ m ² /s	C J/(kg.K)
t = 0p0'	21	21	21	21	21	0,1125	1,3403	1281,84
3p20'	23,9	21,1	21	21	21			
9p20'	29,7	22,8	21,1	21	21			
17p23'	40,5	24,1	22,6	21,1	21			
27p30'	56	27,8	25,4	22,7	21,1			

Thí nghiệm 7:		Độ ẩm 20%, nhiệt độ t = 27 °C						
Thời gian	t ₁ °C	t ₂ °C	t ₃ °C	t ₄ °C	t ₅ °C	λ W/(m.K)	a.10 ⁷ m ² /s	C J/(kg.K)
t = 0p0'	27	27	27	27	27	0,1398	1,5967	1300,23
3p05'	30,2	27,1	27	27	27			
7p20'	35,8	28,3	27,1	27	27			
15p2'	43,7	30,1	28,2	27,1	27			
25p10'	56,4	33	31	29,6	27,1			

Phụ lục 2.2: Kết quả xử lý thực nghiệm xác định thông số nhiệt vật lý phần hoa

Phụ lục 2.2.1: Kết quả phân tích phương sai hàm λ của phần hoa

ANOVA for λ - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	,0017098	1	,0017098	24426,04	,0000
B:w	,0002265	1	,0002265	3235,75	,0003
AB	,0000051	1	,0000051	72,32	,0135
Lack-of-fit	,0000000	1	,0000000	,38	,6051

Pure error	,0000001	2	,0000001
Total (corr.)	,00194155	6	
R-squared = 0,999914			R-squared (adj. for d.f.) = 0,999828

Phụ lục 2.2.2: Ước lượng tương tác các hệ số hồi qui đối với hàm λ của phần hoa

Estimated effects for λ - 3 factor study

average	= 0,139629	+/- 1E-4
A:t	= 0,04135	+/- 2,64575E-4
B:w	= 0,01505	+/- 2,64575E-4
AB	= 2,25E-3	+/- 2,64575E-4

Standard error estimated from pure error with 2 d.f. ($t = 4,30265$)

Phụ lục 2.2.3: Kết quả các hệ số hồi qui của hàm λ của phần hoa

Regression coeffs. for λ - 3 factor study

constant	= 0,0416661
A:t	= 3,07083E-3
B:w	= 2,4625E-4
AB	= 1,875E-5

Phụ lục 2.2.4: Kết quả phân tích phương sai hàm a của phần hoa

ANOVA for a - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	,1696616	1	,1696616	6037,06	,0002
B:w	,0054612	1	,0054612	194,33	,0051
AB	,0000130	1	,0000130	,46	,5736
Lack-of-fit	,0001692	1	,0001692	6,02	,1336
Pure error	,0000562	2	,0000281		
Total (corr.)	,17536114	6			
R-squared = 0,998715			R-squared (adj. for d.f.) = 0,99743		

Phụ lục 2.2.5: Kết quả phân tích phương sai hàm a sau khi loại bỏ các hệ số hồi quy không đủ độ tin cậy

ANOVA for a - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	,1696616	1	,1696616	6037,06	,0002
B:w	,0054612	1	,0054612	194,33	,0051
Lack-of-fit	,0001821	2	,0000911	3,24	,2358
Pure error	,0000562	2	,0000281		
Total (corr.)	,17536114	6			
R-squared =	0,998641		R-squared (adj. for d.f.) =	0,997961	

Phụ lục 2.2.6: Ước lượng tương tác của các hệ số hồi qui đối với hàm a của phần hoa

Estimated effects for a - 3 factor study

average = 1,58566 +/- 2,00369E-3
A:t = 0,4119 +/- 5,30126E-3
B:w = 0,0739 +/- 5,30126E-3
Standard error estimated from pure error with 2 d.f. (t = 4,30265)

Phụ lục 2.2.7: Kết quả các hệ số hồi qui của hàm a của phần hoa

Regression coeffs. for a - 3 factor study

constant = 0,584982
A:t = 0,034325
B:w = 3,695E-3

Phụ lục 2.2.8: Kết quả phân tích phương sai hàm C của phần hoa

ANOVA for c - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	2306,8809	1	2306,8809	237,65	,0042
B:w	327,9721	1	327,9721	33,79	,0283

AB	33,7561	1	33,7561	3,48	,2032
Lack-of-fit	115,9725	1	115,9725	11,95	,0745
Pure error	19,4138	2	9,7069		
Total (corr.)	2803,99540	6			
R-squared = 0,951717			R-squared (adj. for d.f.) = 0,903433		

Phụ lục 2.2.9: Kết quả phân tích phương sai hàm C sau khi loại bỏ các hệ số hồi quy không đủ độ tin cậy

ANOVA for c - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	2306,8809	1	2306,8809	237,65	,0042
B:w	327,9721	1	327,9721	33,79	,0283
Lack-of-fit	149,7286	2	74,8643	7,71	,1148
Pure error	19,4138	2	9,7069		
Total (corr.)	2803,99540	6			
R-squared = 0,939678			R-squared (adj. for d.f.) = 0,909517		

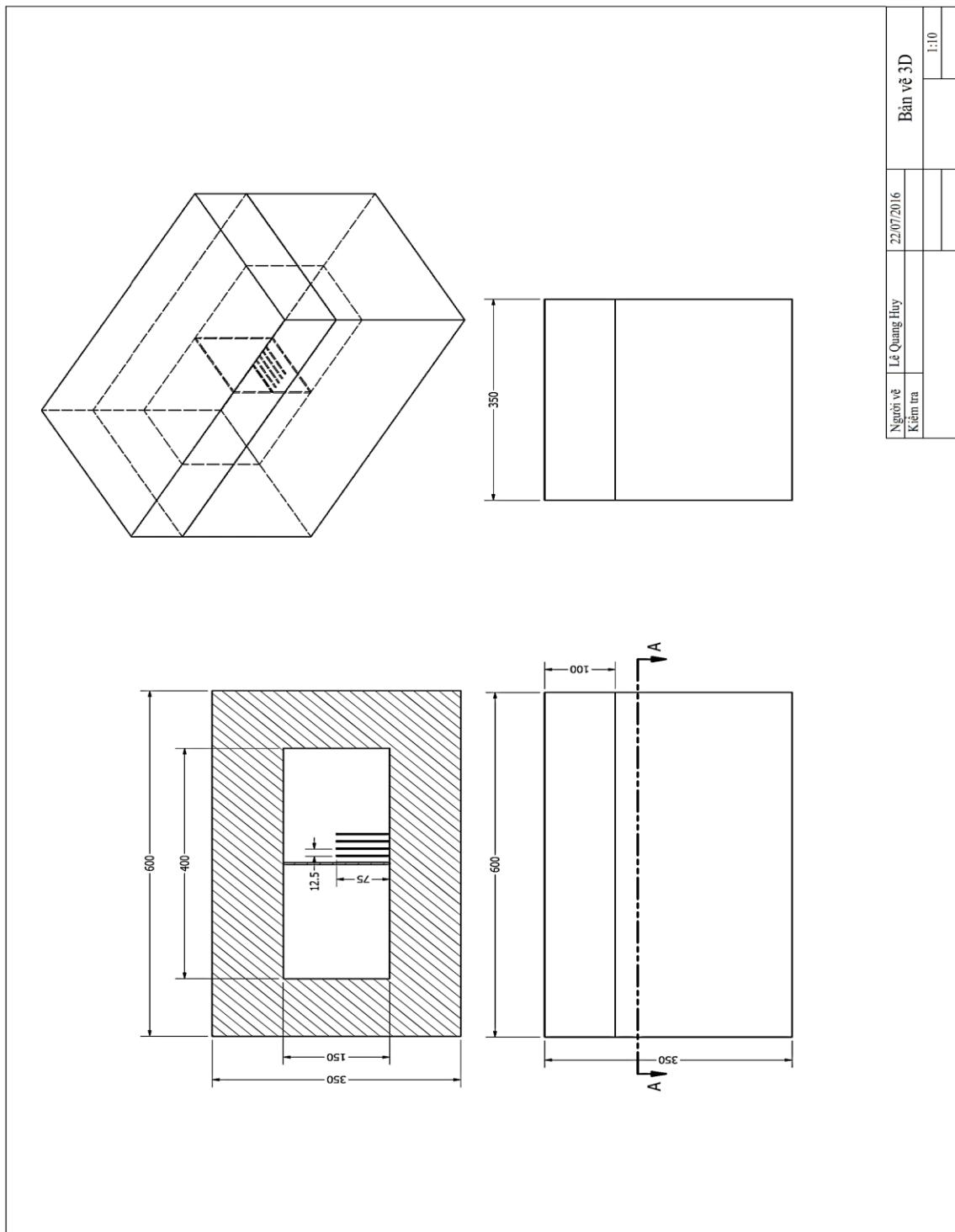
Phụ lục 2.2.10: Ước lượng tương tác của các hệ số hồi qui đối với hàm C của phần hoa

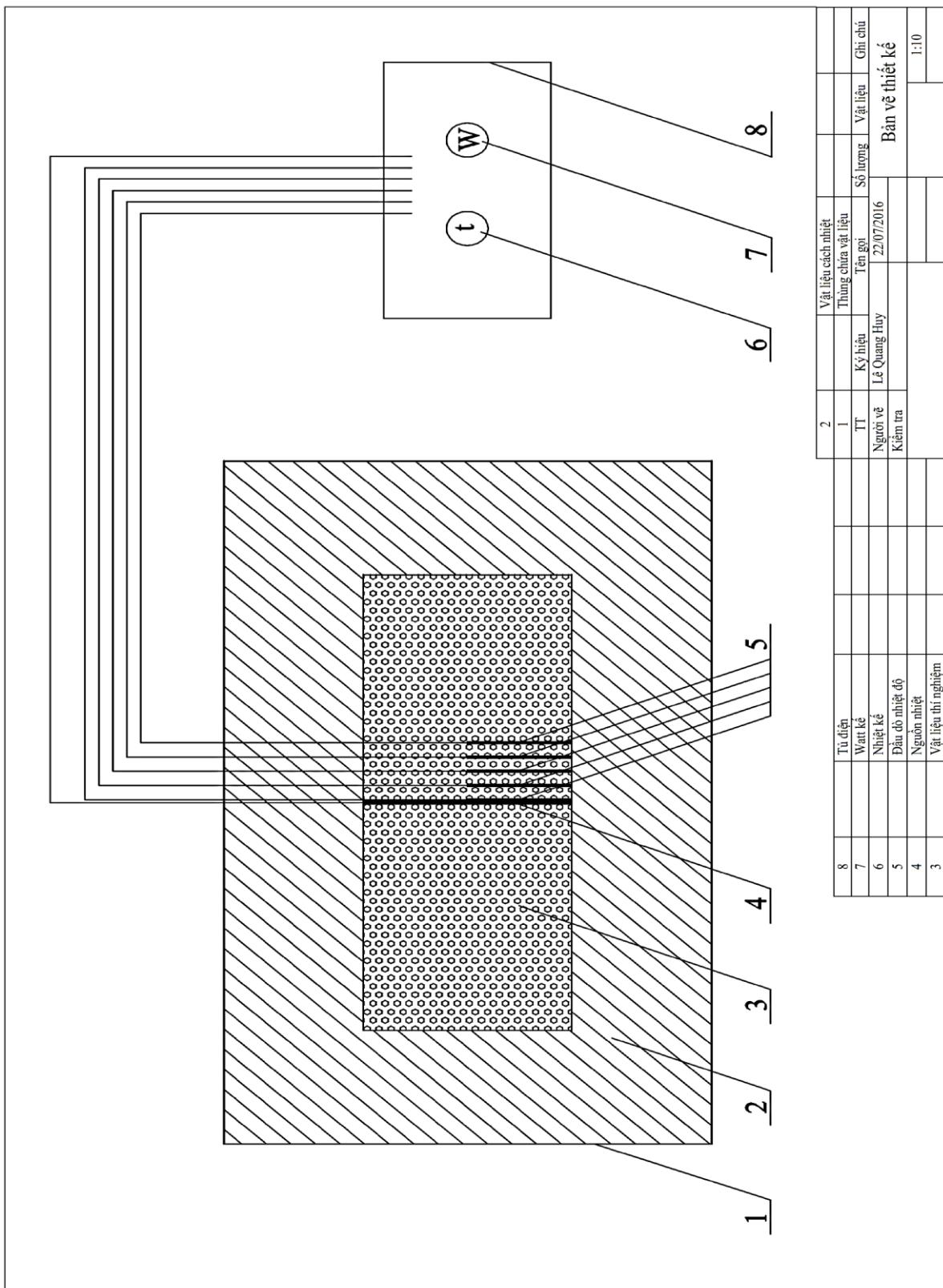
Estimated effects for c - 3 factor study	
A:t	= 48,03 +/- 3,11559
B:w	= 18,11 +/- 3,11559
Standard error estimated from pure error with 2 d.f. (t = 4,30265)	

Phụ lục 2.2.11: Kết quả các hệ số hồi qui của hàm C của phần hoa

Regression coeffs. for c - 3 factor study	
constant	= 1182,3
A:t	= 4,0025
B:w	= 0,9055

Phụ lục 2.3: Bản vẽ thiết kế thiết bị thí nghiệm xác định thông số nhiệt vật lý phấn hoa





**PHỤ LỤC 3: KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH HỆ SỐ TRUYỀN ÂM
h_m, KHUẾCH TÁN ÂM a_m CỦA PHẦN HOA**

Phụ lục 3.1: Kết quả xác định hệ số truyền âm h_m, khuếch tán âm a_m của phần hoa

Phụ lục 3.1.1: Kết quả thí nghiệm đo tốc độ giảm âm theo thời gian

TT	Vận tốc, nhiệt độ	Thông số quá trình sấy									
1	v = 1 m/s t = 40 °C	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,278	0,242	0,208	0,178	0,152	0,129	0,11	0,094
2	v = 0,43 m/s t = 40 °C	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,28	0,245	0,213	0,184	0,158	0,137	0,111	0,102
3	v = 1,4 m/s t = 35 °C	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,287	0,255	0,228	0,203	0,181	0,163	0,143	0,130
4	v = 1 m/s t = 40 °C	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,277	0,243	0,208	0,179	0,151	0,129	0,11	0,094
5	v = 1,4 m/s t = 45 °C	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400

		ω (%)	0,3	0,275	0,235	0,2	0,168	0,142	0,12	0,101	0,085
6	$v = 1 \text{ m/s}$ $t = 33^\circ\text{C}$	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,288	0,258	0,232	0,205	0,184	0,164	0,147	0,133
7	$v = 1 \text{ m/s}$ $t = 40^\circ\text{C}$	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,278	0,241	0,208	0,179	0,152	0,129	0,11	0,094
8	$v = 1 \text{ m/s}$ $t = 47^\circ\text{C}$	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,273	0,231	0,194	0,161	0,135	0,113	0,094	0,079
9	$v = 0,6 \text{ m/s}$ $t = 35^\circ\text{C}$	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,288	0,257	0,23	0,205	0,183	0,164	0,147	0,133
10	$v = 1,5656 \text{ m/s}$ $t = 40^\circ\text{C}$	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,28	0,243	0,21	0,181	0,155	0,133	0,113	0,097
11	$v = 0,6 \text{ m/s}$ $t = 45^\circ\text{C}$	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,276	0,236	0,201	0,171	0,145	0,122	0,103	0,087

Phụ lục 3.1.2: Kết quả hệ số truyền ẩm h_m , khuếch tán ẩm a_m theo nhiệt độ và vận tốc TNS

TT TN	Vận tốc (m/s)	Nhiệt độ (°C)	G	S. 10^4	R ²	Bi	μ	$a_m.$ 10^9	$h_m. 10^7$
1	1	40	1,0638	1,1030	0,9972	0,4207	0,5762	8,3021	6,9865
2	0,43	40	1,0649	1,0510	0,9949	0,4297	0,5803	7,7997	6,7045
3	1,4	35	1,0712	0,9865	0,9959	0,5092	0,6150	6,5190	6,6391
4	1	40	1,0641	1,1032	0,9972	0,4227	0,5771	8,2797	7,0002
5	1,4	45	1,0594	1,1902	0,9981	0,3838	0,5594	9,5070	7,2978
6	1	33	1,0774	0,9615	0,9949	0,5430	0,6293	6,0680	6,5904
7	1	40	1,0632	1,1018	0,9974	0,4155	0,5739	8,3627	6,9496
8	1	47	1,0556	1,2579	0,9982	0,3533	0,5453	10,1100	7,7090
9	0,6	35	1,0728	0,9599	0,9956	0,4992	0,6108	6,4316	6,4227
10	1,56	40	1,0641	1,0740	0,9972	0,4226	0,5771	8,0598	6,8128
11	0,6	45	1,0600	1,1688	0,9979	0,3885	0,5617	9,2601	7,1967

