

THỰC NGHIỆM KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA KẾT CẤU VÁCH ĐẾN TỔN THẤT NHIỆT CỦA HẦM BẢO QUẢN LẠNH TRÊN TÀU CÁ VỎ GỖ

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON THE INFLUENCE OF BULKHEAD STRUCTURE ON THERMAL LOSS IN REFRIGERATED FISH HOLDS OF WOODEN FISHING BOATS

TS. **Phạm Thanh Nhựt**
Trường Đại học Nha Trang

Email: nhutpt@ntu.edu.vn

TÓM TẮT

Kết cấu hầm bảo quản lạnh trên tàu cá vỏ gỗ đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo chất lượng sản phẩm sau khai thác. Trong nghiên cứu này, 03 mẫu hầm bảo quản lạnh của tàu cá vỏ gỗ được thiết kế, chế tạo và thử nghiệm. Kết cấu của vách hầm mô hình được thiết kế như của tàu thật với chiều dày lớp xốp cách nhiệt thay đổi lần lượt là 70mm, 100mm và 150mm (chiều dày lớp ván vỏ và ván ốp giữ nguyên). Hầm mô hình chứa 80% đá xay, được ngâm trong bể chứa nước biển trong thời gian chuyển biển 10 ngày. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình hầm với lớp xốp cách nhiệt dày 100mm cho hiệu quả cách nhiệt tốt hơn các mẫu khác. Bên cạnh đó, thời gian chuyển biển tốt nhất là không quá 7 ngày nhằm hạn chế tổn thất nhiệt qua vách.

Từ khóa: Tàu cá; Bảo quản lạnh; Tổn thất nhiệt; Kết cấu vách; Lớp cách nhiệt.

ABSTRACT

The refrigerated fish hold structure on wooden fishing boats plays a critical role in preserving the quality of harvested products. In this study, three scaled refrigerated fish hold models of wooden-hull fishing boats were designed, fabricated, and tested. The hull structures of the models replicate actual boat configurations, with varying insulation foam thicknesses of 70 mm, 100 mm, and 150 mm, while keeping the thicknesses of the inner and outer plywood layers constant. Each model hold was filled with 80% ice and submerged in a seawater tank to simulate a 10-day fishing voyage. The results indicate that the model with 100 mm insulation foam exhibited superior thermal insulation performance compared to the others. Furthermore, the optimal voyage duration should not exceed seven days to minimize thermal loss through the hold walls.

Keywords: Fishing boat; Cold storage; Heat loss; Bulkhead structure; Insulation layer. 

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Một trong những tổn thất lớn trên tàu cá vỏ gỗ đang được quan tâm hiện nay là tổn thất sau thu hoạch mà nguyên nhân chủ yếu là do công tác bảo quản sau thu hoạch chưa đảm bảo. Theo [1], mức tổn thất sau thu hoạch của ngành khai thác hải sản ước tính mỗi năm khoảng trên 20%, thậm chí lên đến 30%. Việc thiết kế và chế tạo hầm bảo quản lạnh không phù hợp cũng dẫn đến thất thoát nhiệt trong hầm [2]. Quy trình bảo quản đã được Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Việt Nam ban hành trong tài liệu hướng dẫn kỹ thuật vào năm 2019 [3].

Về kết cấu hầm bảo quản, tùy theo vật liệu chế tạo vỏ tàu mà kết cấu vách bảo quản là khác nhau. Đối với tàu vỏ gỗ, hầm lạnh chủ yếu được thiết kế kiểu sandwich gồm 3 lớp: ván vỏ – lớp xốp Polystyro (cách nhiệt) – lớp ván ốp [4].

Về phương pháp bảo quản lạnh và vật liệu cách nhiệt sử dụng trên tàu cá, Le Duc Trung [5] đã giới thiệu tổng quan về tổn thất sau thu hoạch và đề xuất giải pháp hạn chế tổn thất trong đánh bắt cá. Wibawa, P.A. và cộng sự [6] cho rằng lợi ích kinh tế mà ngư dân có thể thu được chủ yếu phụ thuộc vào chất lượng sản phẩm đánh bắt của họ. Nhóm tác giả đã nghiên cứu hiệu quả của phương pháp bảo quản cá bằng đá vảy so với đá khối. Nuzuli Fitriadi và cộng sự [7] đã nghiên cứu sử dụng vật liệu xơ dừa và Polyurethane để cách nhiệt cho hầm bảo quản trên tàu cá truyền thống. Đánh giá lợi ích của việc sử dụng chất làm lạnh tự nhiên trong chuỗi lạnh hải sản ở Ấn Độ đã được Santosh Kumar Saini và cộng sự thực hiện [8]. Theo đó, toàn bộ các chuỗi làm lạnh được nghiên cứu,

