

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG NƯỚC ĐẾN THỜI GIAN CẤP ĐÔNG CÁ TRA FILLET

Đỗ Hữu Hoàng^{1*}, Hoàng Thị Nam Hương²

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Thực Phẩm TP. Hồ Chí Minh

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM

E-mail: hoangdhuu@hufi.edu.vn

Ngày nhận bài: 24/05/2021

Ngày nhận bài được sửa theo ý kiến phản biện: 15/06/2021

Ngày bài được duyệt đăng: 10/09/2021

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng nước đến tính chất nhiệt vật lý và thời gian cấp đông của cá Tra fillet, khi hàm lượng nước tăng 1 %, trung bình hệ số dẫn nhiệt (λ) tăng 1,0 %, nhiệt dung riêng (c) tăng 1,8 %, enthalpy tăng 1,2 % và thời gian cấp đông (τ) tăng 1,3%.

Từ khóa: : Hàm lượng nước, nhiệt dung riêng, hệ số dẫn nhiệt, enthalpy, thời gian cấp đông.

KÝ HIỆU:

α : Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu, $W.m^{-2}.K^{-1}$;

ω : Vận tốc dòng, $m.s^{-1}$;

c : Nhiệt dung riêng, $J.kg^{-1}.K^{-1}$;

c_w : Nhiệt dung riêng nước, $J.kg^{-1}.K^{-1}$;

c_{ice} : Nhiệt dung riêng băng, $J.kg^{-1}.K^{-1}$;

c_u : Nhiệt dung riêng chưa cấp đông, $J.kg^{-1}.K^{-1}$;

c_a : Nhiệt dung riêng nguyên liệu, $J.kg^{-1}.K^{-1}$;

H : Enthalpy, $J.kg^{-1}$

ρ : Khối lượng riêng, $Kg.m^{-3}$;

λ : Hệ số dẫn nhiệt, $W.m^{-1}.K^{-1}$

R : $8.314 kJ.kg^{-1}.mol^{-1}.K^{-1}$;

L_0 : Nhiệt ẩn đông đặc của nước tại 273,15 K

$\Delta C = C_w - C_{ice}$;

E : Tỷ lệ giữa khối lượng phân tử nước với khối lượng phân tử chất khô;

M_w : Khối lượng phân tử nước;

M_s : Khối lượng phân tử chất khô;

ε : Độ xốp của nguyên liệu;

x_i : Thành phần khối lượng thứ i , %;

x_i^v : Thành phần thể tích, %;

x_p : Thành phần Protein trong thực phẩm %;

x_{ice} : Thành phần băng;

x_{wo} : Thành phần nước chưa đóng băng, %;

x_b : Thành phần nước không kết đông, %;

t_f : Nhiệt độ bắt đầu kết đông, $^{\circ}C$;

t : Nhiệt độ, $^{\circ}C$;

τ : Thời gian, s^{-1} ;

T : Nhiệt độ, K ;

T_0 : Nhiệt độ đông đặc của nước tại 273,15 K ở áp suất khí quyển;

Tiền Giang, Bến Tre...) và là một trong những loài cá có giá trị xuất khẩu cao [1].

Trong những năm qua, ngành thủy sản Việt Nam nói chung và ngành hàng cá tra nói riêng có sự phát triển mạnh mẽ, đóng góp lớn cho phát triển kinh tế - xã hội vùng đồng bằng sông Cửu Long nói riêng. Chỉ trong thời gian ngắn diện tích nuôi thả tăng trên 10 lần, sản lượng đạt trên 1,4 triệu tấn. Đây là ngành kinh tế quan

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cá Tra và cá Basa của Việt Nam được nhiều thị trường ưa chuộng vì màu sắc cơ thịt trắng, thịt cá thơm ngon hơn so với các loài cá da trơn khác. Đây là một trong những đối tượng nuôi trồng thủy sản đang được phát triển với tốc độ nhanh tại các tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long (An Giang, Đồng Tháp, Vĩnh Long, Cần Thơ,

trọng, thu hút trên 200.000 lao động, hơn 70 cơ sở chế biến phi lê cá tra đông lạnh, kim ngạch xuất khẩu đạt trên 1,7 tỷ USD vào năm 2017. Sản lượng cá tra thương phẩm tăng vượt bậc, từ 23.250 tấn năm 1997 tăng lên 1.150.500 tấn trong năm 2013, Sản lượng cá tra năm 2015 của các tỉnh vùng Đồng bằng sông Cửu Long ước đạt 1.123 ngàn tấn tăng hơn 50 lần. 07 tháng đầu năm 2018, Việt Nam xuất khẩu cá tra sang hơn 137 quốc gia và vùng lãnh thổ, với giá trị đạt 1,2 tỷ USD. Top 8 nước nhập khẩu cá tra hàng đầu Việt Nam (gồm Mỹ, EU, Trung Quốc và Hồng Kông, ASEAN, Mexico, Brazil, Ả-rập Xê-út, Colombia), chiếm 76% tổng giá trị xuất khẩu. Trung Quốc là nước nhập khẩu cá tra hàng đầu, chiếm 20,1% tổng giá trị, đạt 341 triệu USD. Mỹ nhập khẩu thứ 2, chiếm 18,9% tổng giá trị, đạt 321 triệu USD và Khối EU thứ 3 chiếm 9,9%, tổng giá trị đạt 168 triệu USD [2,7].