Phụ lục 3.1.3: Kết quả thí nghiệm đo tốc độ giảm ẩm theo thời gian

TT TN	Vận tốc, nhiệt độ	Thông số quá trình sấy									
1	$v = 0,43$ m/s $t = 35^{\circ}C$	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,289	0,259	0,232	0,208	0,186	0,167	0,15	0,136
2	$v = 0,43$ m/s $t = 40^{\circ}C$	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,28	0,245	0,213	0,184	0,158	0,137	0,111	0,102
3	$v = 0,43$ m/s $t = 45^{\circ}C$	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,277	0,2388	0,2044	0,174	0,148	0,125	0,106	0,09
4	$v = 1$ m/s $t = 35^{\circ}C$	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,288	0,258	0,232	0,205	0,184	0,164	0,147	0,133
5	$v = 1$ m/s $t = 40^{\circ}C$	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,278	0,242	0,208	0,178	0,152	0,129	0,11	0,094
6	$v = 1$ m/s $t = 45^{\circ}C$	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,274	0,234	0,198	0,164	0,14	0,117	0,099	0,083
7	$v = 6$ m/s $t = 35^{\circ}C$	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,288	0,257	0,23	0,205	0,183	0,164	0,147	0,133

8	v = 0,6 m/s t = 40 °C	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,281	0,244	0,211	0,18	0,156	0,134	0,115	0,098
9	v = 0,6 m/s t = 45 °C	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,276	0,236	0,201	0,171	0,145	0,122	0,103	0,087
10	v = 1,4 m/s t = 35 °C	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,287	0,255	0,228	0,203	0,181	0,163	0,143	0,13
11	v = 1,4 m/s t = 40 °C	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,28	0,241	0,21	0,181	0,154	0,132	0,112	0,096
12	v = 1,4 m/s t = 45 °C	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,275	0,235	0,2	0,168	0,142	0,12	0,101	0,085
13	v = 1,56 m/s t = 35 °C	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,288	0,256	0,229	0,204	0,184	0,163	0,146	0,132
14	v = 1,56 m/s t = 40 °C	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,28	0,243	0,21	0,181	0,155	0,133	0,113	0,097
15	v = 1,56 m/s t = 45 °C	τ (s)	0	1800	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400
		ω (%)	0,3	0,276	0,236	0,201	0,171	0,144	0,122	0,103	0,087

Phụ lục 3.1.4: Kết quả hệ số truyền ẩm h_m , khuếch tán ẩm a_m theo nhiệt độ và vận tốc

TT TN	Vận tốc (m/s)	Nhiệt độ (°C)	G	S. 10^4	R ²	Bi	μ	a _m . 10^9	h _m . 10^7
1	0,43	35	1,0739	0,9328	0,9952	0,5099	0,6154	6,1580	6,2808
2		40	1,0649	1,0510	0,9949	0,4297	0,5803	7,7997	6,7045
3		45	1,0626	1,1405	0,9977	0,4099	0,5713	8,7335	7,1603
4	0,6	35	1,0728	0,9599	0,9956	0,4992	0,6108	6,4316	6,4224
5		40	1,0635	1,0632	0,9971	0,4174	0,5748	8,0447	6,7172
6		45	1,0600	1,1688	0,9979	0,3885	0,5617	9,2601	7,1967
7	1	35	1,0724	1,0005	0,9953	0,4958	0,6093	6,7363	6,6809
8		40	1,0638	1,1030	0,9972	0,4207	0,5762	8,3021	6,9865
9		45	1,0574	1,21288	0,998	0,3679	0,5521	9,9473	7,3192
10	1,4	35	1,0712	0,9865	0,9959	0,5092	0,6150	6,5190	6,6390
11		40	1,0642	1,0820	0,9974	0,4238	0,5776	8,1084	6,8739
12		45	1,0594	1,1902	0,9981	0,3838	0,5594	9,5070	7,2978
13	1,565 6	35	1,0729	0,9673	0,9955	0,5005	0,6113	6,4698	6,4776
14		40	1,0641	1,0740	0,9972	0,4226	0,5771	8,0598	6,8128
15		45	1,0596	1,1700	0,9980	0,3851	0,5600	9,3210	7,1800

Phụ lục 3.2: Kết quả xử lý thực nghiệm xác định hệ số truyền ẩm h_m , khuếch tán ẩm a_m của phấn hoa

Phụ lục 3.2.1: Kết quả phân tích phương sai hàm h_m của phấn hoa

ANOVA for h_m - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	1,1363077	1	1,1363077	1658,98	,0006
B:v	,0277371	1	,0277371	40,50	,0238
AB	,0033351	1	,0033351	4,87	,1581
AA	,0270255	1	,0270255	39,46	,0244
BB	,0901455	1	,0901455	131,61	,0075
Lack-of-fit	,0146506	3	,0048835	7,13	,1255
Pure error	,0013699	2	,0006849		
Total (corr.)	1,34345077	10			

R-squared = 0,988075 R-squared (adj. for d.f.) = 0,97615

Phụ lục 3.2.2: Kết quả phân tích phương sai hàm h_m sau khi loại bỏ các hệ số hồi quy không đủ độ tin cậy

ANOVA for h_m - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	1,1363077	1	1,1363077	1658,98	,0006
B:v	,0277371	1	,0277371	40,50	,0238
AA	,0270255	1	,0270255	39,46	,0244
BB	,0901455	1	,0901455	131,61	,0075
Lack-of-fit	,0179857	4	,0044964	6,56	,1365
Pure error	,0013699	2	,0006849		
Total (corr.)	1,34345077	10			

R-squared = 0,985593 R-squared (adj. for d.f.) = 0,975988

Phụ lục 3.2.3: Ước lượng tương tác của các hệ số hồi qui đối với hàm h_m của phần hoa

Estimated effects for h_m - 3 factor study

average =	6,97877	+/- 0,0151101
A:t =	0,75376	+/- 0,018506
B:v =	0,117765	+/- 0,018506
AA =	0,138358	+/- 0,0220265
BB =	-0,252692	+/- 0,0220265

Standard error estimated from pure error with 2 d.f. ($t = 4,30265$)

Phụ lục 3.2.4: Kết quả các hệ số hồi qui của hàm h_m của phần hoa

Regression coeffs. for h_m - 3 factor study

constant =	7,45433
A:t =	-0,145997
B:v =	1,72653
AA =	2,76717E-3
BB =	-0,789661

Phụ lục 3.2.5: Kết quả phân tích phương sai hàm a_m của phần hoa

ANOVA for a_m - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	16,625544	1	16,625544	8993,38	,0001
B:v	,061625	1	,061625	33,34	,0287
AB	,006344	1	,006344	3,43	,2051
AA	,099753	1	,099753	53,96	,0180
BB	,255080	1	,255080	137,98	,0072
Lack-of-fit	,014165	3	,004722	2,55	,2938
Pure error	,003697	2	,001849		
Total (corr.)	16,9970914	10			
R-squared =	0,998949				
					R-squared (adj. for d.f.) = 0,997898

Phụ lục P3.2.6: Kết quả phân tích phương sai hàm a_m sau khi loại bỏ các hệ số hồi quy không đủ độ tin cậy

ANOVA for a_m - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	16,625544	1	16,625544	8993,38	,0001
B:v	,061625	1	,061625	33,34	,0287
AA	,099753	1	,099753	53,96	,0180
BB	,255080	1	,255080	137,98	,0072
Lack-of-fit	,020509	4	,005127	2,77	,2822
Pure error	,003697	2	,001849		
Total (corr.)	16,9970914	10			

R-squared = 0,998576 R-squared (adj. for d.f.) = 0,997626

Phụ lục 3.2.7: Ước lượng tương tác của các hệ số hồi qui đối với hàm a_m của phần hoa

Estimated effects for a_m - 3 factor study

average =	8,31487	+/- 0,0248237
A:t =	2,88319	+/- 0,0304027
B:v =	0,175534	+/- 0,0304027
AA =	-0,265817	+/- 0,0361864
BB =	-0,425067	+/- 0,0361864

Standard error estimated from pure error with 2 d.f. ($t = 4,30265$)

Phụ lục 3.2.8: Kết quả các hệ số hồi qui của hàm a_m của phần hoa

constant =	-13,2718
A:t =	0,713625
B:v =	2,87608
AA =	-5,31633E-3
BB =	-1,32833

PHỤ LỤC 4: THIẾT KẾ MÁY SẤY BƠM NHIỆT

Phụ lục 4.1: Tính toán nhiệt chu trình và chọn thiết bị bơm nhiệt

* Cơ sở tính toán

Theo tính toán cân bằng nhiệt ẩm trong quá trình sấy bơm nhiệt ta có:

Năng suất gia nhiệt của dàn ngưng: $Q_{KS} = 1,403 \text{ kW}$.

Năng suất thu nhiệt của dàn lạnh: $Q_o = 1,39 \text{ kW}$.

4.1.1. Xác định chu trình và thông số làm việc

Chọn chu trình: chọn hệ thống bơm nhiệt làm việc theo chu trình quá lạnh, quá nhiệt với các thông số làm việc của chu trình như sau:

a. Nhiệt độ ngưng tụ

$$t_k = t_s + \Delta t_k = 40 + 12 = 52 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Trong đó: t_s – Nhiệt độ môi chất lạnh sấy $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Δt_k – Hiệu nhiệt độ ngưng tụ, chọn $\Delta t_k = 12 \text{ K}$.

b. Nhiệt độ bay hơi

Nhiệt độ sôi của môi chất lạnh có thể lấy như sau:

$$t_0 = t_{II} - \Delta t_0$$

$$t_0 = t_{II} - \Delta t_0 = 5 - 5 = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Trong đó:

t_{II} – nhiệt độ tác nhân sấy sau dàn bay hơi, $t_{II} = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Δt_0 – hiệu nhiệt độ giữa nhiệt bay hơi của môi chất lạnh, chọn $\Delta t_0 = 5 \text{ K}$.

c. Nhiệt độ quá nhiệt:

Chọn nhiệt độ môi chất lạnh ở đầu hút máy nén, $t_{qn} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

d. Nhiệt độ quá lạnh

Chọn nhiệt độ môi chất lạnh ở đầu vào tiết lưu, $t_{ql} = 49 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.1.2. Tính toán chu trình bơm nhiệt

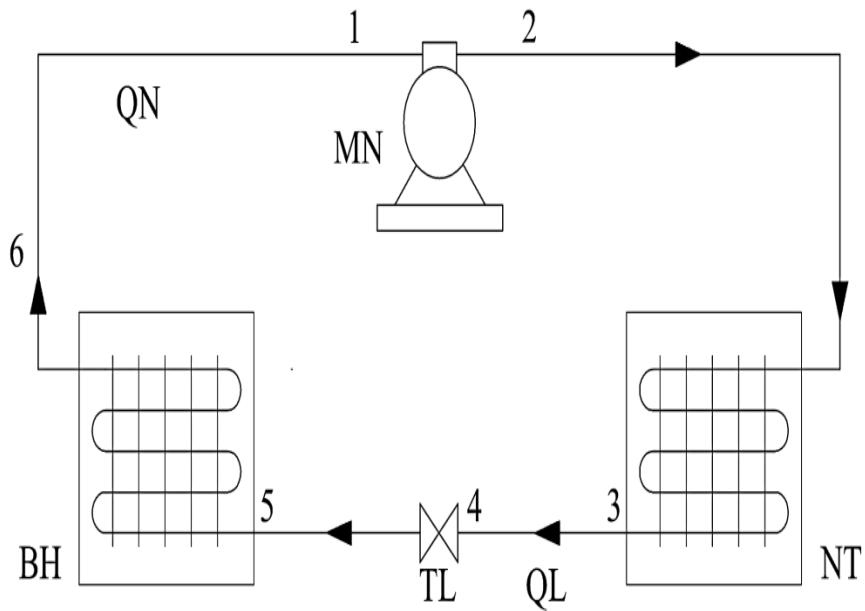
Tra bảng hơi bão hòa của môi chất lạnh R22 ta được:

Với: $t_0 = 0 \text{ }^{\circ}\text{C} \Rightarrow p_0 = 4,98 \text{ (bar)}$

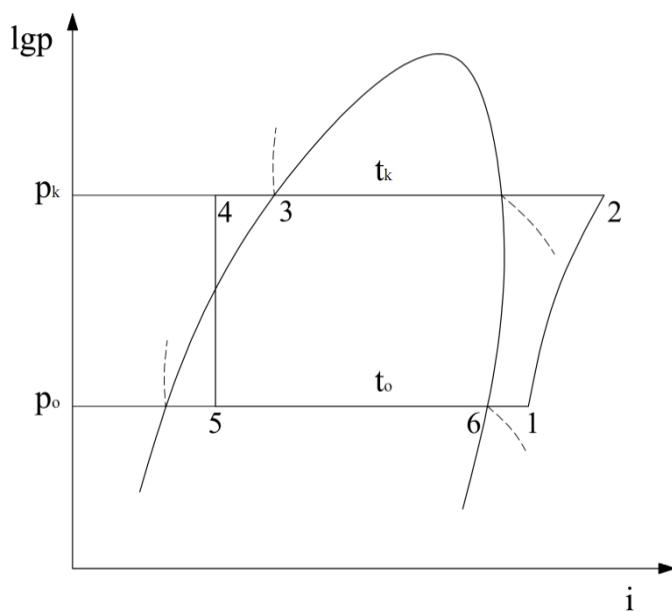
$$t_k = 52^\circ\text{C} \Rightarrow p_k = 20,33 \text{ (bar)}$$

$$\text{Tỷ số nén : } \pi = \frac{p_k}{p_o} = \frac{20,34}{4,98} = 4,08$$

Với $\pi = 4,08 < 12$ nên ta chọn chu trình máy nén 1 cấp.



Hình 4.1. Sơ đồ nguyên lý bơm nhiệt



Hình 4.2. Đồ thị logP-i

Bảng các thông số tại các điểm nút của chu trình

Điểm	Áp suất bar	Nhiệt độ °C	Enthapy kJ/kg	Entropi kJ/(kg.K)	Thể tích riêng m³/kg
1	4,98	15	416	1,802	$47,18 \cdot 10^{-3}$
2	20,33	94,6	454	1,802	
3	20,34	52	263		
4	20,34	49	260		
5	4,98	0	260		
6	4,98	0	405		

4.1.3. Tính toán lựa chọn thiết bị chính bơm nhiệt.**a. Máy nén**

Năng suất lạnh riêng:

$$q_0 = h_6 - h_5 = 405 - 260 = 145 \text{ kJ/kg}$$

Năng suất nhiệt thải riêng :

$$q_k = h_2 - h_3 = 454 - 260 = 194 \text{ kJ/kg}$$

Công nén riêng

$$l = h_2 - h_1 = 454 - 415 = 39 \text{ kJ/kg}$$

Lưu lượng môi chất qua máy nén :

$$m = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{1,39}{145} = 0,0096 \text{ kg/s}$$

Thể tích hơi thực tế hút vào xylyanh:

$$V_{tt} = m \cdot v_1 = 0,0096 \cdot 0,04718 = 0,00045 \text{ m}^3/\text{s}$$

Với tỷ số nén $\pi = 4,08$, ta được $\lambda = 0,68$

Thể tích hút lý thuyết của máy nén:

$$V_{lt} = \frac{V_{tt}}{\lambda} = \frac{0,00045}{0,68} = 0,00067 m^3 / s$$

Chọn máy nén với thể tích hút lý thuyết là:

$$V_{lt} = 0,00067 m^3/s$$

Công suất nén đoạn nhiệt:

$$N_s = m.l = 0,0096.39 = 0,351 kW$$

Công suất nén chỉ thị:

$$N_i = \frac{N_s}{\eta_i} = \frac{0,602}{0,84} = 0,418 kW$$

Trong đó: η_i : hiệu suất chỉ thị

$$\eta_i = \lambda_w + b.t_o$$

$$\lambda_w = \frac{T_0}{T_k} = \frac{273+0}{273+52} = 0,84$$

Đối với R22; chọn $b = 0,0025$

$$\eta_i = \lambda_w + b.t_o = 0,84 + 0,0025.0 = 0,84$$

Công nén hiệu dụng:

$$N_e = N_i / \eta_e = 0,418 / 0,90 = 0,464 kW$$

Công suất điện tiêu thụ:

$$N_{el} = \frac{N_e}{\eta_{td} \eta_{el}} = \frac{0,464}{0,9.0,8} = 0,65 (kW)$$

Trong đó: η_{el} : hiệu suất động cơ điện, chọn $\eta_{el} = 0,8$

η_{td} : hiệu suất truyền động, chọn $\eta_{td} = 0,9$

Công suất động cơ lắp đặt:

$$N_{dc} = (1,1 - 2,0) N_{el} = 1,3.0,889 = 1,17 kW$$

Chọn công suất động cơ của máy nén: $N_{dc} = 2HP = 1,5 \text{ kW}$. Tăng 22% so với công suất yêu cầu so với tính toán lý thuyết để bù vào hiệu suất của bơm nhiệt và cũng như thích hợp với lựa chọn máy nén có sẵn ở thị trường.