từ khâu thu hoạch cá, vận chuyển, phân loại, chế biến và bảo quản lâu dài. Trong nghiên cứu của Muhammad Abidin và cộng sự [9], vật liệu cách nhiệt trong hầm lạnh tàu cá được sử dụng là trấu (rice husk) thay cho xốp truyền thống (styrofoam). Kết quả cho thấy trong thời gian 24 giờ, tổn thất nhiệt của trấu gần tương đương với xốp.

Về bài toán truyền nhiệt và thiết kế, chế tạo hầm hoặc kho bảo quản lạnh, các nghiên cứu chủ yếu giới thiệu về truyền nhiệt và bảo quản lạnh cho các loại kho lạnh, tủ lạnh,... với các kiểu kết cấu vách và vật liệu khác nhau. Phạm Thanh Nhựt và cộng sự [10] đã tính toán tổn thất nhiệt cho một hầm bảo quản cá trên tàu vỏ composite. Nguyễn Đình Khương và cộng sự [4] đã nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình bảo quản lạnh của kết cấu hầm bảo quản sử dụng vật liệu Polystyro foam trên tàu cá vỏ gỗ.

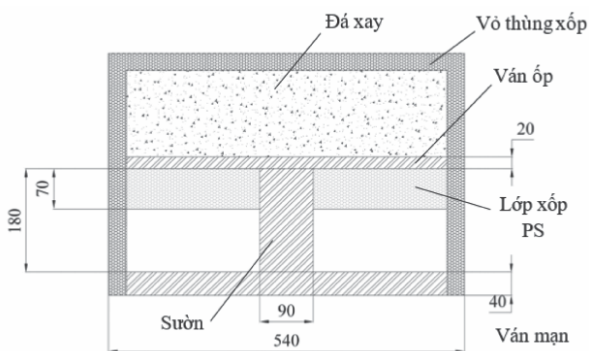
2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Ba mô hình (mẫu) hầm cá tàu vỏ gỗ có kích thước phủ bì dài x rộng x cao = 540 x 400 x 315 (mm). Một mặt của hầm (vách hầm) được thiết kế và chế tạo như vách hầm cá thật trên tàu với chiều dày lớp cách nhiệt mỗi mô hình lần lượt là 70mm, 100mm và 150mm. Đây chính là vách hầm cần nghiên cứu tổn thất nhiệt. Chiều dày của lớp gỗ trong cả ba mẫu thí nghiệm là không thay đổi. Thông số cụ thể của các vật liệu thể hiện ở Bảng 1 và Hình 1.

Bảng 1. Thông số vật liệu của các mẫu thực nghiệm

Mô hình số	Gồm các lớp	Độ dày	Hệ số dẫn nhiệt λ (W/m. $^{\circ}$ K)
1	Vách gỗ trong (ván ốp)	0,02	0,13
	Lớp cách ẩm	0,0005	0,001
	Xốp cách nhiệt	0,070	0,038
	Lớp cách ẩm	0,0005	0,001
	Lớp không khí	0,105	0,024
	Vách gỗ ngoài (ván mạn)	0,04	0,13
2	Vách gỗ trong (ván ốp)	0,02	0,13
	Lớp cách ẩm	0,0005	0,001
	Xốp cách nhiệt	0,1	0,038
	Lớp cách ẩm	0,0005	0,001
	Lớp không khí	0,08	0,024
	Vách gỗ ngoài (ván mạn)	0,04	0,13
3	Vách gỗ trong (ván ốp)	0,02	0,13
	Lớp chống thấm	0,0005	0,001
	Xốp cách nhiệt	0,15	0,038
	Lớp chống thấm	0,0005	0,001
	Lớp không khí	0,03	0,024
	Vách gỗ ngoài (ván mạn)	0,04	0,13



Hình 1. Mẫu số 1 có lớp cách nhiệt dày 70mm

Để tạo ra một môi trường thực nghiệm gần giống với thực tế, bề thực nghiệm được

thiết kế và chế tạo có kích thước dài x rộng x cao = 2000 x 1000 x 1200 (mm), chứa 2000 lít nước biển được làm lạnh bởi hệ thống lạnh đến nhiệt độ 25 $^{\circ}$ C.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Xác định tổn thất nhiệt qua vách hầm:

Để xác định tổn thất nhiệt qua vách hầm, trước hết cần thử nghiệm để tìm mật độ dòng nhiệt qua vách qua công thức [11]:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) \quad (1)$$

Trong đó: t_{w1} , t_{w2} là nhiệt độ bên trong và bên ngoài vách ($^{\circ}\text{C}$).