Sản lượng cá tra thu hoạch quý I năm 2021 ước đạt 321,8 nghìn tấn, tăng 0,8% so với cùng kỳ năm trước, chiếm gần 47% sản lượng cá nuôi trồng và chiếm 34,2% tổng sản lượng thủy sản nuôi trồng. Trong Quý, các tỉnh có sản lượng cá tra lớn của nước ta như: An Giang đạt 105,0 nghìn tấn, tăng 2,9% so với cùng kỳ năm trước; Cần Thơ đạt 33,2 nghìn tấn, tăng 0,3%. Diện tích nuôi cá tra thâm canh, bán thâm canh quý I ước đạt 3,18 nghìn ha, tăng 2,0% so với cùng kỳ năm trước. Về giá cá tra nguyên liệu loại 850 gram đến 1,1 kg/con ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long ổn định từ đầu năm đến trung tuần tháng hai, dao động ở mức 19.000-20.000 đồng/kg. Tuần cuối tháng hai đến nay, giá cá tra có xu hướng tăng, hiện dao động ở mức 21.000-22.000 đồng/kg. Theo thống kê của Hiệp hội Chế biến và Xuất khẩu thủy sản Việt Nam (Vasep), xuất khẩu cá tra 2 tháng đầu năm đạt 214 triệu USD, tăng 1,7% so với cùng kỳ năm ngoái. Cụ thể, trong tháng 1/2021, xuất khẩu cá tra phile đông lạnh tăng 54%, cá tra nguyên con tăng 162%. Xuất khẩu cá tra Việt Nam có chiều hướng hồi phục mạnh tại các thị trường: Hoa Kỳ tăng 51%, Mexico tăng 73%, Australia tăng 45%, Canada tăng 42%; các thị trường khác như Brazil, Colombia, Anh, Nga đều tăng từ 37-129%[2].

Nhu cầu cá tra nguyên liệu tăng cao và “đòn bẩy” là các hiệp định thương mại tự do, ngành cá tra kỳ vọng tiếp tục tăng trưởng trong quý II

năm 2021. Tình hình tại thị trường Trung Quốc có xu hướng cải thiện hơn từ giữa tháng 3, trước đó thị trường này siết chặt kiểm tra, kiểm soát virus corona đối với hàng thủy sản nhập khẩu đã khiến cho xuất khẩu cá tra thêm khó khăn. Xuất khẩu cá tra sang Trung Quốc tháng 4 và những tháng tới sẽ hồi phục mạnh hơn, khi nước này dần giải quyết tình trạng tắc nghẽn giao thương tại các cảng biển và nơi lỏng các thủ tục kiểm soát Covid-19 đối với thủy sản nhập khẩu, nhất là thủy sản đông lạnh. Thị trường Mỹ sẽ vẫn là thị trường có ảnh hưởng lớn đến kết quả xuất khẩu cá tra, duy trì tăng trưởng dương trong năm. Xuất khẩu cá tra bắt đầu mở rộng sang thị trường EU từ việc ký kết hiệp định Thương mại tự do Việt Nam – EU (EVFTA) có hiệu lực từ ngày 01/8/2020, trong đó EU sẽ xóa bỏ thuế quan đối với 86,5% kim ngạch xuất khẩu thủy sản của Việt Nam trong 3 năm; 90,3% trong vòng 5 năm và 100% trong vòng 7 năm. Việc mở rộng thị trường xuất khẩu sang EU là một cơ hội kèm theo thách thức, bởi các tiêu chuẩn về sản phẩm xuất khẩu của thị trường EU rất cao, bắt buộc các doanh nghiệp xuất khẩu thủy sản phải đầu tư chuẩn hóa quy trình từ khâu sản xuất, chế biến, bảo quản và vận chuyển sao cho sản phẩm đạt chất lượng tốt nhất tới tận tay người tiêu dùng. Mục tiêu chính là giữ vững thị trường xuất khẩu dài hạn, không chỉ dừng lại sau khi đã tìm kiếm được thị trường xuất khẩu [2,7].

Tuy nhiên để giữ vững thị trường xuất khẩu dài hạn, việc kiểm soát chất lượng sản phẩm cũng như tiêu hao năng lượng trong quá trình chế biến là một yêu cầu cấp thiết cần phải được thực hiện, một trong những nguyên nhân ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sản phẩm cũng như tiêu hao năng lượng trong quá trình chế biến cá tra fillet đó là hàm lượng nước chứa bên trong sản phẩm. Theo Bộ NN và PTNT lại khẳng định hàm lượng nước là chỉ tiêu về chất lượng, ảnh hưởng lớn đến uy tín, hình ảnh cá tra Việt Nam [3].