Để thuận tiện trong việc chế tạo hệ thống bơm nhiệt, ta chọn máy nén kín kiểu Roto lăn hăng Panasonic 2KS324D5CA04.

Năng suất thiết bị ngưng tụ (nhiệt thải ra ở dàn ngưng) :

$$Q_k = m \cdot q_k = 0,0096 \cdot 1941,39 + 0,464 = 1,86 \text{ (kW)}$$

b. Dàn ngưng máy sấy bơm nhiệt Q_{ks} :

Năng suất giải nhiệt của dàn ngưng theo tính toán:

$$Q_{ks} = 1,403 \text{ kW}$$

Năng suất giải nhiệt của dàn ngưng tính theo hệ số lắp đặt:

$$Q_{ksld} = 1,22 \cdot Q_{ks} = 1,712 \text{ kW}$$

Chọn dàn ngưng giải nhiệt bằng không khí đối lưu cưỡng bức

- Hệ số truyền nhiệt: $k = 20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Hiệu nhiệt độ trung bình logarit:

$$\Delta t_{max} = 52 - 5 = 47 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{min} = 52 - 40 = 12 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} = \frac{47 - 12}{\ln \frac{47}{12}} = 23,6$$

Trong đó: nhiệt độ không khí vào: $t_2' = 5 \text{ }^\circ\text{C}$

nhiệt độ không khí ra: $t_2'' = t_1 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của dàn ngưng:

$$Q_{ks} = k \cdot F \cdot \Delta t_{tb}$$

Vậy diện tích bề mặt trao đổi nhiệt là:

$$F = \frac{Q_{ks}}{k \cdot \Delta t_{tb}} = \frac{1,712 \cdot 10^3}{20 \cdot 23,6} = 3,6 \text{ m}^2$$

c. Dàn ngưng tụ phụ Q_{kp}

Phương trình cân bằng nhiệt

$$Q_k = Q_{ks} + Q_{kp}$$

Năng suất giải nhiệt của dàn ngưng phụ $Q_{kp} = Q_k - Q_{ks} = 1,86 - 1,403 = 0,46 \text{ kW}$

Năng suất giải nhiệt của dàn ngưng phụ tính theo hệ số lắp đặt:

$$Q_{kp\text{ld}} = 1,22 \cdot Q_{kp} = 0,56 \text{ kW}$$

Chọn dàn ngưng giải nhiệt bằng không khí đối lưu cường bức

- Hệ số truyền nhiệt: $k = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Hiệu nhiệt độ trung bình logarit:

$$\Delta t_{\max} = 52 - 30 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\min} = 52 - 40 = 12 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{22 - 12}{\ln \frac{22}{12}} = 16,55$$

Trong đó: nhiệt độ không khí vào: $t_2' = 30^\circ\text{C}$

nhiệt độ không khí ra: $t_2'' = 40^\circ\text{C}$

Xác định diện tích bì mặt trao đổi nhiệt của TBNT:

$$Q_{kT} = k \cdot F \cdot \Delta t_{tb}$$

Vậy diện tích bì mặt trao đổi nhiệt:

$$F = \frac{Q_{kT}}{k \cdot \Delta t_{tb}} = \frac{0,56 \cdot 10^3}{20 \cdot 16,55} = 1,7 \text{ m}^2$$

d. Tính chọn dàn bay hơi

Năng suất dàn lạnh theo tính toán : $Q_o = 1,39 \text{ kW}$.

Năng suất dàn lạnh theo tính hế số lắp đặt : $Q_{old} = 1,22 \cdot Q_o = 1,69 \text{ kW}$.

Chọn dàn bay hơi làm lạnh không khí đối lưu cường bức

- Chọn hệ số truyền nhiệt: $k = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Hiệu nhiệt độ trung bình logarit:

$$\Delta t_{\max} = 30 - 0 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\min} = 5 - 0 = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{30 - 5}{\ln \frac{30}{5}} = 13,96$$

Trong đó: nhiệt độ không khí vào: $t_2' = 30^\circ\text{C}$

nhiệt độ không khí ra: $t_2'' = t_{II} = 5^\circ\text{C}$

Xác định diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của TBBH:

$$Q_o = k \cdot F \cdot \Delta t_{tb}$$

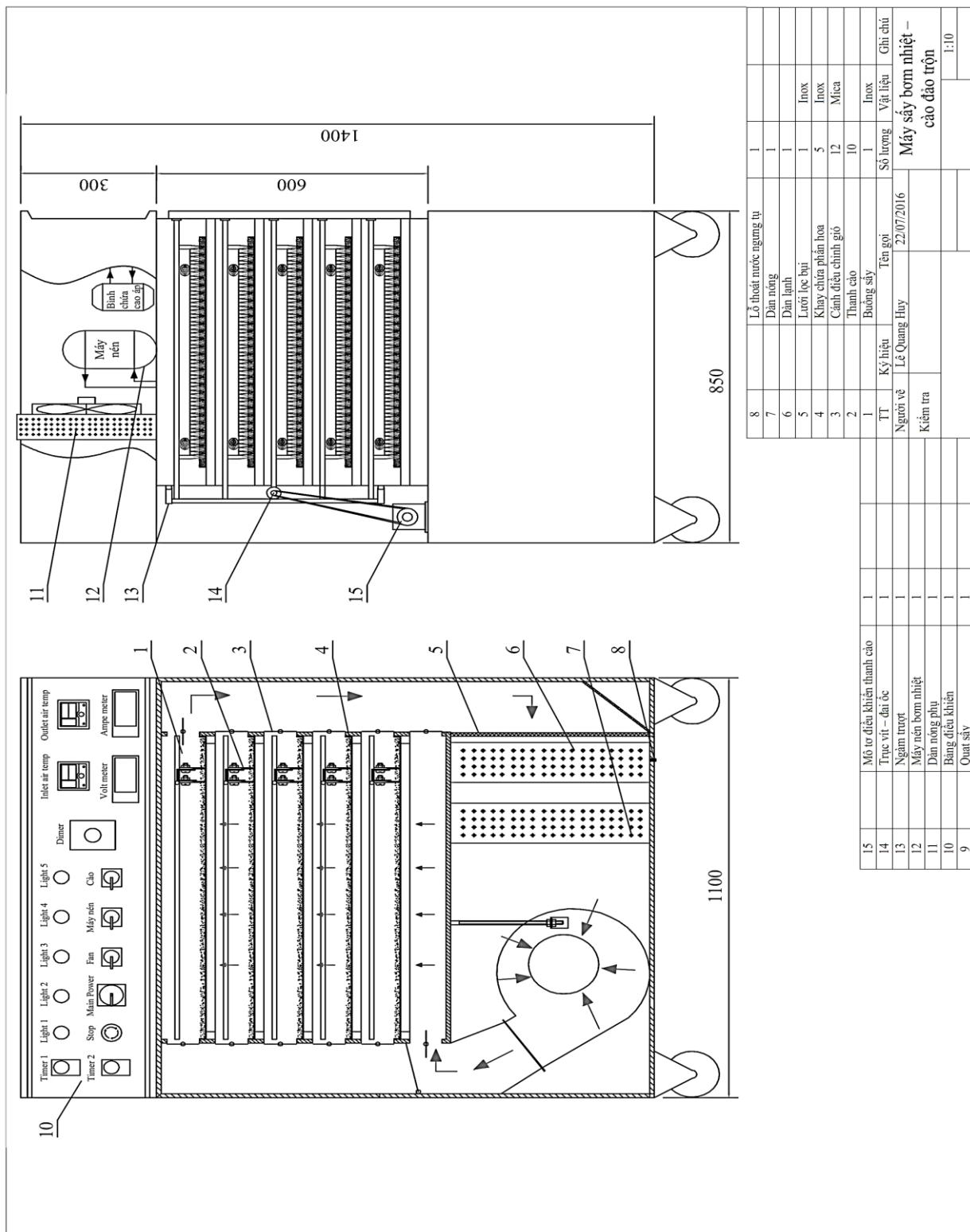
Vậy diện tích trao đổi nhiệt:

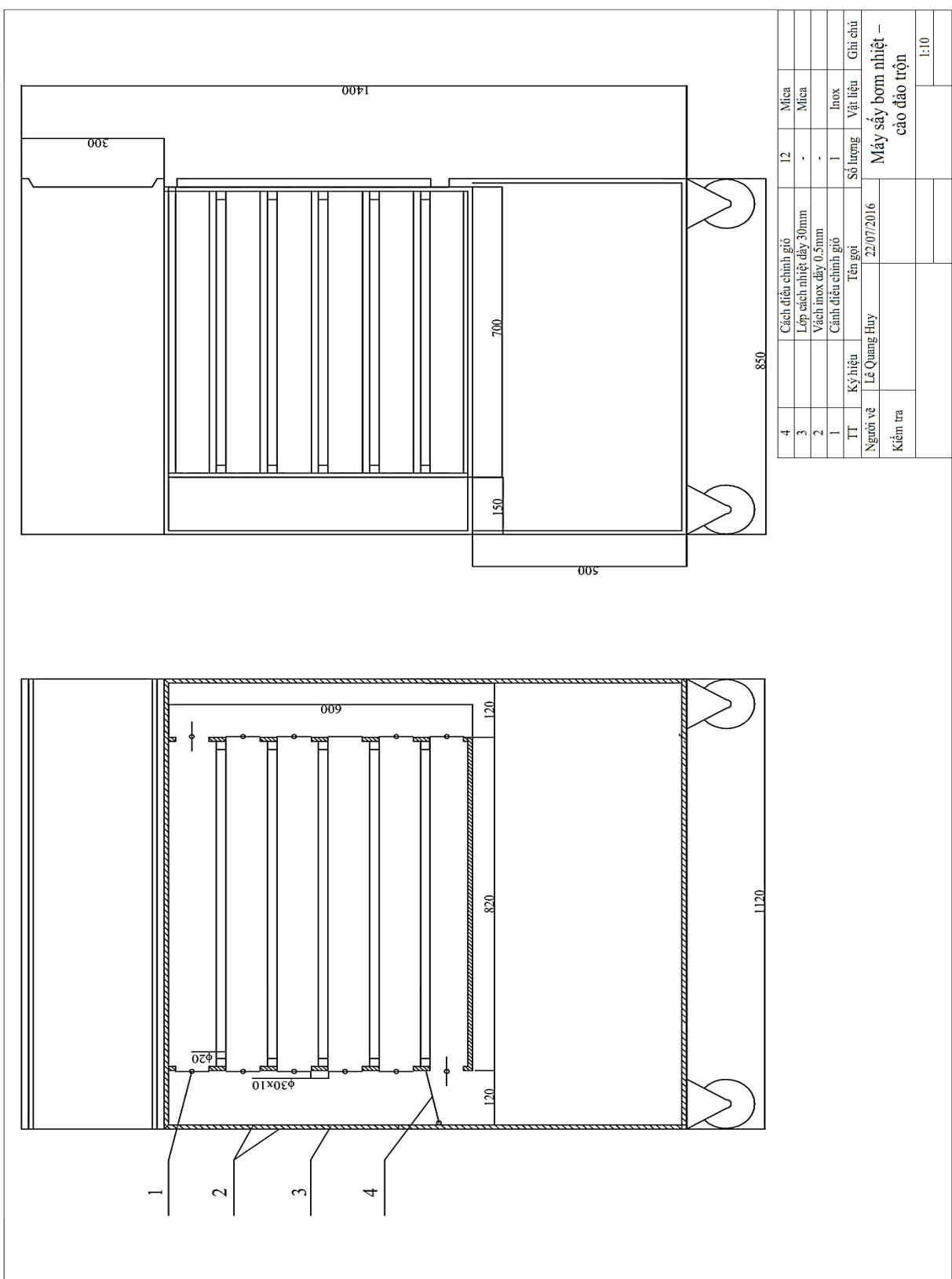
$$F = \frac{Q_o}{k \cdot \Delta t_{tb}} = \frac{1,69 \cdot 10^3}{20 \cdot 13,96} = 6,1 m^2$$