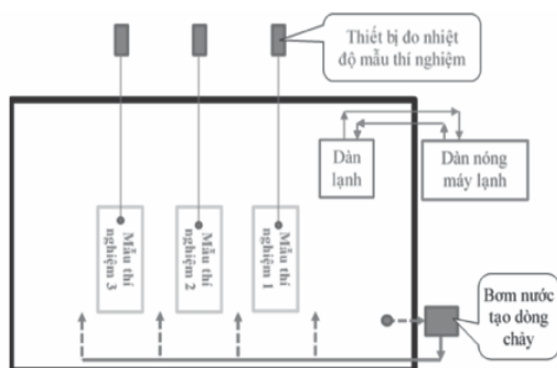
Theo (1), để tìm q ta cần biết nhiệt độ tại 2 bề mặt của kết cấu vách, chủ yếu là lớp xốp cách nhiệt. Do đó, thí nghiệm đầu tiên là xác định nhiệt độ bên trong và bên ngoài lớp cách nhiệt sau khi nhiệt độ bên trong hầm ổn định.

- Xác định ảnh hưởng chiều dày lớp cách nhiệt đến tổn thất nhiệt trong thời gian chuyển biến 10 ngày:

Thí nghiệm tiếp theo là khảo sát sự thay đổi nhiệt độ bên ngoài lớp cách nhiệt theo thời gian chuyển biến 10 ngày (sau khi nhiệt độ bên trong hầm đã ổn định) nhằm đánh giá sự ảnh hưởng của chiều dày lớp cách nhiệt đến tổn thất nhiệt qua kết cấu vách theo thời gian chuyển biến 10 ngày.

- Phương pháp chạy thử nghiệm:

Nước biển trong bể chứa được làm lạnh bởi hệ thống lạnh đến nhiệt độ 25°C . Bơm nước ly tâm tạo dòng chảy liên tục vào hai vách của mẫu thí nghiệm, giống như tàu đang di chuyển liên tục trên mặt nước. Ba mẫu thử được đổ 80% đá xay vào bên trong và được chìm trong bể nước biển với độ ngập 70% như hầm cá trên tàu (Hình 2).



Hình 2. Sơ đồ bố trí mô hình bể thực nghiệm

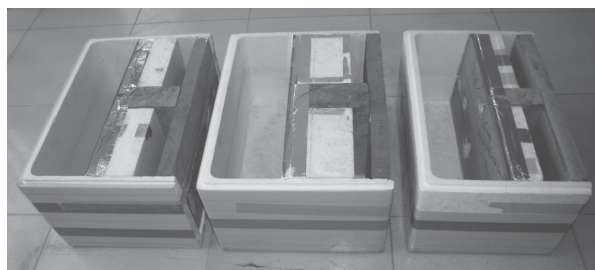
- Phương pháp lấy dữ liệu:

Mỗi mẫu thí nghiệm đặt 2 đầu đo cảm biến nhiệt ở mặt trong và mặt ngoài của lớp xốp cách nhiệt. Nhiệt độ được theo dõi và ghi chép 30 phút mỗi lần. Kết quả cuối cùng là trung bình cộng của 3 mẫu.

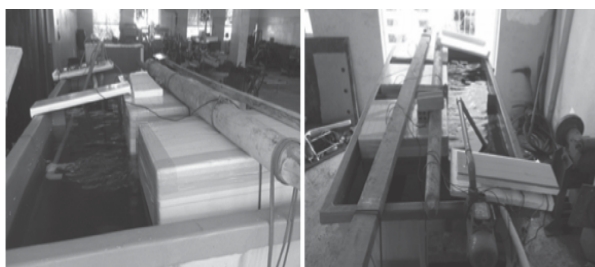
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả chế tạo và thử nghiệm mô hình hầm cá

Mô hình hầm bảo quản cá được thể hiện ở Hình 3, mô hình bể thí nghiệm với 3 mô hình hầm cá được thể hiện ở Hình 4.



Hình 3. Mô hình hầm cá tàu vỏ gỗ



Hình 4. Mô hình bể thí nghiệm đang hoạt động

3.2. Kết quả đo sau khi nhiệt độ bên trong hầm ổn định

Kết quả đo sau khi nhiệt độ bên trong hầm ổn định được thể hiện ở Bảng 2, nhiệt độ trung bình của vách tính từ khi nhiệt độ bên trong hầm ổn định và tổn thất nhiệt được thể hiện ở Bảng 3.