Theo VASEP, để đảm bảo giá trị chất lượng sản phẩm thủy sản Việt Nam, cũng như tạo điều kiện giúp doanh nghiệp xuất khẩu cá tra Việt Nam có thời gian chuẩn bị, Hiệp hội đề xuất áp dụng quy định hàm lượng nước tối đa trong sản phẩm cá tra, basa fillet đông lạnh xuất khẩu là 83% tính theo khối lượng tịnh của sản phẩm, tuy nhiên một số doanh nghiệp không tuân thủ quy định trên tỷ

lệ tăng trọng nước trên 90% (xem hình 1), dẫn đến không đảm bảo chất lượng sản phẩm cũng như tăng tiêu hao năng lượng trong quá trình chế biến và đặc biệt là trong khâu cấp đông sản phẩm [3].



(a). Bố trí sản phẩm trên băng chuyền IQF



(b). Sản phẩm sau cấp đông

Hình 1. Cá tra fillet sau cấp đông

Hiện tại ở Việt Nam, chưa có nghiên cứu chuyên sâu về ảnh hưởng của hàm lượng nước bên trong sản phẩm đến tiêu hao năng lượng trong quá trình cấp đông. Vì vậy hiệu quả sử dụng năng lượng chưa cao và đặc biệt là chất lượng sản phẩm không ổn định, độ tổn hao sản phẩm lớn. Như trên đã nêu thì đây là một bài toán thực tế cấp bách chưa có lời giải.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1 Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là cá tra fillet, mẫu cá tra sử dụng được lấy từ Công ty cổ phần Nam Việt (An Giang). Thành phần hóa lý của cá tra được xác định tại Trung tâm dịch vụ phân tích thí nghiệm TP.Hồ Chí Minh (xem bảng 1).

Bảng 1 Thành phần hóa lý của cá tra fillet

Thành phần	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Mẫu 5
Nước (%)	67.3	80.3	83.8	86	87.3
Protein (%)	16.3	17.5	13.9	12.2	10.8
Mỡ (%)	15.4	1.06	1.04	0.87	1.03

Tro (%)	1.02	1.06	1.05	0.91	0.86
---------	------	------	------	------	------

2.2 Tính chất nhiệt vật lý của cá tra

Tính chất nhiệt vật lý của cá tra phụ thuộc vào nhiệt độ và thành phần của cá và được xác định như sau:

Hệ số dẫn nhiệt và khối lượng riêng được xác định theo Choi and Okos (1986) [4]:

Hệ số dẫn nhiệt $\lambda(t, x_i)$:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n x_i^v \lambda_i \quad (1)$$

Khối lượng riêng $\rho(t, x_i)$:

$$\rho = \frac{(1 - \varepsilon)}{\sum_{i=1}^n x_i / \rho_i} \quad (2)$$

Hệ số dẫn nhiệt độ được xác định theo phương trình (3) Choi and Okos (1986) [4]:

$$a = \sum_{i=1}^n a_i x_i^v \quad (3)$$

Nhiệt dung riêng được xác định theo phương trình (3) (Schwartzberg (1976) $c(t, x_i)$:

$$c_a = c_u + (x_b - x_{w0}) \Delta c + Ex_s \left[\frac{RT_0^2}{M_w t^2} - 0.8 \Delta c \right] \quad (4)$$

Enthalpy được xác định theo phương trình (5)

(Schwartzberg (1976) $H(t, x_i)$:

$$H = (T - T_r) (c_u + (x_b - x_{w0}) \Delta c) + (T - T_r) Ex_s \left[\frac{RT_0^2}{18(T_0 - T_r)(T_0 - T)} - 0.8 \Delta c \right] \quad (5)$$

Trong đó:

$$M_s = \frac{x_s RT_0^2}{-(x_{w0} - x_b) L_0 t_f} : \text{Khối lượng}$$

phân tử của chất khô;

$$x_{ice} = \frac{x_s RT_0^2 (t_f - t)}{M_s L_0 t_f t} : \text{Hàm lượng băng};$$

$$x_b = 0,4x_p : \text{Thành phần nước không kết}$$

đông;

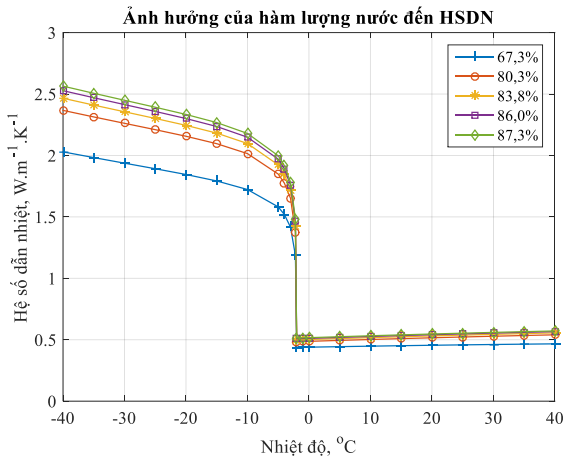
$$E = \frac{M_w}{M_s} : \text{Tỷ số giữa khối lượng phân tử}$$

nước đối với khối lượng phân tử chất khô;