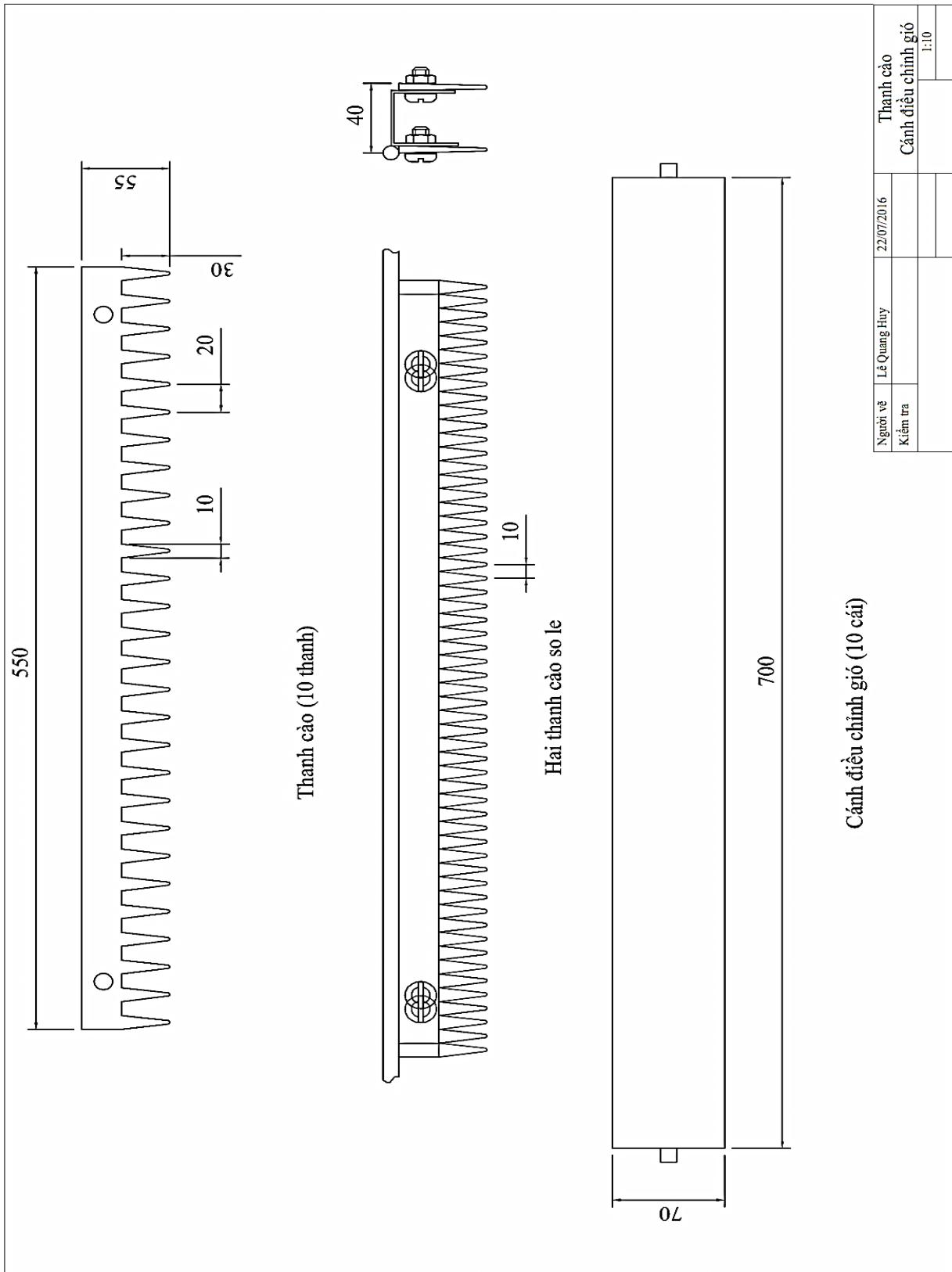
e. Tính chọn thiết bị phụ

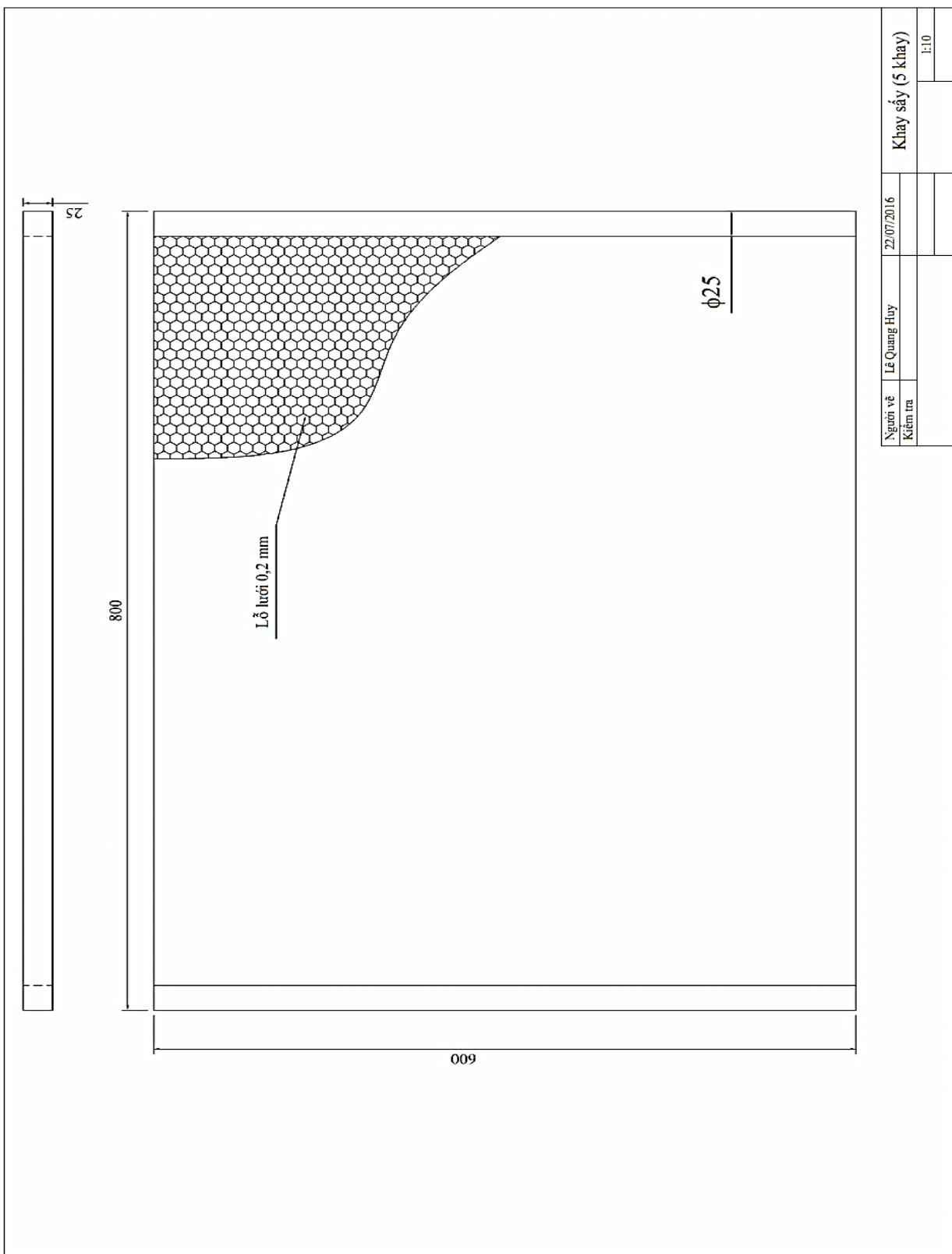
Các thiết bị phụ như bình chứa cao áp, đường ống, tiết lưu, phin lọc, măt gas,... được chọn đồng bộ theo năng suất lạnh và công suất động cơ của máy nén.

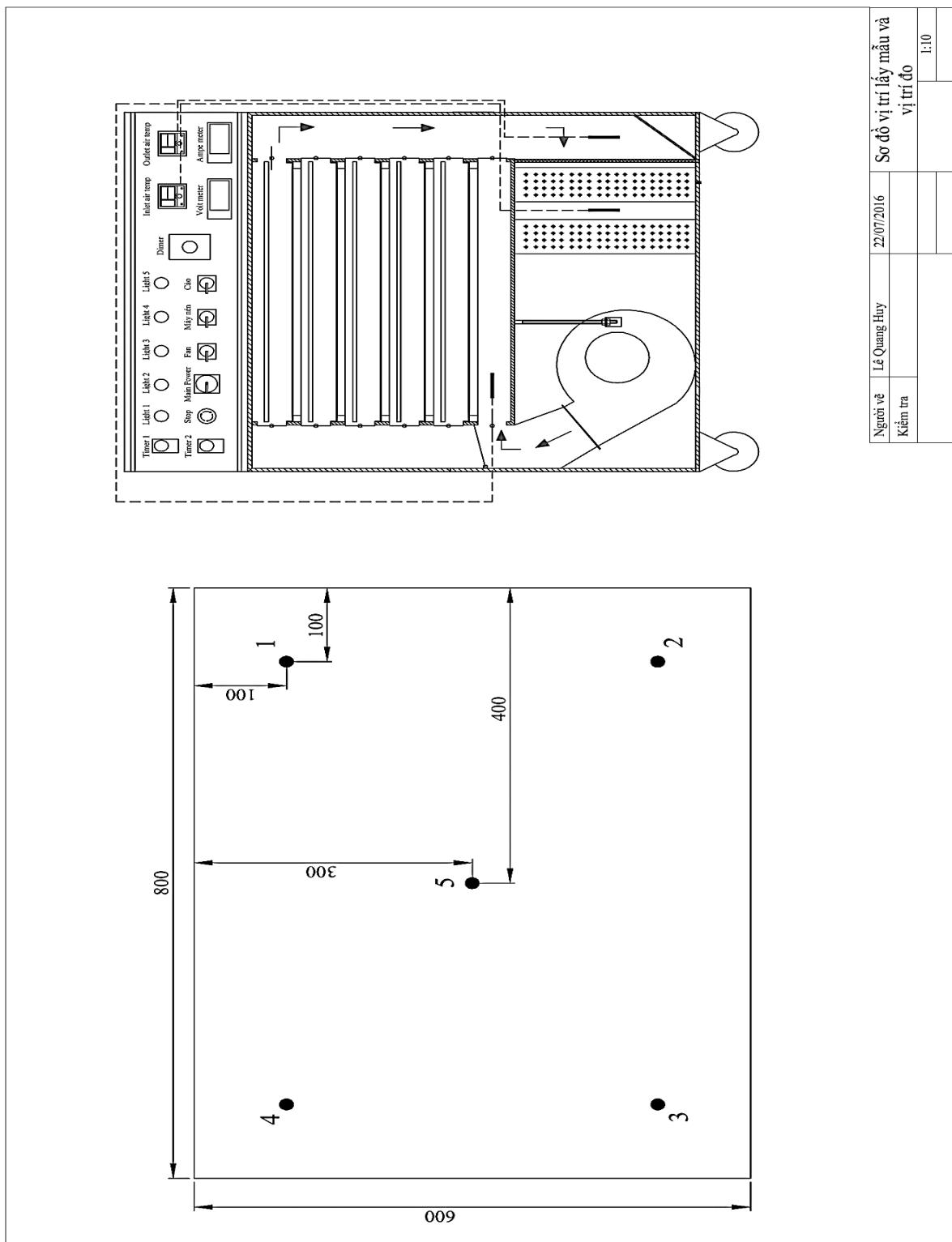
Phụ lục 4.2. Bản vẽ thiết kế máy sấy bơm nhiệt

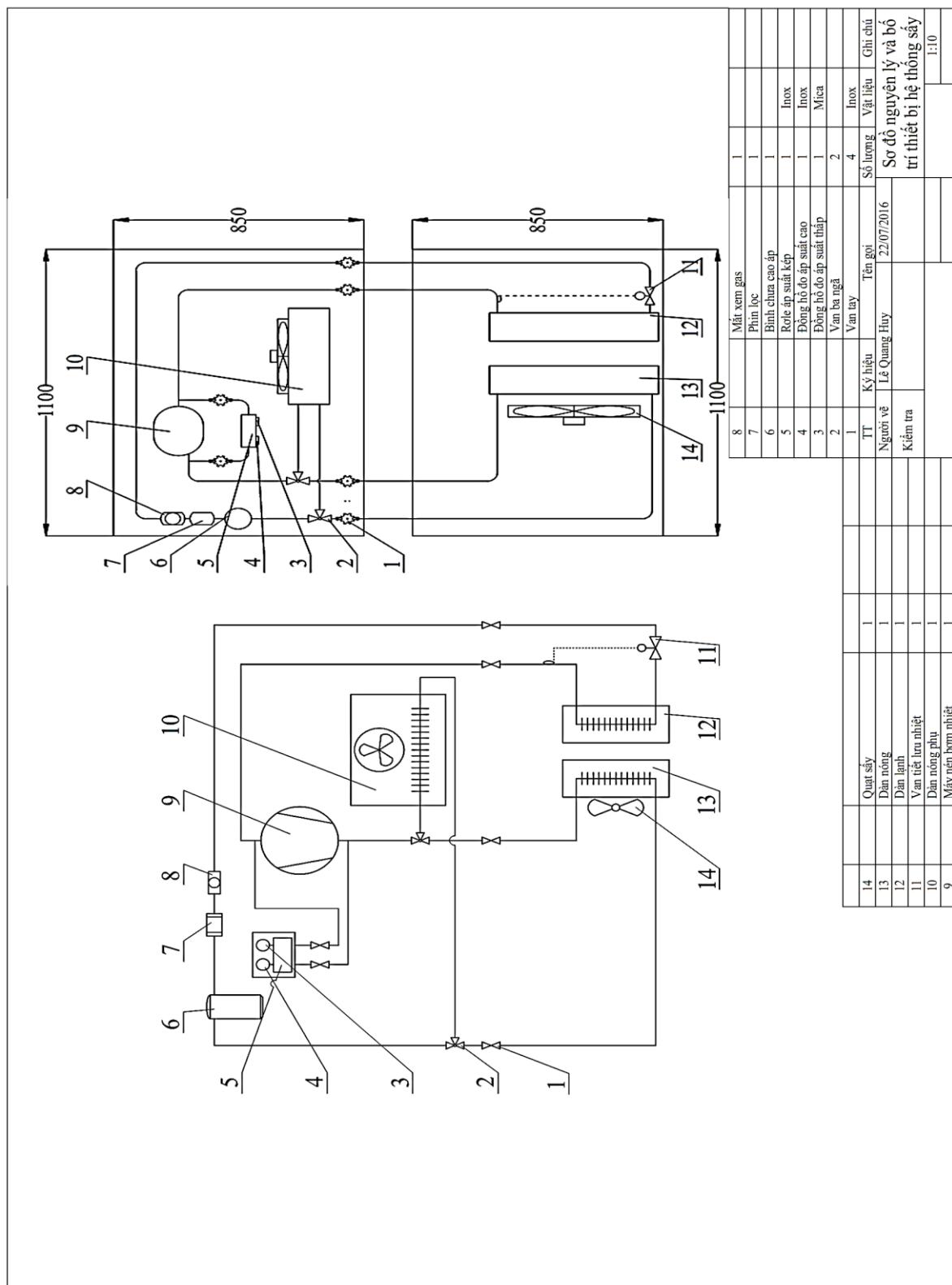












**PHỤ LỤC 5: KẾT QUẢ XỬ LÝ THÍ NGHIỆM THĂM DÒ ẢNH HƯỚNG
CỦA CƠ CẤU CÀO ĐÁO TRỘN**

Phụ lục 5.1: Kết quả thí nghiệm thăm dò (Ở nhiệt độ t = 40°C, v = 1,3 m/s)

Row tg	Ar	%M
1 10	0,88	73,75
2 10	0,93	73,85
3 10	0,94	73,60
4 20	0,98	75,10
5 20	0,99	75,05
6 20	1,00	75,00
7 30	1,05	76,10
8 30	1,07	76,45
9 30	1,05	76,20
10 40	1,10	76,55
11 40	1,08	76,35
12 40	1,06	76,25

Phụ lục 5.2: Kết quả phân tích phương sai thí nghiệm thăm dò

Analysis of Variance for TNTDM.Ar - Type III Sums of Squares

Source of variation Sum of Squares d.f. Mean square F-ratio Sig.level

MAIN EFFECTS

A:TNTDM.tg	,0485583	3	,0161861	38,847	,0000
RESIDUAL	,0033333	8	4,16667E-004		
TOTAL (CORRECTED)	,0518917	11			

0 missing values have been excluded.

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple range analysis for TNTDM.Ar by TNTDM.tg

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups			
10	3	,9166667	X			
20	3	,9900000	X			
30	3	1,0566667	X			
40	3	1,0800000	X			
contrast				difference	+/-	limits
10 - 20				-0,07333		0,03844 *
10 - 30				-0,14000		0,03844 *
10 - 40				-0,16333		0,03844 *
20 - 30				-0,06667		0,03844 *
20 - 40				-0,09000		0,03844 *
30 - 40				-0,02333		0,03844

Analysis of Variance for TNTDM.M - Type III Sums of Squares

Source of variation Sum of Squares d.f. Mean square F-ratio Sig.level

MAIN EFFECTS

A:TNTDM.tg	13,743958	3	4,5813194	247,082	,0000
RESIDUAL	,1483333	8	,0185417		
TOTAL (CORRECTED)	13,892292	11			

0 missing values have been excluded.