Bảng 2. Kết quả đo nhiệt độ hai bên lớp xốp cho đến khi nhiệt độ bên trong ổn định

Mốc thời gian (giờ)	Mẫu 1 (lớp cách nhiệt dày 70mm)		Mẫu 2 (lớp cách nhiệt dày 100mm)		Mẫu 3 (lớp cách nhiệt dày 150mm)	
	Nhiệt độ mặt trong, °C	Nhiệt độ mặt ngoài, °C	Nhiệt độ mặt trong, °C	Nhiệt độ mặt ngoài, °C	Nhiệt độ mặt trong, °C	Nhiệt độ mặt ngoài, °C
Ban đầu	3,5	16,3	3,6	20,6	3,5	23,8
1	3,4	16,0	3,5	20,4	3,0	23,7
1,5	3,2	15,9	3,2	20,1	2,7	23,5
2	2,8	15,5	2,9	19,8	2,2	23,3
2,5	2,3	15,2	2,4	19,5	2,0	23,1
3	2,0	15,0	2,1	19,3	1,6	22,9
3,5	1,7	15,7	1,7	19,1	1,4	22,8
4	1,4	15,6	1,3	18,8	1,0	22,5
4,5	1,0	16,1	1,0	18,6	1,0	21,8
5	1,0	16,7	1,0	18,4	1,0	21,2
5,5	1,0	17,5	1,0	18,2	1,0	20,7

Bảng 3. Nhiệt độ trung bình và tổn thất nhiệt của vách

Thông số	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
Nhiệt độ trung bình vách trong t_{w1} (°C)	1,00	1,00	1,00
Nhiệt độ trung bình vách ngoài t_{w2} (°C)	16,77	18,40	21,55
Tổn thất nhiệt của vách Q (W)	1,18	0,86	0,77

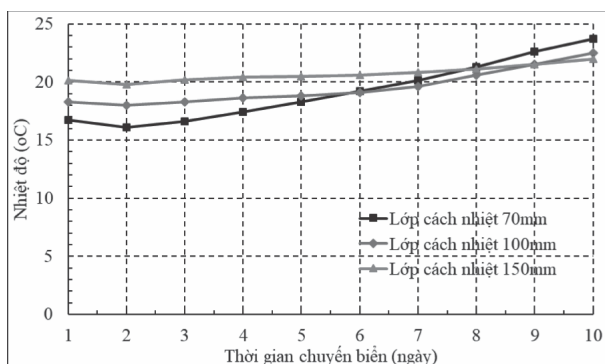
Bảng 4. Kết quả đo nhiệt độ theo thời gian chuyển biến

Mốc thời gian (ngày)	Nhiệt độ mặt ngoài vách ứng với từng chiều dày lớp xốp (°C)		
	70 (mm)	100 (mm)	150 (mm)
1	16,7	18,3	20,1
2	16,1	18,0	19,8
3	16,6	18,3	20,2
4	17,4	18,6	20,4
5	18,3	18,8	20,5
6	19,2	19,1	20,6
7	20,1	19,6	20,8
8	21,3	20,6	21,1
9	22,6	21,5	21,5
10	23,7	22,5	22,0

3.3. Kết quả đo nhiệt độ trong thời gian chuyển biến 10 ngày

Kết quả đo nhiệt độ trong thời gian chuyển biến 10 ngày được thể hiện ở Bảng 4 và Hình 5.





Hình 4. Biểu đồ thay đổi nhiệt độ trong thời gian chuyển biến

3.4. Thảo luận

- Từ Bảng 2 cho thấy nhiệt độ bên trong hầm hầu như giống nhau cho cả 3 loại mẫu, sau khi giảm đến khoảng 4 giờ thì nhiệt độ trong hầm bắt đầu ổn định ở 1°C. Tuy nhiên, nhiệt độ bên ngoài hầm khác nhau đáng kể. Nhiệt độ của mẫu 1 (lớp xốp dày 70mm) nhỏ nhất và mẫu 3 (lớp xốp dày 150mm) cao nhất. Trong đó, nhiệt độ bên ngoài vách mẫu 1 giảm dần từ ban đầu đến 4 giờ sau đó tăng trở lại, trong khi nhiệt độ của mẫu 2 và 3 tăng đều từ 0 giờ đến 5,5 giờ. Điều này cho thấy nhiệt độ thẩm thấu qua vách của mẫu 1 khá nhanh trong khi mẫu 2 và 3 khá ổn định.