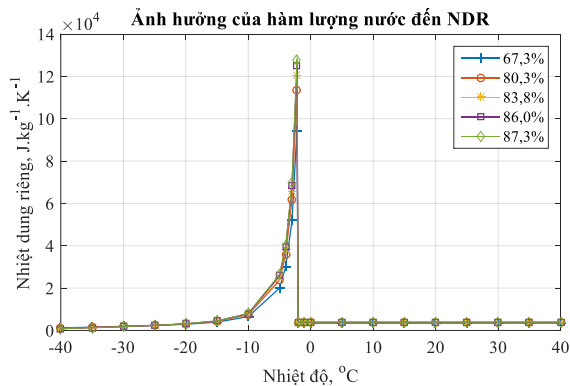
$\Delta c = c_w - c_{ice}$:Độ chênh lệch giữa nhiệt dung riêng của nước và băng;

$$x_i^v = \frac{x_i / \rho_i}{\sum_{i=1}^n (x_i / \rho_i)} : \text{Thành phần thể tích};$$

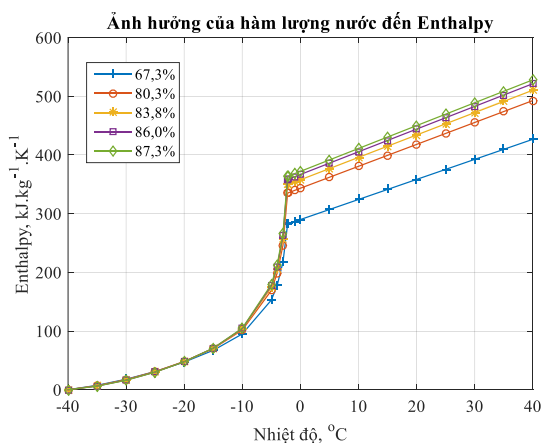
Kết quả tính toán thông số nhiệt vật lý của cá tra ở các mẫu khác nhau được thể hiện trên hình 1 (a, b, c, d, e).



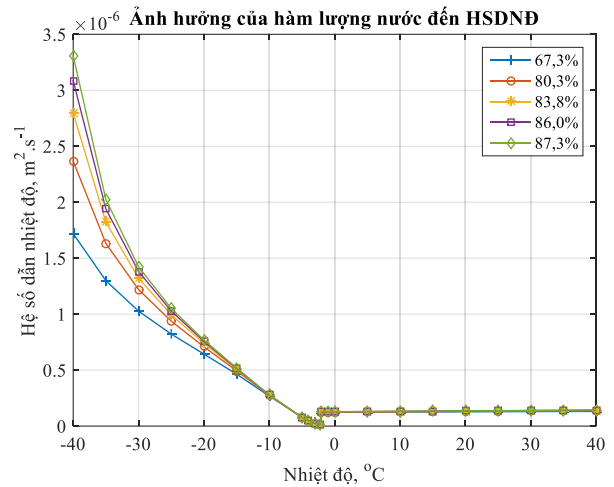
Hình 1a. Ảnh hưởng của hàm lượng nước đến hệ số dẫn nhiệt



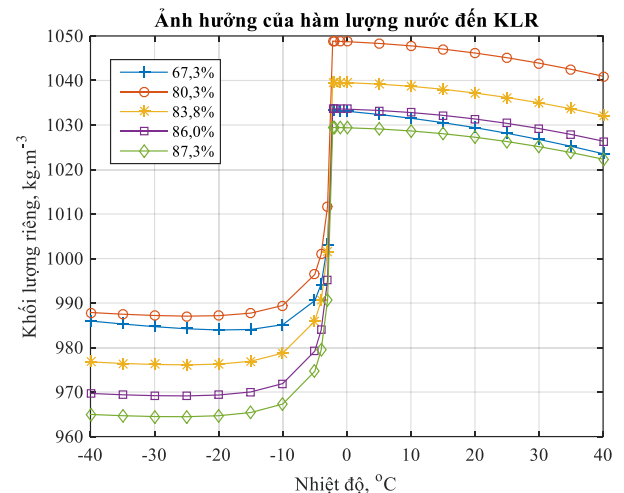
Hình 1b. Ảnh hưởng của hàm lượng nước đến nhiệt dung riêng



Hình 1c. Ảnh hưởng của hàm lượng nước đến Enthalpy



Hình 1d. Ảnh hưởng của hàm lượng nước đến hệ số dẫn nhiệt độ



Hình 1e. Ảnh hưởng của hàm lượng nước đến khối lượng riêng

Nhận xét:

Khi hàm lượng nước trong sản phẩm tăng, tính chất nhiệt vật lý của thực phẩm có biến thiên, tuy nhiên không đồng nhất, cụ thể như sau:

Trong vùng chưa kết đông, thông số nhiệt vật lý thay đổi không đáng kể đối với sản phẩm đã được tăng trọng (từ mẫu 2 đến mẫu 5);

Tại điểm bắt đầu kết đông thông số nhiệt vật lý biến thiên lớn so với sản phẩm chưa tăng trọng, cụ thể: khi hàm lượng nước tăng 1 %, trung bình hệ số dẫn nhiệt (λ) tăng 1,0 %, nhiệt dung riêng (c) tăng 1,8 %, enthalpy tăng 1,2 %;

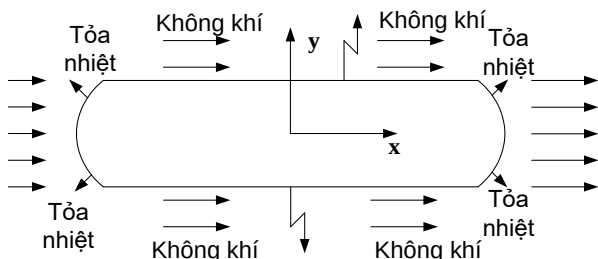
Dưới điểm kết đông ảnh hưởng của hàm lượng nước không lớn đến tính chất nhiệt vật lý của cá tra.

2.3 Mô phỏng xác định thời gian cấp đông cá tra fillet

Trong bài báo này, đối tượng được nghiên cứu là cá tra fillet được xem là dạng hình hộp chữ nhật với chiều dài được xem là lớn hơn rất nhiều lần so với chiều rộng và chiều dày. Do đó quá trình dẫn nhiệt dọc theo chiều dài sản phẩm rất nhỏ có thể bỏ qua, nên coi nhiệt độ chỉ thay đổi theo hai hướng bề rộng (hướng x) và bề dày (hướng y): $T = f(x, y, \tau)$ (xem hình 2).



(a). bố trí sản phẩm trên băng chuyền IQF



(b). mô hình vật lý sử dụng trong mô phỏng

Hình 2. Mô tả sơ đồ vị trí xếp đặt sản phẩm

Việc xác định thời gian cấp đông sản phẩm cá tra fillet là giải phương trình vi phân dẫn nhiệt không ổn định với điều kiện biên loại 3, phương trình vi phân chủ đạo và các điều kiện như sau [7]:

$$\rho(t)c(t)\frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda(t)\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2}\right) \quad (6)$$

Điều kiện ban đầu:

$$t = t_0 \text{ tại } \tau = 0 \quad (7)$$

Điều kiện biên: toả nhiệt tại mặt ngoài biểu thị bởi:

$$-\lambda(t)\left(\frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial t}{\partial y}\right) = \alpha(t - t_{mt}) \quad (8)$$

Mô hình toán cho bài toán cấp đông cá tra fillet được mô tả như sau:

$$\begin{cases} \rho(t)c(t)\frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda(t)\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2}\right) + q_v \\ \left(\frac{\partial t}{\partial x}\right)_{x=0} = \left(\frac{\partial t}{\partial y}\right)_{y=0} = 0 \\ \pm \left(\frac{\partial t}{\partial x}\right)_{x=\pm\delta_x} = \pm \frac{\alpha}{\lambda(t)}(t - t_f)_{x=\pm\delta_x} \\ \pm \left(\frac{\partial t}{\partial y}\right)_{y=\pm\delta_y} = \pm \frac{\alpha}{\lambda(t)}(t - t_f)_{y=\pm\delta_y} \\ \tau = 0 \Rightarrow t = t(x, y, 0) = \text{const} \end{cases} \quad (9)$$

Quá trình làm đông lạnh cá là quá trình dẫn nhiệt có sự biến đổi pha hết sức phức tạp, bao gồm rất nhiều quá trình xảy ra đồng thời: truyền nhiệt, truyền chất, hình thành và phát triển pha rắn của các tinh thể đông băng làm mất phân pha thay đổi liên tục, ngoài ra thể tích cũng như cơ tính của cá cũng thay đổi. Đặc biệt tại điểm kết đông, các tính chất nhiệt vật lý của cá biến đổi đột ngột, khi đó phương trình vi phân mô tả quá trình là phi tuyến trở nên vô cùng khó giải. Bài toán có thể giải bằng phương pháp gần đúng. Phương pháp phần tử hữu hạn kết hợp với phần mềm Ansys được áp dụng để giải bài toán dẫn nhiệt không ổn định có biến đổi pha với điều kiện biên loại 3 trong quá trình đông lạnh cá tra [7, 8, 9, 10].