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple range analysis for TNTDM.M by TNTDM.tg

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
10	3	73,733333	X
20	3	75,050000	X
30	3	76,250000	X
40	3	76,383333	X
contrast			
		difference	+/- limits
10 - 20		-1,31667	0,25645 *
10 - 30		-2,51667	0,25645 *
10 - 40		-2,65000	0,25645 *
20 - 30		-1,20000	0,25645 *
20 - 40		-1,33333	0,25645 *
30 - 40		-0,13333	0,25645

**PHỤ LỤC 6: KẾT QUẢ XỬ LÝ THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ
LÀM VIỆC CỦA TBS THEO PHƯƠNG ÁN BẬC 1**

Phụ lục 6.1: Bảng ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm ở dạng mã hóa

run	x1	x2	x3	Y1	Y2	Y3
1	-1.	1.	1.	1,34	75,56	96,1
2	1.	-1.	1.	0,93	51,69	96,9
3	-1.	-1.	1.	1,32	75,28	96,2
4	0.	0.	0.	0,99	62,36	96,0
5	1.	1.	-1.	0,83	66,01	94,8
6	0.	0.	0.	1,03	63,20	96,1
7	1.	1.	1.	0,79	55,62	96,9
8	0.	0.	0.	0,99	64,04	95,9
9	0.	0.	0.	1,00	64,61	96,1
10	1.	-1.	-1.	0,87	55,06	94,7
11	-1.	1.	-1.	1,10	76,69	94,7
12	-1.	-1.	-1.	1,16	75,65	94,5
13	0.	0.	0.	1,03	65,45	95,8

Phụ lục 6.2: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₁ không có số hạng chéo ở dạng mã hóa

ANOVA for Y1 - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:x1	,2812500	1	,2812500	669,64	,0000
B:x2	,0060500	1	,0060500	14,40	,0192
C:x3	,0220500	1	,0220500	52,50	,0019
Lack-of-fit	,0282623	5	,0056525	13,46	,0130
Pure error	,0016800	4	,0004200		
Total (corr.)	,33929231	12			
R-squared = 0,911751				R-squared (adj. for d.f.) = 0,882334	

Phụ lục 6.3: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₁ có số hạng chéo ở dạng mã hóa

ANOVA for Y1 - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:x1	,2812500	1	,2812500	669,64	,0000
B:x2	,0060500	1	,0060500	14,40	,0192
C:x3	,0220500	1	,0220500	52,50	,0019
AB	,0024500	1	,0024500	5,83	,0731
AC	,0180500	1	,0180500	42,98	,0028
BC	,0000500	1	,0000500	,12	,7509
Lack-of-fit	,0077123	2	,0038562	9,18	,0320
Pure error	,0016800	4	,0004200		
Total (corr.)	,33929231	12			
R-squared = 0,972318			R-squared (adj. for d.f.) = 0,944636		

Phụ lục 6.4: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₂ không có số hạng chéo ở dạng mã hóa

ANOVA for Y2 - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:x1	699,38000	1	699,38000	483,78	,0000
B:x2	32,80500	1	32,80500	22,69	,0089
C:x3	29,10845	1	29,10845	20,13	,0109
Lack-of-fit	73,66844	5	14,73369	10,19	,0215
Pure error	5,78268	4	1,44567		
Total (corr.)	840,744569	12			
R-squared = 0,905499			R-squared (adj. for d.f.) = 0,873999		

Phụ lục 6.5: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₃ có số hạng chéo ở dạng mã hóa

ANOVA for Y2 - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:x1	699,38000	1	699,38000	483,78	,0000
B:x2	32,80500	1	32,80500	22,69	,0089
C:x3	29,10845	1	29,10845	20,13	,0109
AB	22,98420	1	22,98420	15,90	,0163
AC	18,78845	1	18,78845	13,00	,0227
BC	7,56605	1	7,56605	5,23	,0841
Lack-of-fit	24,32974	2	12,16487	8,41	,0369
Pure error	5,78268	4	1,44567		
Total (corr.)	840,744569	12			
R-squared = 0,964184			R-squared (adj. for d.f.) = 0,928367		

Phụ lục 6.6: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₃ không có số hạng chéo ở dạng mã hóa

ANOVA for Y3 - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:x1	,3403125	1	,3403125	23,47	,0084
B:x2	,0078125	1	,0078125	,54	,5110
C:x3	6,9378125	1	6,9378125	478,47	,0000
Lack-of-fit	,6837548	5	,1367510	9,43	,0247
Pure error	,0580000	4	,0145000		
Total (corr.)	8,02769231	12			
R-squared = 0,9076			R-squared (adj. for d.f.) = 0,876801		

Phụ lục 6.7: Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm ở dạng thực

run	t	v	tg	Ar	%C	%M
1	45.	1,4	10.	0,83	66,01	94,8
2	45.	1,4	30.	0,79	55,62	96,9
3	35.	1,4	10.	1,10	76,69	94,7

4	35.	0,6	30.	1,32	75,28	96,2
5	35.	1,4	30.	1,34	75,56	96,1
6	40.	1,0	20.	0,99	62,36	96,0
7	40.	1,0	20.	1,03	63,20	96,1
8	40.	1,0	20.	0,99	64,04	95,9
9	40.	1,0	20.	1,00	64,61	96,1
10	45.	0,6	10.	0,87	55,06	94,7
11	45.	0,6	30.	0,93	51,69	96,9
12	40.	1,0	20.	1,03	65,45	95,8
13	35.	0,6	10.	1,16	75,65	94,5

Phụ lục 6.8: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₃ có số hạng chéo ở dạng mã hóa

ANOVA for Y ₃ - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:x1	,3403125	1	,3403125	23,47	,0084
B:x2	,0078125	1	,0078125	,54	,5110
C:x3	6,9378125	1	6,9378125	478,47	,0000
AB	,0003125	1	,0003125	,02	,8919
AC	,1953125	1	,1953125	13,47	,0214
BC	,0153125	1	,0153125	1,06	,3622
Lack-of-fit	,4728173	2	,2364087	16,30	,0119
Pure error	,0580000	4	,0145000		
Total (corr.)	8,02769231	12			
R-squared = 0,933877			R-squared (adj. for d.f.) = 0,867753		

Phụ lục 6.9: Kết quả phân tích phương sai hàm Ar không có số hạng chéo ở dạng thực

ANOVA for Ar - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value

A:t	,2812500	1	,2812500	669,64	,0000
B:v	,0060500	1	,0060500	14,40	,0192
C:tg	,0220500	1	,0220500	52,50	,0019
Lack-of-fit	,0282623	5	,0056525	13,46	,0130
Pure error	,0016800	4	,0004200		
Total (corr.)	,33929231	12			
R-squared = 0,911751			R-squared (adj. for d.f.) = 0,882334		

Phụ lục 6.10: Kết quả phân tích phương sai hàm Ar có số hạng chéo ở dạng thực

ANOVA for Ar - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	,2812500	1	,2812500	669,64	,0000
B:v	,0060500	1	,0060500	14,40	,0192
C:tg	,0220500	1	,0220500	52,50	,0019
AB	,0024500	1	,0024500	5,83	,0731
AC	,0180500	1	,0180500	42,98	,0028
BC	,0000500	1	,0000500	,12	,7509
Lack-of-fit	,0077123	2	,0038562	9,18	,0320
Pure error	,0016800	4	,0004200		
Total (corr.)	,33929231	12			
R-squared = 0,972318			R-squared (adj. for d.f.) = 0,944636		

Phụ lục 6.11: Kết quả phân tích phương sai hàm C không có số hạng chéo

ANOVA for %C - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	699,38000	1	699,38000	483,78	,0000
B:v	32,80500	1	32,80500	22,69	,0089
C:tg	29,10845	1	29,10845	20,13	,0109
Lack-of-fit	73,66844	5	14,73369	10,19	,0215

Pure error	5,78268	4	1,44567
Total (corr.)	840,744569	12	
R-squared =	0,905499		R-squared (adj. for d.f.) = 0,873999

Phụ lục 6.12: Kết quả phân tích phương sai hàm c có số hạng chéo

ANOVA for %C - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	699,38000	1	699,38000	483,78	,0000
B:v	32,80500	1	32,80500	22,69	,0089
C:tg	29,10845	1	29,10845	20,13	,0109
AB	22,98420	1	22,98420	15,90	,0163
AC	18,78845	1	18,78845	13,00	,0227
BC	7,56605	1	7,56605	5,23	,0841
Lack-of-fit	24,32974	2	12,16487	8,41	,0369
Pure error	5,78268	4	1,44567		
Total (corr.)	840,744569	12			
R-squared =	0,964184			R-squared (adj. for d.f.) = 0,928367	

Phụ lục 6.13: Kết quả phân tích phương sai hàm M không có số hạng chéo

ANOVA for %M - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	,4050000	1	,4050000	23,82	,0082
B:v	,0050000	1	,0050000	,29	,6218
C:tg	6,8450000	1	6,8450000	402,65	,0000
Lack-of-fit	,6493077	5	,1298615	7,64	,0357
Pure error	,0680000	4	,0170000		
Total (corr.)	7,97230769	12			
R-squared =	0,910025			R-squared (adj. for d.f.) = 0,880033	

Phụ lục 6.14: Kết quả phân tích phương sai M có số hạng chéo ở dạng thực

ANOVA for %M - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	,4050000	1	,4050000	23,82	,0082
B:v	,0050000	1	,0050000	,29	,6218
C:tg	6,8450000	1	6,8450000	402,65	,0000
AB	,0000000	1	,0000000	,00	1,0000
AC	,1800000	1	,1800000	10,59	,0313
BC	,0200000	1	,0200000	1,18	,3391
Lack-of-fit	,4493077	2	,2246538	13,21	,0173
Pure error	,0680000	4	,0170000		
Total (corr.)	7,97230769	12			
R-squared =	0,935112		R-squared (adj. for d.f.) =	0,870224	

PHỤ LỤC 7: KẾT QUẢ XỬ LÝ THÍ NGIỆM THEO PHƯƠNG ÁN BẬC 2

Phụ lục 7.1: Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm ở dạng mã hóa

run	x1	x2	x3	Y1	Y2	Y3
1	1,681793	0,000000	0,000000	0,76	48,88	96,2
2	0,000000	0,000000	-1,681793	0,94	69,38	94,1
3	-1,000000	1,000000	1,000000	1,34	75,56	96,1
4	0,000000	0,000000	0,000000	0,99	62,36	96,0
5	0,000000	0,000000	0,000000	1,03	63,20	96,1
6	-1,000000	1,000000	-1,000000	1,10	76,69	94,7
7	1,000000	-1,000000	1,000000	0,93	51,69	96,9
8	-1,681793	0,000000	0,000000	1,40	80,34	95,3
9	1,000000	1,000000	-1,000000	0,83	66,01	94,8
10	0,000000	0,000000	0,000000	0,99	64,04	95,9
11	0,000000	1,681793	0,000000	0,98	73,60	96,5
12	0,000000	0,000000	0,000000	1,00	64,61	96,1
13	0,000000	0,000000	0,000000	1,03	65,45	95,8
14	1,000000	1,000000	1,000000	0,79	55,62	96,9
15	0,000000	0,000000	1,681793	1,09	56,18	97,5
16	0,000000	-1,681793	0,000000	1,25	61,52	95,4
17	-1,000000	-1,000000	-1,000000	1,16	75,65	94,5
18	1,000000	-1,000000	-1,000000	0,87	55,06	94,7
19	-1,000000	-1,000000	1,000000	1,32	75,28	96,2

Phụ lục 7.2: Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm ở dạng thực

run	t	v	tg	Ar	C	%M
1	48,408964	1,000000	20,000000	0,76	48,88	96,2
2	40,000000	1,000000	3,182072	0,94	69,38	94,1
3	35,000000	1,400000	30,000000	1,34	75,56	96,1

4	40,000000	1,000000	20,000000	0,99	62,36	96,0
5	40,000000	1,000000	20,000000	1,03	63,20	96,1
6	35,000000	1,400000	10,000000	1,10	76,69	94,7
7	45,000000	0,600000	30,000000	0,93	51,69	96,9
8	31,591036	1,000000	20,000000	1,40	80,34	95,3
9	45,000000	1,400000	10,000000	0,83	66,01	94,8
10	40,000000	1,000000	20,000000	0,99	64,04	95,9
11	40,000000	1,672717	20,000000	0,98	73,60	96,5
12	40,000000	1,000000	20,000000	1,00	64,61	96,1
13	40,000000	1,000000	20,000000	1,03	65,45	95,8
14	45,000000	1,400000	30,000000	0,79	55,62	96,9
15	40,000000	1,000000	36,817928	1,09	56,18	97,5
16	40,000000	0,327283	20,000000	1,25	61,52	95,4
17	35,000000	0,600000	10,000000	1,16	75,65	94,5
18	45,000000	0,600000	10,000000	0,87	55,06	94,7
19	35,000000	0,600000	30,000000	1,32	75,28	96,2

Phụ lục 7.3: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₁ ở dạng mã hóa lần 1

ANOVA for Y1 - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:x1	,4860245	1	,4860245	1157,20	,0000
B:x2	,0332719	1	,0332719	79,22	,0009
C:x3	,0330929	1	,0330929	78,79	,0009
AB	,0024500	1	,0024500	5,83	,0731
AC	,0180500	1	,0180500	42,98	,0028
BC	,0000500	1	,0000500	,12	,7509
AA	,0048195	1	,0048195	11,48	,0276
BB	,0132576	1	,0132576	31,57	,0049
CC	,0002397	1	,0002397	,57	,4996

Lack-of-fit	,0166305	5	,0033261	7,92	,0335
Pure error	,0016800	4	,0004200		
Total (corr.)	,60891579	18			
R-squared = 0,969929			R-squared (adj. for d.f.) = 0,939859		

Phụ lục 7.4: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₁ ở dạng mã hóa lần 2

ANOVA for Y1 - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:x1	,4860245	1	,4860245	1157,20	,0000
B:x2	,0332719	1	,0332719	79,22	,0009
C:x3	,0330929	1	,0330929	78,79	,0009
AC	,0180500	1	,0180500	42,98	,0028
AA	,0052537	1	,0052537	12,51	,0241
BB	,0140903	1	,0140903	33,55	,0044
Lack-of-fit	,0193702	8	,0024213	5,76	,0541
Pure error	,0016800	4	,0004200		
Total (corr.)	,60891579	18			
R-squared = 0,96543			R-squared (adj. for d.f.) = 0,948145		

Phụ lục 7.5: Ước lượng tương tác của các hệ số hồi quy đối với hàm mục tiêu Y₁

Estimated effects for Y1 - 3 factor study		
average =	1,00531	+/- 7,56282E-3
A:x1 =	-0,377297	+/- 0,0110912
B:x2 =	-0,0987173	+/- 0,0110912
C:x3 =	0,0984515	+/- 0,0110912
AC =	-0,095	+/- 0,0144914
AA =	0,0388115	+/- 0,0109736
BB =	0,0635602	+/- 0,0109736

Standard error estimated from pure error with 4 d.f. (t = 2,77743)

Phụ lục 7.6: Kết quả xử lý số liệu tính toán hệ số hồi quy hàm Y₁ ở dạng mã hóa

Regression coeffs. for Y1 - 3 factor study

constant = 1,00531
 A:x1 = -0,188649
 B:x2 = -0,0493587
 C:x3 = 0,0492258
 AC = -0,0475
 AA = 0,0194057
 BB = 0,0317801

$$Y_1 = 1,00531 - 0,188649 \cdot x_1 - 0,0493587 \cdot x_2 + 0,0492258 \cdot x_3 - 0,0475 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,0194057 \cdot x_1^2 + 0,0317801 \cdot x_2^2$$

Phụ lục 7.7: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₁ ở dạng thực lần 1

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	,4860245	1	,4860245	1157,20	,0000
B:v	,0332719	1	,0332719	79,22	,0009
C:tg	,0330929	1	,0330929	78,79	,0009
AB	,0024500	1	,0024500	5,83	,0731
AC	,0180500	1	,0180500	42,98	,0028
BC	,0000500	1	,0000500	,12	,7509
AA	,0048195	1	,0048195	11,48	,0276
BB	,0132576	1	,0132576	31,57	,0049
CC	,0002397	1	,0002397	,57	,4996
Lack-of-fit	,0166305	5	,0033261	7,92	,0335
Pure error	,0016800	4	,0004200		
Total (corr.)	,60891579	18			
R-squared = 0,969929			R-squared (adj. for d.f.) = 0,939859		

Phụ lục 7.8: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₁ ở dạng thực lần 2

ANOVA for Ar - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	,4860245	1	,4860245	1157,20	,0000
B:v	,0332719	1	,0332719	79,22	,0009
C:tg	,0330929	1	,0330929	78,79	,0009
AC	,0180500	1	,0180500	42,98	,0028
AA	,0052537	1	,0052537	12,51	,0241
BB	,0140903	1	,0140903	33,55	,0044
Lack-of-fit	,0193702	8	,0024213	5,76	,0541
Pure error	,0016800	4	,0004200		
Total (corr.)	,60891579	18			
R-squared = 0,96543			R-squared (adj. for d.f.) = 0,948145		

Phụ lục 7.9: Ước lượng tương tác của các hệ số hồi quy đối với hàm mục tiêu Ar

Estimated effects for Ar - 3 factor study

average =	1,00531	+/- 7,56282E-3
A:t =	-0,377297	+/- 0,0110912
B:v =	-0,0987173	+/- 0,0110912
C:tg =	0,0984515	+/- 0,0110912
AC =	-0,095	+/- 0,0144914
AA =	0,0388115	+/- 0,0109736
BB =	0,0635602	+/- 0,0109736

Standard error estimated from pure error with 4 d.f. (t = 2,77743)