Các giả thiết để mô phỏng quá trình cấp đông:

- Điều kiện ban đầu: Nhiệt độ mẫu sản phẩm ban đầu đồng nhất 12 °C
- Điều kiện biên loại 3 biểu thị chế độ cấp đông khác nhau gồm:

- Vận tốc không khí $\omega = (5 \div 15)$ m/s;

- Nhiệt độ không khí $t_{mt} = (-35 \div -45)$ °C;

Trong đó hệ số trao đổi nhiệt đối lưu được xác định theo Willix, J., Harris, M.B., and Carson (2006) [6]:

$$\alpha = 25(\omega)^{0.6} (\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}) \quad (10)$$

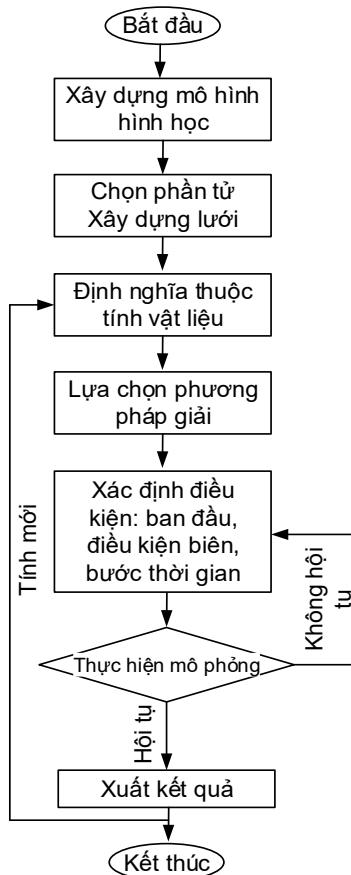
Các chế độ điển hình sử dụng cho quá trình mô phỏng:

- Chế độ (1): nhiệt độ không khí môi trường cấp đông $t_{mt} = -35$ (°C), vận tốc $\omega = 5$ (m/s);

- Chế độ (2): nhiệt độ không khí môi trường cấp đông $t_{mt} = -40$ (°C), vận tốc $\omega = 10$ (m/s);

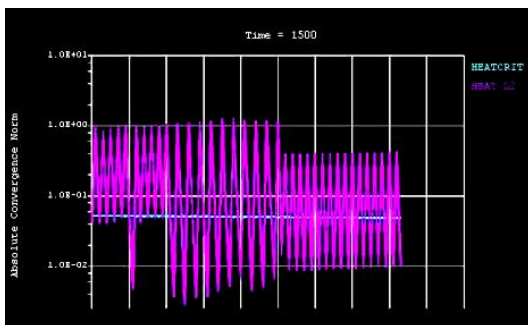
- Chế độ (3): nhiệt độ không khí môi trường cấp đông $t_{mt} = -45$ (°C), vận tốc $\omega = 15$ (m/s);

Quá trình mô phỏng cấp đông cá tra được thực hiện theo lưu đồ sau:



Hình 3. Lưu đồ mô phỏng quá trình cấp đông

Bằng phương pháp áp dụng phần mềm ANSYS với lưu đồ thuật toán như hình 3, quá trình tính lặp đã thể hiện nghiệm hội tụ tuyệt đối, hình 4



Hình 4. kết quả giải bài toán bằng phần mềm Ansys.

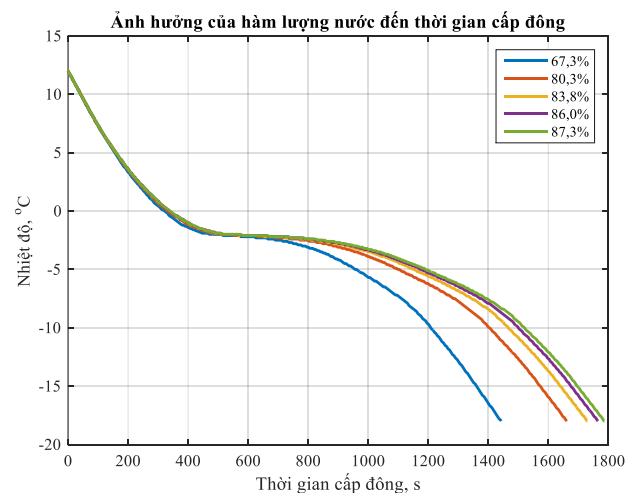
Theo kết quả nghiên cứu mô phỏng và xác định chế độ cấp đông hợp lý cho cá tra Việt Nam [7, 8], sai lệch tương đối giữa thực nghiệm và kết quả mô phỏng không quá $\delta = 2,3\%$. Tuy nhiên, xét đến độ phức tạp của quá trình, đặc biệt là sự biến đổi đột biến của tính chất nhiệt vật lý tại điểm kết đông thì sự sai khác trên đây là hoàn toàn chấp nhận được và mô hình lý thuyết này có thể áp dụng để nghiên cứu quá trình cấp đông của nhiều loại thực phẩm với độ tin cậy cao.

2.4 Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng nước đến thời gian cấp đông cá tra

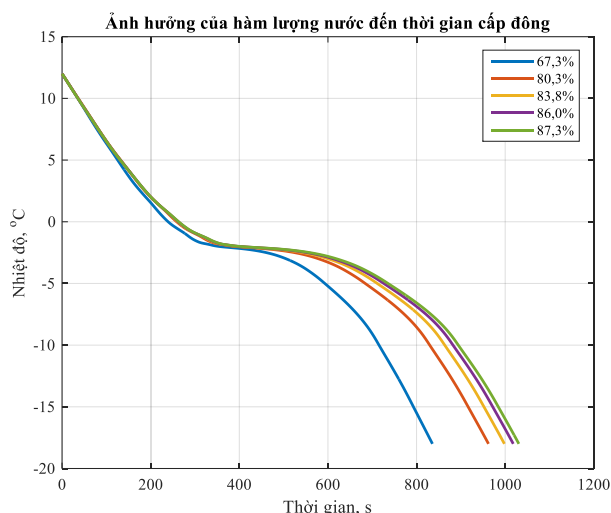
Trên cơ sở tính chất nhiệt vật lý của cá tra được xác định ở trên, để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng nước đến thời gian cấp đông, qua trình cấp đông được mô phỏng ở 3 chế độ điển hình, cụ thể ở các chế độ: (1) $t = -35$ °C, $\omega = 5$ m/s, (2) $t = -40$ °C, $\omega = 10$ m/s, (3) $t = -45$ °C, $\omega = 15$ m/s. Kết quả mô phỏng xác định thời gian cấp đông được thể hiện trong bảng 2 và hình 5(a,b,c,d)

Bảng 2. Ảnh hưởng của hàm lượng nước đến thời gian cấp đông

Hàm lượng nước (%)	(1)	(2)	(3)
67,3	1443	836	579
80,3	1662	962	665
83,8	1730	998	689
86,0	1765	1018	703
87,3	1787	1031	712

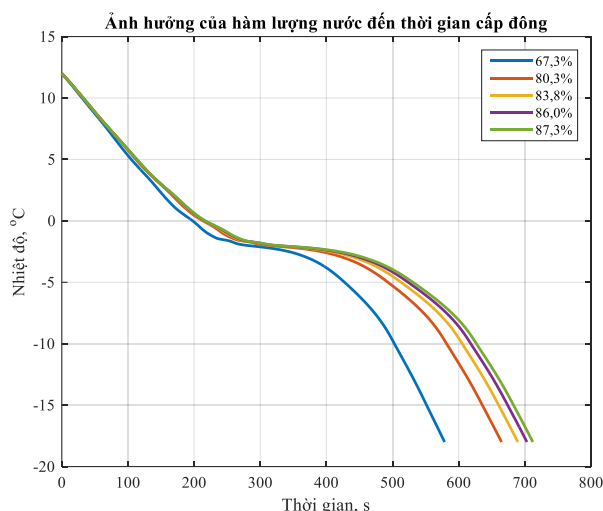


Hình 5a. Ảnh hưởng của hàm lượng nước có trong cá đến thời gian cấp đông ở chế độ $t = -35$ (°C) và $\omega = 5$ (m/s)



Hình 5b. Ảnh hưởng của hàm lượng nước có trong cá đến thời gian cấp đông ở chế độ

$t = -40 (^{\circ}\text{C})$ và $\omega = 10 \text{ (m/s)}$



Hình 5c. Ảnh hưởng của hàm lượng nước có trong cá đến thời gian cấp đông ở chế độ

$t = -45 (^{\circ}\text{C})$ và $\omega = 15 \text{ (m/s)}$

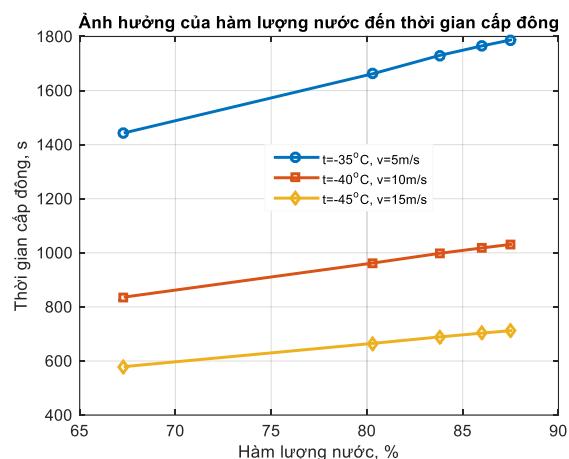
Dưới đây trình bày kết quả về việc áp dụng mô hình lí thuyết nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng nước đến thời gian cấp đông cá tra fillet.