Phụ lục 7.10: Kết quả xử lý số liệu tính toán hệ số hồi quy hàm Ar ở dạng thực

Regression coeffs. for Ar - 3 factor study

constant = 3,22004

A:t = -0,0808281
 B:v = -0,520648
 C:tg = 0,0429226
 AC = -9,5E-4
 AA = 7,76229E-4
 BB = 0,198626

$$\begin{aligned}
 Ar = & 3,22004 - 0,0808281.t - 0,520648. v + 0,0429226.tg - 9,5,10^{-4}.t.tg + \\
 & 7,76229.10^{-4}.t^2 + 0,198626.v^2
 \end{aligned}$$

Phụ lục 7.11: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₂ ở dạng mã hóa lần 1

ANOVA for Y₂ - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:x1	1194,2458	1	1194,2458	826,08	,0000
B:x2	97,6376	1	97,6376	67,54	,0012
C:x3	102,7489	1	102,7489	71,07	,0011
AB	22,9842	1	22,9842	15,90	,0163
AC	18,7885	1	18,7885	13,00	,0227
BC	7,5660	1	7,5660	5,23	,0841
AA	3,9476	1	3,9476	2,73	,1738
BB	34,1090	1	34,1090	23,59	,0083
CC	,1629	1	,1629	,11	,7574
Lack-of-fit	32,7471	5	6,5494	4,53	,0842
Pure error	5,7827	4	1,4457		
Total (corr.)	1519,96652	18			
R-squared = 0,974651			R-squared (adj. for d.f.) = 0,949302		

Phụ lục 7.12: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₂ ở dạng mã hóa lần 2

ANOVA for Y₂ - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:x1	1194,2458	1	1194,2458	826,08	,0000
B:x2	97,6376	1	97,6376	67,54	,0012
C:x3	102,7489	1	102,7489	71,07	,0011
AB	22,9842	1	22,9842	15,90	,0163
AC	18,7885	1	18,7885	13,00	,0227
BB	33,0240	1	33,0240	22,84	,0088
Lack-of-fit	44,7550	8	5,5944	3,87	,1035
Pure error	5,7827	4	1,4457		
Total (corr.)	1519,96652	18			
R-squared = 0,966751			R-squared (adj. for d.f.) = 0,950126		

Phụ lục 7.13: Ước lượng tương tác của các hệ số hồi quy đối với hàm mục tiêu Y2

Estimated effects for Y2 - 3 factor study

average = 64,2253 +/- 0,358813
A:x1 = -18,7026 +/- 0,650713
B:x2 = 5,34765 +/- 0,650713
C:x3 = -5,48584 +/- 0,650713
AB = 3,39 +/- 0,850197
AC = -3,065 +/- 0,850197
BB = 3,05176 +/- 0,638513

Standard error estimated from pure error with 4 d.f. (t = 2,77743)

Phụ lục 7.14: Kết quả xử lý số liệu tính toán hệ số hồi quy hàm Y2 ở dạng mã hóa

Regression coeffs. for Y2 - 3 factor study

constant = 64,2253
A:x1 = -9,35129
B:x2 = 2,67383

$$C:x_3 = -2,74292$$

$$AB = 1,695$$

$$AC = -1,5325$$

$$BB = 1,52588$$

$$Y_2 = 64,2253 - 9,35129.x_1 + 2,67383.x_2 - 2,74292.x_3 + 1,695.x_1.x_2 - 1,5325x_1.x_3 + 1,52588.x_2^2$$

Phụ lục 7.15: Kết quả phân tích phương sai hàm C ở dạng thực lần 1

ANOVA for %C - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	1194,2458	1	1194,2458	826,08	,0000
B:v	97,6376	1	97,6376	67,54	,0012
C:tg	102,7489	1	102,7489	71,07	,0011
AB	22,9842	1	22,9842	15,90	,0163
AC	18,7885	1	18,7885	13,00	,0227
BC	7,5660	1	7,5660	5,23	,0841
AA	3,9476	1	3,9476	2,73	,1738
BB	34,1090	1	34,1090	23,59	,0083
CC	,1629	1	,1629	,11	,7574
Lack-of-fit	32,7471	5	6,5494	4,53	,0842
Pure error	5,7827	4	1,4457		
Total (corr.)	1519,96652	18			
R-squared = 0,974651			R-squared (adj. for d.f.) = 0,949302		

Phụ lục 7.16: Kết quả phân tích phương sai hàm C ở dạng thực lần 2

ANOVA for %C - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	1194,2458	1	1194,2458	826,08	,0000
B:v	97,6376	1	97,6376	67,54	,0012
C:tg	102,7489	1	102,7489	71,07	,0011

AB	22,9842	1	22,9842	15,90	,0163
AC	18,7885	1	18,7885	13,00	,0227
BB	33,0240	1	33,0240	22,84	,0088
Lack-of-fit	44,7550	8	5,5944	3,87	,1035
Pure error	5,7827	4	1,4457		
Total (corr.)	1519,96652	18			
R-squared = 0,966751			R-squared (adj. for d.f.) = 0,950126		

Phụ lục 7.17: Ước lượng tương tác của các hệ số hồi quy đối với hàm mục tiêu C

Estimated effects for %C - 3 factor study

average	=	64,2253	+/-	0,358813
A:t	=	-18,7026	+/-	0,650713
B:v	=	5,34765	+/-	0,650713
C:tg	=	-5,48584	+/-	0,650713
AB	=	3,39	+/-	0,850197
AC	=	-3,065	+/-	0,850197
BB	=	3,05176	+/-	0,638513

Standard error estimated from pure error with 4 d.f. ($t = 2,77743$)

Phụ lục 7.18: Kết quả xử lý số liệu tính toán hệ số hồi quy hàm C ở dạng thực

Regression coeffs. for %C - 3 factor study

constant	=	156,754
A:t	=	-2,10476
B:v	=	-46,2889
C:tg	=	0,951708
AB	=	0,8475
AC	=	-0,03065
BB	=	9,53674

$$\%C = 156,754 - 2,10476.t - 46,2889.v + 0,951708.tg + 0,8475.t.v - 0,03065.t.tg + 9,53674.v^2$$

Phụ lục 7.19: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₃ ở dạng mã hóa lần 1

ANOVA for Y3 - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:x1	,803994	1	,803994	47,29	,0023
B:x2	,307713	1	,307713	18,10	,0131
C:x3	12,600591	1	12,600591	741,21	,0000
AB	,000000	1	,000000	,00	1,0000
AC	,180000	1	,180000	10,59	,0313
BC	,020000	1	,020000	1,18	,3391
AA	,227761	1	,227761	13,40	,0216
BB	,046653	1	,046653	2,74	,1729
CC	,169687	1	,169687	9,98	,0342
Lack-of-fit	,498513	5	,099703	5,86	,0556
Pure error	,068000	4	,017000		
Total (corr.)	14,8368421	18			
R-squared = 0,961817			R-squared (adj. for d.f.) = 0,923634		

Phụ lục 7.20: Kết quả phân tích phương sai hàm Y₃ ở dạng mã hóa lần 2

ANOVA for Y3 - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:x1	,803994	1	,803994	47,29	,0023
B:x2	,307713	1	,307713	18,10	,0131
C:x3	12,600591	1	12,600591	741,21	,0000
AC	,180000	1	,180000	10,59	,0313
AA	,202865	1	,202865	11,93	,0259
CC	,147746	1	,147746	8,69	,0421
Lack-of-fit	,565166	8	,070646	4,16	,0925
Pure error	,068000	4	,017000		
Total (corr.)	14,8368421	18			
R-squared = 0,957325			R-squared (adj. for d.f.) = 0,935987		

Phụ lục 7.21: Ước lượng tương tác của các hệ số hồi quy đối với hàm mục tiêu Y3

Estimated effects for Y3 - 3 factor study

average = 95,9343 +/- 0,0481153
 A:x1 = 0,485267 +/- 0,0705633
 B:x2 = 0,300211 +/- 0,0705633
 C:x3 = 1,9211 +/- 0,0705633
 AC = 0,3 +/- 0,0921954
 AA = -0,241173 +/- 0,0698152
 CC = -0,205818 +/- 0,0698152

Standard error estimated from pure error with 4 d.f. ($t = 2,77743$)

Phụ lục 7.22: Kết quả xử lý số liệu tính toán hệ số hồi quy hàm Y₃ ở dạng mã hóa

Regression coeffs. for Y3 - 3 factor study

constant = 95,9343
 A:x1 = 0,242634
 B:x2 = 0,150106
 C:x3 = 0,96055
 AC = 0,15
 AA = -0,120587
 CC = -0,102909

$$Y_3 = 95,9343 + 0,242634.x_1 + 0,150106.x_2 + 0,96055.x_3 + 0,15.x_1.x_3 - 0,120587.x_1^2 - 0,102909.x_3^2$$

Phụ lục 7.23: Kết quả phân tích phương sai hàm M ở dạng thực lần 1

ANOVA for %M - 3 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	,803994	1	,803994	47,29	,0023
B:v	,307713	1	,307713	18,10	,0131

C:tg	12,600591	1	12,600591	741,21	,0000
AB	,000000	1	,000000	,00	1,0000
AC	,180000	1	,180000	10,59	,0313
BC	,020000	1	,020000	1,18	,3391
AA	,227761	1	,227761	13,40	,0216
BB	,046653	1	,046653	2,74	,1729
CC	,169687	1	,169687	9,98	,0342
Lack-of-fit	,498513	5	,099703	5,86	,0556
Pure error	,068000	4	,017000		
Total (corr.)	14,8368421	18			
R-squared = 0,961817			R-squared (adj. for d.f.) = 0,923634		

Phụ lục 7.24: Kết quả phân tích phương sai hàm M ở dạng thực lần 2

ANOVA for %M - 3 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:t	,803994	1	,803994	47,29	,0023
B:v	,307713	1	,307713	18,10	,0131
C:tg	12,600591	1	12,600591	741,21	,0000
AC	,180000	1	,180000	10,59	,0313
AA	,202865	1	,202865	11,93	,0259
CC	,147746	1	,147746	8,69	,0421
Lack-of-fit	,565166	8	,070646	4,16	,0925
Pure error	,068000	4	,017000		
Total (corr.)	14,8368421	18			
R-squared = 0,957325			R-squared (adj. for d.f.) = 0,935987		

Phụ lục 7.25: Ước lượng tương tác của các hệ số hồi quy đối với hàm mục tiêu M

Estimated effects for %M - 3 factor study
average = 95,9343 +/- 0,0481153

A:t = 0,485267 +/- 0,0705633
 B:v = 0,300211 +/- 0,0705633
 C:tg = 1,9211 +/- 0,0705633
 AC = 0,3 +/- 0,0921954
 AA = -0,241173 +/- 0,0698152
 CC = -0,205818 +/- 0,0698152

Standard error estimated from pure error with 4 d.f. ($t = 2,77743$)

Phụ lục 7.26: Kết quả xử lý số liệu tính toán hệ số hồi quy hàm M ở dạng thực

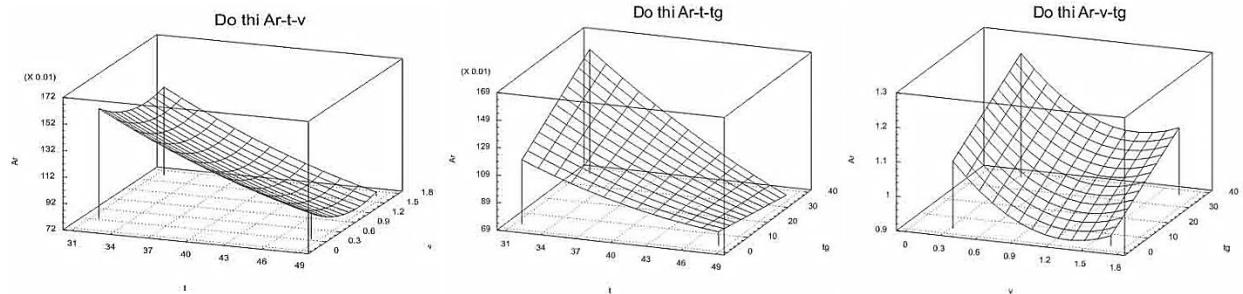
Regression coeffs. for %M - 3 factor study

constant = 85,9677
 A:factor_A = 0,374404
 B:factor_B = 0,375264
 C:factor_C = 0,0172186
 AC = 3E-3
 AA = -4,82347E-3
 CC = -1,02909E-3

$$\begin{aligned}
 \%M = & 85,9677 + 0,374404.t + 0,375264.v + 0,0172186.tg + 3,10^{-3}.t.tg - \\
 & 4,82347.10^{-3}.t^2 - 1,02909.10^{-3}.tg^2
 \end{aligned}$$

Phụ lục 8: KẾT QUẢ PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC HỆ SỐ HỒI QUY TÓI MÔ HÌNH THỐNG KÊ THỰC NGHIỆM

Phụ lục 8.1: Đồ thị ảnh hưởng chi phí điện năng riêng (Ar):

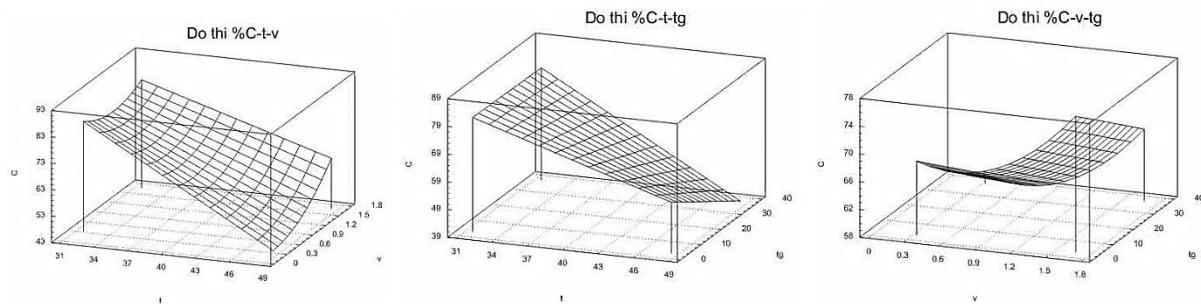


Ảnh hưởng t – v đến Ar

Ảnh hưởng t – tg đến Ar

Ảnh hưởng v – tg đến Ar

Phụ lục 8.2: Đồ thị ảnh hưởng phần trăm hàm lượng vitamin C (%C):

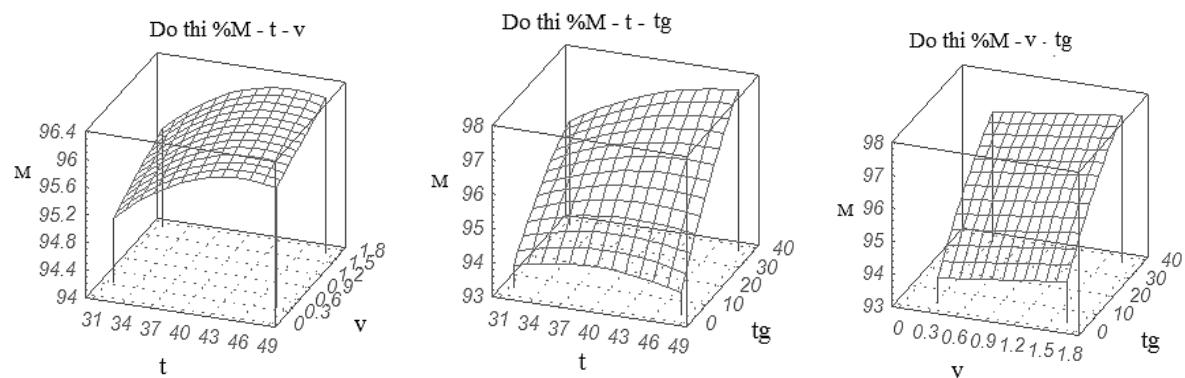


Ảnh hưởng t – v đến %C

Ảnh hưởng t – tg đến %C

Ảnh hưởng v – tg đến %C

Phụ lục 8.3: Đồ thị ảnh hưởng tỉ lệ thu hồi sản phẩm %M:



Ảnh hưởng t – v đến %M

Ảnh hưởng t – tg đến %M

Ảnh hưởng v – tg đến %M

PHỤ LỤC 9: KẾT QUẢ GIẢI CÁC BÀI TOÁN TỐI UƯ

Phụ lục 9.1 Kết quả giải bài toán 1

Objective Cell (Min)				
Cell	Name	Original Value	Final Value	
\$D\$13	Ar	3,22004	0,672156242	
Variable Cells				
Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$D\$10	t	0	48,41	Contin
\$D\$11	v	0	1,309556121	Contin
\$D\$12	tg	0	36,82	Contin
Constraints				
Cell	Name	Cell Value	Formula	Status
\$D\$10	t	48,41	\$D\$10	Binding
\$D\$10	t	48,41	\$D\$10	Not Binding
\$D\$11	v	1,309556121	\$D\$11	Not Binding
\$D\$11	v	1,309556121	\$D\$11	Not Binding
\$D\$12	tg	36,82	\$D\$12	Binding
\$D\$12	tg	36,82	\$D\$12	Not Binding

Phụ lục 9.2. Kết quả giải bài toán 2:

Objective Cell (Max)				
Cell	Name	Original Value	Final Value	
\$D\$14	%C	44,73695363	84,81022775	
Variable Cells				
Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$D\$10	t	48,41	31,59	Contin
\$D\$11	v	1,309556121	0,33	Contin
\$D\$12	tg	36,82	3,18	Contin
Constraints				
Cell	Name	Cell Value	Formula	Status
\$D\$10	t	31,59	\$D\$10	Not Binding
\$D\$10	t	31,59	\$D\$10	Binding
\$D\$11	v	0,33	\$D\$11	Not Binding
\$D\$11	v	0,33	\$D\$11	Binding
\$D\$12	tg	3,18	\$D\$12	Not Binding
\$D\$12	tg	3,18	\$D\$12	Binding

Phụ lục 9.3. Kết quả giải bài toán 3:

Objective Cell (Max)				
Cell	Name	Original Value	Final Value	
\$D\$21	%M	85,9677	98,00155989	
Variable Cells				
Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$D\$18	t	0	48,41	Contin
\$D\$19	v	0	1,67	Contin
\$D\$20	tg	0	36,82	Contin
Constraints				
Cell	Name	Cell Value	Formula	Status
\$D\$18	t	48,41	\$D\$18	Binding
\$D\$18	t	48,41	\$D\$18	Not Binding
\$D\$19	v	1,67	\$D\$19	Binding
\$D\$19	v	1,67	\$D\$19	Not Binding
\$D\$20	tg	36,82	\$D\$20	Binding
\$D\$20	tg	36,82	\$D\$20	Not Binding

Phụ lục 9.4. Kết quả giải bài toán 4:

Objective Cell (Value Of)				
Cell	Name	Original Value	Final Value	
\$D\$13	Ar	3,22004	0,930030549	
Variable Cells				
Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$D\$10	t	0	40,71308716	Contin
\$D\$11	v	0	1,419346081	Contin
\$D\$12	tg	0	12,47263693	Contin
Constraints				
Cell	Name	Cell Value	Formula	Status
\$D\$14	%C	69,8547832	\$D\$14>=69	Not Binding
\$D\$15	%M	95,32637151	\$D\$15>=95	Not Binding
\$D\$13	Ar	0,930030549	\$D\$13>=95	Binding
\$D\$10	t	40,71308716	\$D\$10>=95	Not Binding
\$D\$10	t	40,71308716	\$D\$10>=95	Not Binding
\$D\$11	v	1,419346081	\$D\$11>=95	Not Binding
\$D\$11	v	1,419346081	\$D\$11>=95	Not Binding
\$D\$12	tg	12,47263693	\$D\$12>=95	Not Binding
\$D\$12	tg	12,47263693	\$D\$12>=95	Not Binding

PHỤ LỤC 10: BẢNG MỐI QUAN HỆ

$$W_{(0,\tau)}/W_{(0,\infty)} = f(Bi_m, Fo_m)$$

Fo_m	Bi_m	μ₁	μ₂	μ₃	μ₄	θ_{mtb}	1 - θ_{mtb}
2,1	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,522544	0,477455
2,2	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,505741	0,494258
2,3	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,489479	0,510520
2,4	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,473739	0,526260
2,5	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,458506	0,541493
2,6	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,443762	0,556237
2,7	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,429493	0,570506
2,9	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,402315	0,597684
3,0	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,389379	0,610620
3,1	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,376858	0,623141
3,2	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,364740	0,635259
3,3	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,353011	0,646988
3,4	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,341660	0,658339
3,5	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,330674	0,669325
3,6	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,320041	0,679958
3,7	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,309749	0,690250
3,8	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,299789	0,700210

3,9	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,290149	0,709850
4,0	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,280819	0,719180
4,1	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,271789	0,728210
4,2	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,263050	0,736949
4,3	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,254591	0,745408
4,4	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,246404	0,753595
4,5	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,238481	0,761518
4,6	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,230813	0,769186
4,7	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,223391	0,776608
4,8	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,216207	0,783792
4,9	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,209255	0,790744
5,0	0,37	0,5717	3,2561	6,3421	9,4643	0,202526	0,797473
2,1	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,544503	0,455496
2,2	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,525676	0,474320
2,3	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,507500	0,492499
2,5	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,473011	0,526988
2,6	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,456656	0,543343
2,7	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,440866	0,559133
2,8	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,425623	0,574376
2,9	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,410906	0,589093
3,0	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,396698	0,603301

3,1	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,382982	0,617017
3,1	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,374980	0,625019
3,3	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,356955	0,643044
3,4	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,344613	0,655386
3,5	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,332697	0,667302
3,6	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,321193	0,678806
3,7	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,310088	0,689911
3,8	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,299366	0,700633
3,9	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,289015	0,710984
4,0	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,279022	0,720977
4,1	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,269374	0,730625
4,2	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,260060	0,739939
4,3	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,251068	0,748931
4,3	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,246689	0,753310
4,3	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,244959	0,755040
4,3	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,244099	0,755900
4,4	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,242387	0,757612
4,5	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,232201	0,767798
4,6	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,225915	0,774084
5,0	0,4	0,5932	3,2636	6,3461	9,467	0,196252	0,803747
2,1	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,421158	0,578842

2,2	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,404188	0,595812
2,3	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,387903	0,612097
2,4	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,372273	0,627727
2,5	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,357273	0,642727
2,6	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,342878	0,657122
2,7	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,329063	0,670937
3,0	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,290868	0,709132
3,1	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,279148	0,720852
3,2	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,267901	0,732101
3,3	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,257106	0,742894
3,4	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,246747	0,753253
3,5	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,236805	0,763195
3,6	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,227263	0,772737
3,7	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,218106	0,781894
3,8	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,209318	0,790682
3,9	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,200884	0,799116
4,0	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,192790	0,807210
4,1	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,185022	0,814978
4,2	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,177567	0,822433
4,3	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,170413	0,829587
4,4	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,163546	0,836454

4,5	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,156957	0,843043
4,6	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,150632	0,849368
4,7	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,144563	0,855437
4,8	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,138738	0,861262
4,9	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,133148	0,866852
5,0	0,48	0,6413	3,2561	6,3421	9,4643	0,127783	0,872217

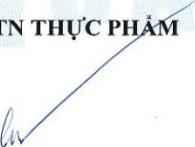
PHỤ LỤC 11: BẢNG KẾT QUẢ HÀM LƯỢNG VITAMIN C

Kết quả xác định hàm lượng vitamin C được thực hiện bởi Trung tâm Kỹ thuật
Tiêu chuẩn đo lường chất lượng 3. Phương pháp thử: QTTN/KT3 038:2005.

Phấn hoa tươi có hàm lượng vitamin C: 356 mg/kg (theo phiếu mẫu phấn hoa V)

STT	Mẫu	Nhiệt độ (°C)	Vận tốc tác nhân sấy (m/s)	Thời gian thực hiện cào (phút)	Hàm lượng vitamin C (mg/kg)
1	Phấn hoa A	45	1,4	10	235
2	Phấn hoa B	40	1	20	222
3	Phấn hoa C	40	1	20	228
4	Phấn hoa D	48,4	1	20	174
5	Phấn hoa E	40	1	20	233
6	Phấn hoa H	40	1	20	225
7	Phấn hoa I	45	0,6	30	184
8	Phấn hoa J	40	1,67	20	262
9	Phấn hoa K	45	1,4	30	198
10	Phấn hoa M	35	0,6	30	268
11	Phấn hoa O	35	0,6	10	269
12	Phấn hoa P	45	0,6	10	196
13	Phấn hoa Q	31,6	1	20	286
14	Phấn hoa S	40	1	36,82	200
15	Phấn hoa U	40	0,33	20	219
16	Phấn hoa T	40	1	3,18	247
17	Phấn hoa W	40	1	20	230
18	Phấn hoa 1	35	1,4	30	269
19	Phấn hoa 2	35	1,4	10	273
20	Phấn hoa V				356

Phụ lục 11.1. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa A

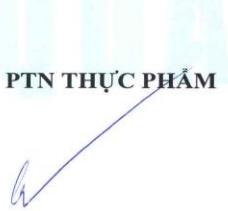
 QUATEST 3®	TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3							
KT3-15061TP5/2	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	03/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA A</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 25/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 26/05/2015 – 03/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Tên chỉ tiêu</th> <th>Phương pháp thử</th> <th>Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td>235</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;"> PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM  Nguyễn Thành Công </p> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;"> KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC  Trương Thanh Sơn </p> <p style="text-align: center; font-size: small; margin-top: 20px;"> 1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến. / Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu. / Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng mức độ đo với k = 2, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with k = 2, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i> Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn </p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	235
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	235						

Lần sửa đổi: 4	BH9 (03/2012)	M03/1 - TTTN09
----------------	---------------	----------------

Phụ lục 11.2. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa B

 <p style="margin: 0;">TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3</p>								
KT3-15061TP5/3	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	03/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA B</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 25/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 26/05/2015 – 03/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thủ Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Tên chỉ tiêu</th> <th>Phương pháp thử</th> <th>Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3.038 : 2005</td> <td>222</td> </tr> </tbody> </table> <p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM <i>(Lưu)</i> Nguyễn Thành Công</p> <p style="text-align: right;">KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC <i>(Ký)</i> Trương Thanh Sơn</p> <p style="font-size: small; margin-top: 10px;"> 1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến. / Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu. / Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mờ rộng, độ lệch được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i> Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn Lần sửa đổi: 4 BH9 (03/2012) M03/I - TTTN09 N/A: không áp dụng. <i>Not applicable</i> </p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3.038 : 2005	222
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3.038 : 2005	222						

Phụ lục 11.3. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa C

 <p style="margin: 0;">TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN-ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3</p>								
KT3-15061TP5/4	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	03/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA C</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 25/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 26/05/2015 – 03/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Tên chỉ tiêu</th> <th>Phương pháp thử</th> <th>Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td>228</td> </tr> </tbody> </table> <p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM  Nguyễn Thành Công</p> <p>KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC  Truong Thanh Son</p> <p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến. / Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu. / Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mực tổng thể lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i></p> <p>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</p> <p>Lần sửa đổi: 4 BH9 (03/2012) M03/1 - TTTN09</p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	228
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	228						

Phụ lục 11.4. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa D

	TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3							
KT3-15061TP5/5	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	03/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA D</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 25/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 26/05/2015 – 03/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Tên chỉ tiêu</th> <th style="text-align: left;">Phương pháp thử</th> <th style="text-align: left;">Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td style="text-align: left;">QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td style="text-align: left;">174</td> </tr> </tbody> </table> <p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Nguyễn Thành Công</p> <p>KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Trương Thanh Sơn</p> <p>TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3</p> <p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến./ Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu./ Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng trắc lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i></p> <p>N/A: không áp dụng. <i>Not applicable</i></p> <p>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</p> <p>Lần sửa đổi: 4 BH9 (03/2012) M03/1 - TTTN09</p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	174
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	174						

Phụ lục 11.5. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phẩn hoa E

 TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3								
KT3-15061TP5/6	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	03/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẨN HOA E</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhăn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 25/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 26/05/2015 – 03/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Tên chỉ tiêu</th> <th>Phương pháp thử</th> <th>Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td>233</td> </tr> </tbody> </table> <p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM <i>(Signature)</i> Nguyễn Thành Công</p> <p>KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC <i>(Signature)</i> Trương Thanh Sơn</p> <p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến / Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sau một phần phiếu kết quả thử nghiệm nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu. <i>Name of sample and customer are written as customer's request.</i> 4. Độ không đảm bảo do miscalculation, không dưới tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i></p> <p>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIET NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	233
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	233						

Phụ lục 11.6. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa H

 <p style="margin: 0;">TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3</p>								
KT3-15061TP5/9	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM <i>TEST REPORT</i>	03/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA H</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 25/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 26/05/2015 – 03/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Tên chỉ tiêu</th> <th>Phương pháp thử</th> <th>Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td>225</td> </tr> </tbody> </table> <p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM</p> <p><i>(Lâm)</i></p> <p>Nguyễn Thành Công</p> <p>KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC</p> <p><i>(Trương Thanh Sơn)</i></p> <p>TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3</p> <p>N/A: không áp dụng. Not applicable</p> <p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến / Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sau một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3. 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu / Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do máy công nghiệp được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</p> <p>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</p> <p>Lần sửa đổi: 4 BH9 (03/2012) M03/1 - TTTN09</p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	225
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	225						

Phụ lục 11.7. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa I

	TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3							
KT3-15061TP5/10	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	03/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA I</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 25/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 26/05/2015 – 03/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Tên chỉ tiêu</th> <th style="text-align: left;">Phương pháp thử</th> <th style="text-align: left;">Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td style="text-align: left;">QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td style="text-align: left;">184</td> </tr> </tbody> </table> <p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Nguyễn Thành Công</p> <p>KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Trương Thanh Sơn</p> <p></p> <p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến./ Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu./ Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng ước lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i></p> <p>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</p> <p>Lần sửa đổi: 4</p> <p>BH9 (03/2012)</p> <p>N/A: không áp dụng. <i>Not applicable</i></p> <p>M03/I - TTTN09</p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	184
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	184						

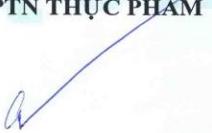
Phụ lục 11.8. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa J

 QUATEST 3®	TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3							
KT3-15405TP5/1	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM <i>TEST REPORT</i>	05/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA J</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 27/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 28/05/2015 - 05/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65, Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Tên chỉ tiêu</th> <th style="text-align: left;">Phương pháp thử</th> <th style="text-align: left;">Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td style="text-align: left;">QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td style="text-align: left;">262</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;">PHU TRÁCH PTN THỰC PHẨM</p> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;">KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC</p> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;"><i>Nguyễn Thành Công</i> <i>Lương Thanh Uyên</i></p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <small>TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3</small> </p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <small>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến. / Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3. 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu. / Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng ước lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</small> </p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <small>N/A: không áp dụng. Not applicable</small> </p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <small>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</small> </p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <small>Lần sửa đổi: 4 BH9 (03/2012) M03/1 - TTTN09</small> </p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	262
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	262						

Phụ lục 11.9. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa K

 <p style="margin: 0;">TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3</p>								
KT3-15405TP5/2	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	05/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA K</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 27/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 28/05/2015 - 05/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65, Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Tên chỉ tiêu</th> <th>Phương pháp thử</th> <th>Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td>198</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM</p> <p style="text-align: right;">KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC</p> <p style="text-align: left;">Nguyễn Thành Công</p> <p style="text-align: right;">Lương Thanh Uyên</p> <p style="text-align: center; font-size: small; margin-top: 10px;"> 1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến. / Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu. / Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng uyên lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i> </p> <p style="text-align: center; font-size: small; margin-top: 5px;"> Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn </p> <p style="text-align: center; font-size: small; margin-top: 5px;">Lần sửa đổi: 4</p> <p style="text-align: center; font-size: small; margin-top: 5px;">BH9 (03/2012)</p> <p style="text-align: right; font-size: small; margin-top: 5px;">M03/1 - TTTN09</p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	198
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	198						

Phụ lục 11.10. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa M

 <p style="margin: 0;">TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3</p>								
KT3-15405TP5/4	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	05/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA M</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 27/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 28/05/2015 - 05/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65, Huỳnh Thủ Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Tên chỉ tiêu</th> <th>Phương pháp thử</th> <th>Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td>268</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;"> PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM  Nguyễn Thành Công </p> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;"> KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC   Lương Thanh Uyên </p> <p style="font-size: small; margin-top: 20px;"> 1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến./ Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu/ Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng trắc lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i> Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn </p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	268
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	268						