Trên cơ sở kết quả mô phỏng trình bày ở bảng 2, thực hiện hồi quy tương quan giữa hàm lượng nước với thời gian cấp đông được thể hiện qua các phương trình (11-13) và trên hình 6:

$$\tau = 476.354 + 12.1077 \times x_w + 0.0334749 \times x_w^2 \quad (11)$$

$$\tau = 193.491 + 9.38156 \times x_w + 0.00244807 \times x_w^2 \quad (12)$$

$$\tau = 145.861 + 6.27106 \times x_w + 0.00244714 \times x_w^2 \quad (13)$$



Hình 6. Ảnh hưởng của hàm lượng nước đến thời gian cấp đông ở các chế độ khác nhau

Nhận xét

Căn cứ kết quả mô phỏng được trình bày trong bảng 2, phương trình hồi quy (11-13) và hình 6, cho thấy khi hàm lượng nước trong sản phẩm tăng thì thời gian cấp đông tăng, tuy nhiên mức độ tăng không đồng đều, trong vùng chưa kết đông thời gian làm lạnh gần như không đổi, giai đoạn kết đông khi hàm lượng nước tăng 1% tương ứng thời gian cấp đông tăng khoảng 1,3%, giai đoạn quá lạnh thời gian cấp đông thay đổi không đáng kể khi hàm lượng nước trong sản phẩm tăng.

III. Kết luận

Căn cứ kết quả xác định tính chất nhiệt vật lý của cá tra và kết quả mô phỏng xác định thời gian cấp đông, tác giả có các kết luận như sau:

- Xác định được ảnh hưởng của hàm lượng nước đến tính chất nhiệt vật lý của cá tra phụ thuộc vào nhiệt độ và thành phần hóa lý, khi hàm lượng nước tăng 1 %, trung bình hệ số dẫn nhiệt (λ) tăng 1,0 %, nhiệt dung riêng (c) tăng 1,8 %, enthalpy tăng 1,2 %;
- Xác định được ảnh hưởng của hàm lượng nước đến thời gian cấp đông của cá tra ở ba chế độ khác nhau, khi hàm lượng nước tăng 1 %, trung bình 1,3%;

Bài báo này trình bày kết quả xác định tính chất nhiệt vật lý của cá tra và thời gian cấp đông phụ thuộc vào hàm lượng nước là cơ sở quan trọng cho việc tối ưu hóa tiêu hao năng lượng và đảm bảo chất lượng cho quá trình làm lạnh và cấp đông cá tra nói riêng và cá da trơn nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <http://www.foodnk.com/gia-tri-dinh-duong-cua-ca-tra-ca-basa-ca-da-tron-viet-nam.html>;
- [2] <https://www.gso.gov.vn/du-lieu-va-so-lieu-thong-ke/2021/04/thi-truong-xuat-khau-ca-tra-dan-khoi-sac/>;
- [3] http://agro.gov.vn/vn/tid22345_ham-luong-nuoc-trong-ca-tra-xuat-khau-la-chi-tieu-ve-chat-luong.html
- [4] Choi, Y. and Okos M. R. - *Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods*, In: Food Engineering and Process Applications 1 (1986) 93-101;
- [5] Schwartzberg, H.G., *Effective Heat Capacities for the Freezing and Thawing of Food*. Journal of Food Science 41(1) (1976) pp.152-156;
- [6] Willix, J., Harris, M.B., and Carson, J.K., *Local surface heat transfer coefficients on a model beef side*. Journal of Food Engineering, 74, (2006), pp. 561–567.
- [7] Đỗ Hữu Hoàng (2014), *Nghiên cứu mô phỏng và xác định chế độ cấp đông hợp lý cho cá tra Việt Nam*, Luận văn tiến sĩ kỹ thuật, ĐHBKHNH;
- [8] Đỗ Hữu Hoàng, “*Nghiên cứu mô phỏng và xác định chế độ cấp đông cá tra fillet trên băng chuyền IQF*”, Tạp chí Khoa học công nghệ và thực phẩm 12, 2017;
- [9] Đỗ Hữu Hoàng, “*Mô phỏng quá trình cấp đông cá hồi fillet bằng phương pháp phần tử hữu hạn kết hợp với phần mềm ansys*”, Tạp chí năng lượng nhiệt, 9/2019, pp 16-22;
- [10] Roland W. Lewis, Perumal Nithiarasu, Kankanhalli N. Seetharamu, *Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow*, John Wiley & Sons Ltd, (2004), p154-170.

STUDY THE EFFECT OF MOISTURE CONTENT ON FREEZING TIME OF PANGASIU FILLET

Do Huu Hoang^{1*}, Hoang Thi Nam Huong²

¹*Faculty of Mechanical Technology, Ho Chi Minh City University of Food Industry*

²*Faculty of Mechanical Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology – Viet Nam National University – Ho Chi Minh City*

¹*Email: hoangdhuu@hufi.edu.vn*

ABSTRACT

The paper presents the results of study on the effect of moisture content on physical thermal properties and freezing time of pangasius fillets, when the moisture content increases by 1,0 %, thermal conductivity (λ) increases by 1,0 %. , specific heat (c) increased 1,8%, enthalpy increased 1,2% and freezing time (τ) increased 1,3 %.

Keywords: Moisture content, specific heat, thermal conductivity, enthalpy, freezing time.