Phụ lục 11.11. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa O

 <p>TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3</p>								
KT3-15405TP5/6	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	05/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA O</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 27/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 28/05/2015 - 05/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65, Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Tên chỉ tiêu</th> <th>Phương pháp thử</th> <th>Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td>269</td> </tr> </tbody> </table> <p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Nguyễn Thành Công Lương Thanh Uyên</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến./ Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của người gửi mẫu./ Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng ước lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i></p> <p>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</p> <p>Lần sửa đổi: 4 BH9 (03/2012) M03/1 - TTTN09</p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	269
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	269						

Phụ lục 11.12. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa P

	TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3							
KT3-15523TP5/1	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	05/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA P</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 28/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 29/05/2015 - 05/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65, Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Tên chỉ tiêu</th> <th style="text-align: left;">Phương pháp thử</th> <th style="text-align: left;">Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td style="text-align: left;">QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td style="text-align: left;">196</td> </tr> </tbody> </table> <p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM</p> <p>KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Nguyễn Thành Công</p> <p>Luong Thanh Uyen</p> <p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến./ Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu/ Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng ước lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i></p> <p>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	196
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	196						

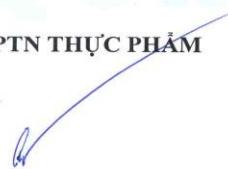
Phụ lục 11.13. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa Q

 <p style="margin: 0;">TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3</p>								
KT3-15523TP5/2	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	05/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA Q</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 28/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 29/05/2015 - 05/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65, Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Tên chỉ tiêu</th> <th>Phương pháp thử</th> <th>Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td>286</td> </tr> </tbody> </table> <p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM</p> <p><i>(Ký)</i></p> <p>Nguyễn Thành Công</p> <p>KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC</p> <p><i>(Ký)</i></p> <p>Lương Thanh Uyên</p> <p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến. / Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu? Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mõi cộng ước lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i></p> <p>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIET NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</p> <p>Lần sửa đổi: 4</p> <p>BH9 (03/2012)</p> <p>M03/1 - TTTN09</p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	286
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	286						

Phụ lục 11.14. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa S

 <p style="margin: 0;">TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3</p>								
KT3-15523TP5/4	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	05/06/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA S</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 28/05/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 29/05/2015 - 05/06/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65, Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Tên chỉ tiêu</th> <th>Phương pháp thử</th> <th>Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td>200</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;"> PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC </p> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"> (L) Nguyễn Thành Công Lương Thanh Uyên </p> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </p> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"> 1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến. / Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu. / Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng ước lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i> </p> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;"> Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn </p> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;"> Lần sửa đổi: 4 BH9 (03/2012) M03/1 - TTTN09 </p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	200
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	200						

Phụ lục 11.15. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa U

 TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT							
KT3-19953TP5/3	PHIẾU KẾT QUẢ NÀY ĐƯỢC TÁCH RA TỪ PHIẾU KẾT QUẢ SỐ KT3-19953TP5, NGÀY 15/07/2015 THEO YÊU CẦU KHÁCH HÀNG NGÀY 17/07/2015	20/07/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA U</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 07/07/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 08/07/2015 – 15/07/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Tên chỉ tiêu</th> <th style="width: 40%;">Phương pháp thử</th> <th style="width: 20%;">Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td>219</td> </tr> </tbody> </table>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	219
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	219						
<p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM</p> <p>KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC</p> <p>Nguyễn Thành Công </p> <p>Lương Thanh Uyên </p> <p></p> <p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến./ Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật. This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3. 3. Tên mẫu tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu/ Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng ước lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</p> <p>N/A: không áp dụng. Not applicable</p> <p>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</p> <p>Lần sửa đổi: 4 BH9 (03/2012) M03/1 - TTTN09</p>								

Phụ lục 11.16. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa T

	TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3							
KT3-19953TP5/2	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	20/07/2015 Trang 01/01						
PHIẾU KẾT QUẢ NÀY ĐƯỢC TÁCH RA TỪ PHIẾU KẾT QUẢ SỐ KT3-19953TP5, NGÀY 15/07/2015 THEO YÊU CẦU KHÁCH HÀNG NGÀY 17/07/2015								
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA T</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhăn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 07/07/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 08/07/2015 – 15/07/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p>								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center; padding: 5px;">Tên chỉ tiêu</th> <th style="text-align: center; padding: 5px;">Phương pháp thử</th> <th style="text-align: center; padding: 5px;">Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">247</td> </tr> </tbody> </table>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	247
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	247						
<p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Nguyễn Thành Công</p>								
<p>KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Lương Thanh Uyên</p>								
<p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến. / Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu. / Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng ước lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i></p>								
<p>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</p>								
Lần sửa đổi: 4		BH9 (03/2012)						
		M03/1 - TTTN09						

Phụ lục 11.7. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa W

 <p>TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3</p>	<p>KT3-19953TP5/4</p> <p>PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT</p>	<p>20/07/2015 Trang 01/01</p>						
<p>PHIẾU KẾT QUẢ NÀY ĐƯỢC TÁCH RA TỪ PHIẾU KẾT QUẢ SỐ KT3-19953TP5, NGÀY 15/07/2015 THEO YÊU CẦU KHÁCH HÀNG NGÀY 17/07/2015</p>								
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA W</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 07/07/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 08/07/2015 – 15/07/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p>								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Tên chỉ tiêu</th> <th style="width: 30%;">Phương pháp thử</th> <th style="width: 40%;">Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td>230</td> </tr> </tbody> </table>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	230
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	230						
<p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Nguyễn Thành Công</p>								
<p>KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Lương Thanh Uyên</p>								
<p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến./ Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao mồi phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu./ Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng sức lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i></p>								
<small>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</small>								
<small>Lần sửa đổi: 4 BH9 (03/2012) M03/I - TTTN09</small>								

Phụ lục 11.18. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa 1

	TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3							
KT3-07297TP5/1	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	24/03/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA 1</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 13/03/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 16/03/2015 – 24/03/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Tên chỉ tiêu</th> <th style="text-align: left;">Phương pháp thử</th> <th style="text-align: left;">Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td style="text-align: left;">QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td style="text-align: left;">269</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;"> PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM  Nguyễn Thành Công </p> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;"> KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC   Lương Thanh Uyên </p> <p style="text-align: center; font-size: small; margin-top: 20px;"> 1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến. / Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu / Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng ước lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i> </p> <p style="text-align: center; font-size: small; margin-top: 5px;"> Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn </p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	269
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	269						

Phụ lục 11.19. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phẩn hoa 2

 QUATEST3®	TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3							
KT3-07297TP5/2	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	24/03/2015 Trang 01/01						
<p>1. Tên mẫu : PHẨN HOA 2</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhăn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 13/03/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 16/03/2015 – 24/03/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Tên chỉ tiêu</th> <th style="width: 40%;">Phương pháp thử</th> <th style="width: 20%;">Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td>273</td> </tr> </tbody> </table> <p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Nguyễn Thành Công</p> <p>KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Lương Thanh Uyên</p> <p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến. <i>Test results are valid for the namely submitted sample(s) only.</i> 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nhà gửi mẫu. <i>Name of sample and customer are written as customer's request.</i> 4. Độ không đảm bảo do mở rộng ước lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i></p> <p>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</p> <p>Lần sửa đổi: 4 BH9 (03/2012) M03/1 - TTTN09</p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	273
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	273						

Phụ lục 11.20. Kết quả xác định hàm lượng vitamin C trong phấn hoa V

 <p>TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3</p>	<p>KT3-19953TP5/5</p> <p>PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT</p>	<p>20/07/2015 Trang 01/01</p>						
<p>PHIẾU KẾT QUẢ NÀY ĐƯỢC TÁCH RA TỪ PHIẾU KẾT QUẢ SỐ KT3-19953TP5, NGÀY 15/07/2015 THEO YÊU CẦU KHÁCH HÀNG NGÀY 17/07/2015</p>								
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA V</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu đựng trong hũ nhựa, không nhãn hiệu.</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 07/07/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 08/07/2015 – 15/07/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thúc Kháng, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p>								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Tên chỉ tiêu</th> <th style="width: 30%;">Phương pháp thử</th> <th style="width: 30%;">Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg</td> <td>QTTN/KT3 038 : 2005</td> <td>356</td> </tr> </tbody> </table>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	356
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm						
7.1. Hàm lượng vitamin C (acid ascorbic), mg/kg	QTTN/KT3 038 : 2005	356						
<p>PHỤ TRÁCH PTN THỰC PHẨM</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Nguyễn Thành Công</p>								
<p>KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC</p> <p><i>(Signature)</i></p> <p>Lương Thanh Uyên</p>								
<p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến./ Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. <i>This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</i> 3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu. /Name of sample and customer are written as customer's request. 4. Độ không đảm bảo do mở rộng ước lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. <i>Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</i></p>								
<p>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</p>								
<p>Lần sửa đổi: 4</p>		<p>BH9 (03/2012)</p>						
		<p>M03/1 - TTTN09</p>						

Phụ lục 11.21. Kết quả kiểm tra vi sinh trong phấn hoa

 <p style="margin: 0;">TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3.</p> <div style="float: right; margin-top: -20px;">  <p>ISO/IEC 17025:2005 VILAS 004</p> </div>																													
KT3 – 07815VS5	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	29/09/2015 Trang 01/01																											
<p>1. Tên mẫu : PHẤN HOA</p> <p>2. Mô tả mẫu : Mẫu dụng trong hũ nhựa</p> <p>3. Số lượng mẫu : 01 (180 g)</p> <p>4. Ngày nhận mẫu : 21/09/2015</p> <p>5. Thời gian thử nghiệm : 21/09/2015 – 29/09/2015</p> <p>6. Nơi gửi mẫu : LÊ QUANG HUY 65 Huỳnh Thúc Kháng, Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh</p> <p>7. Kết quả thử nghiệm :</p>																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tên chỉ tiêu</th> <th>Phương pháp thử</th> <th>Kết quả thử nghiệm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1. Tổng số vi sinh vật hiếu khí,</td> <td>CFU/g ISO 4833 - 1 : 2013</td> <td>$2,1 \times 10^3$</td> </tr> <tr> <td>7.2. Tổng số nấm mốc,</td> <td>CFU/g ISO 21527 – 2 : 2008</td> <td>$9,0 \times 10^2$</td> </tr> <tr> <td>7.3. Tổng số nấm men,</td> <td>CFU/g ISO 21527 – 2 : 2008</td> <td>< 10 (*)</td> </tr> <tr> <td>7.4. Coliforms,</td> <td>CFU/g ISO 4832 : 2006</td> <td>< 10 (*)</td> </tr> <tr> <td>7.5. <i>Escherichia coli</i> giả định,</td> <td>MPN/g ISO 7251 : 2005</td> <td>< 0,3 (**)</td> </tr> <tr> <td>7.6. Staphylococci có phản ứng dương tính với coagulase, (Staphylococcus aureus và các loài khác)</td> <td>CFU/g ISO 6888 – 1 : 1999/ Amd.1 : 2003</td> <td>< 10 (*)</td> </tr> <tr> <td>7.7. <i>Clostridium perfringens</i>,</td> <td>CFU/g ISO 7937 : 2004</td> <td>< 10 (*)</td> </tr> <tr> <td>7.8. <i>Bacillus cereus</i>,</td> <td>CFU/g ISO 7932 : 2004</td> <td>$1,4 \times 10^2$</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ghi chú: (*) Theo phương pháp thử, kết quả được biểu thị nhỏ hơn 10 CFU/g khi không có khuẩn lạc mọc trên đĩa. (***) Theo phương pháp thử, kết quả được biểu thị nhỏ hơn 0,3 MPN/g khi không có ống dương tính trong ba dãy ống pha loãng liên tiếp.</p> <p>PHỤ TRÁCH PTN VI SINH - GMO</p> <p style="text-align: center;">  Trần Thị Ánh Nguyệt </p> <p style="text-align: right;"> KT. GIÁM ĐỐC PHÓ GIÁM ĐỐC   Lương Thanh Uyên </p>			Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	7.1. Tổng số vi sinh vật hiếu khí,	CFU/g ISO 4833 - 1 : 2013	$2,1 \times 10^3$	7.2. Tổng số nấm mốc,	CFU/g ISO 21527 – 2 : 2008	$9,0 \times 10^2$	7.3. Tổng số nấm men,	CFU/g ISO 21527 – 2 : 2008	< 10 (*)	7.4. Coliforms,	CFU/g ISO 4832 : 2006	< 10 (*)	7.5. <i>Escherichia coli</i> giả định,	MPN/g ISO 7251 : 2005	< 0,3 (**)	7.6. Staphylococci có phản ứng dương tính với coagulase, (Staphylococcus aureus và các loài khác)	CFU/g ISO 6888 – 1 : 1999/ Amd.1 : 2003	< 10 (*)	7.7. <i>Clostridium perfringens</i> ,	CFU/g ISO 7937 : 2004	< 10 (*)	7.8. <i>Bacillus cereus</i> ,	CFU/g ISO 7932 : 2004	$1,4 \times 10^2$
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm																											
7.1. Tổng số vi sinh vật hiếu khí,	CFU/g ISO 4833 - 1 : 2013	$2,1 \times 10^3$																											
7.2. Tổng số nấm mốc,	CFU/g ISO 21527 – 2 : 2008	$9,0 \times 10^2$																											
7.3. Tổng số nấm men,	CFU/g ISO 21527 – 2 : 2008	< 10 (*)																											
7.4. Coliforms,	CFU/g ISO 4832 : 2006	< 10 (*)																											
7.5. <i>Escherichia coli</i> giả định,	MPN/g ISO 7251 : 2005	< 0,3 (**)																											
7.6. Staphylococci có phản ứng dương tính với coagulase, (Staphylococcus aureus và các loài khác)	CFU/g ISO 6888 – 1 : 1999/ Amd.1 : 2003	< 10 (*)																											
7.7. <i>Clostridium perfringens</i> ,	CFU/g ISO 7937 : 2004	< 10 (*)																											
7.8. <i>Bacillus cereus</i> ,	CFU/g ISO 7932 : 2004	$1,4 \times 10^2$																											
<p>1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến. / Test results are valid for the namely submitted sample(s) only.</p> <p>2. Không được trích sao mực phân phát kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. / This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Quatest 3.</p> <p>3. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu. / Name of sample and customer are written as customer's request.</p> <p>4. Độ không đảm bảo do ma trận ước lượng được tính với $k = 2$, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ tham vấn chi tiết để biết thêm thông tin. / Estimated expanded uncertainty of measurement with $k = 2$, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information.</p> <p>5. Phòng Thu nghiệm đã được Vấn phòng Công nhận Chất lượng (BoA) - Việt Nam công nhận phù hợp theo ISO/IEC 17025:2005 (VILAS 004). Các chỉ tiêu có dấu (*) là chưa được công nhận. / The Testing Lab is accredited as conforming to ISO/IEC 17025:2005 by Bureau of Accreditation - Viet Nam (VILAS 004). The characteristics marked with (*) are not accredited yet.</p> <p>Head Office: 49 Pasteur, Q1, Hồ Chí Minh City, VIỆT NAM Tel: (84-8) 3829 4274 Fax: (84-8) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: 7 Road 1, Biên Hòa 1 Industrial Zone, Đồng Nai Tel: (84-61) 383 6212 Fax: (84-61) 383 6298 E-mail: qt-dichvutn@quatest3.com.vn</p> <p>Lần sửa đổi: 4</p> <p style="text-align: center;">BH9 (09/2012)</p> <p style="text-align: right;">M03VL/1 - TTTN09</p>																													

PHỤ LỤC 12: CHẾ TẠO VÀ CHUYÊN GIAO THIẾT BỊ SẤY



Hình 12.1. Chế tạo thiết bị sấy



Hình 12.2. Điều chỉnh thông số thiết bị sấy



Hình 12.3. Vận hành thiết bị sấy



Hình 12.4. Vận hành và bàn giao cho công ty TNHH Cửu Long Bee



Hình 12.5. Bàn giao thiết bị sấy cho công ty TNHH Cửu Long Bee