- Bảng 3 cho thấy tổn thất nhiệt qua vách của mẫu 1 là khá cao (1,18W) trong khi mẫu 2 và 3 thấp hơn và chênh nhau không đáng kể (0,86W và 0,77W).

- Bảng 4 và Hình 5 cho thấy sau ngày đầu tiên giảm do nhiệt độ thẩm thấu nhanh qua vách, nhiệt độ bên ngoài vách đã tăng liên tục từ ngày thứ 2 đến ngày thứ 10. Trong đó, nhiệt độ tăng mạnh hơn sau ngày thứ 7. Điều này cho thấy đối với tàu cá vỏ gỗ, thời gian chuyển biến tốt nhất là không quá 7 ngày nhằm hạn chế tổn thất nhiệt. Nhiệt độ của mẫu 3 biến thiên ít và khá ổn định, trong khi nhiệt độ của mẫu 1 và 2

biến thiên nhanh và vượt qua mẫu 3 sau khoảng 6 ngày đến 8 ngày. Nhìn chung nhiệt độ của mẫu 2 và 3 khá gần nhau trong toàn bộ thời gian chuyển biến. Do đó, việc tăng lớp xốp quá lớn giúp hạn chế tổn thất nhiệt không đáng kể trong khi chi phí chế tạo tăng lên.

4. KẾT LUẬN

- Việc chế tạo và thử nghiệm mô hình hầm cá tàu vỏ gỗ là rất cần thiết để đánh giá tổn thất nhiệt của hầm bảo quản trong khi tính toán lý thuyết chưa có độ tin cậy.

- Kết quả nghiên cứu cho thấy chiều dày lớp xốp cách nhiệt nên được chọn là 100mm sẽ đảm bảo tốt hơn về hiệu quả kinh tế. Cùng với đó, thời gian chuyển biến tốt nhất là không quá 7 ngày nhằm hạn chế tổn thất nhiệt qua vách hầm.

- Cần tiếp tục nghiên cứu thêm về ảnh hưởng của chiều dày lớp ván vỏ và ván ốp để đánh giá tổn thất nhiệt một cách toàn diện hơn. ❖

Ngày nhận bài: 16/4/2025

Ngày phản biện: 05/5/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Trí Ái, Nguyễn Như Sơn (2019), “Hiện trạng công nghệ bảo quản sản phẩm trên tàu cá xa bờ các tỉnh phía Nam”. Tạp chí Khoa học Công nghệ và Thực phẩm, No. 18(2), pp. 110-121.
- [2]. Michael Shawyer and Avilio F. Medina Pizzali (2003), “The use of ice on small fishing vessels”. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [3]. Tổng cục Thủy sản (2019), “Tài liệu hướng dẫn kỹ thuật: Quy trình bảo quản sản phẩm trên tàu khai thác hải sản xa bờ”. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn.

- [4]. Nguyễn Đình Khương (2018), “*Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình bảo quản lạnh của kết cấu hầm bảo quản sử dụng vật liệu Polystyro foam trên tàu cá vỏ gỗ*”, Luận văn Thạc sĩ.
- [5]. Le Duc Trung (2017), “*Postharvest losses of fisheries in Vietnam an overview and some solutions*”. Journal of Technical Education Science, No. 43, pp. 47-54.
- [6]. Wibawa, P.A., Birmingham R.W., Warmadewanthi I.D.A.A (2022), “*Comparing Life Cycle Assessment of Fish Preservation Method on Fishing Vessels in Indonesia*”. Earth and Environmental Science, No, 1095.
- [7]. Nuzuli Fitriadi, Balkhaya, Herdi Susanto (2023), “*Cocopeat insulated cold storage performance on traditional fishing boats*”. American Institute of Physics Conference Series.
- [8]. Santosh Kumar SAINI, Mani Sankar DASGUPTA, Kristina N. WIDELL, Souvik BHATTACHARYYA (2022). “*Assessment of benefits of employing natural refrigerants in seafood cold chain in India*”, 15th IIR-Gustav Lorentzen conference on Natural Refrigerants.
- [9]. Muhammad Abidin, Alam Baheramasyah, Ede Mehta Wardhana (2018), “*Cooling System Design for Cold Storage of Traditional Fishing Boat Using Insulation from Rice Husk*”. International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, Vol 3(1), pp. 34-39.
- [10]. Phạm Thanh Nhựt, Trịnh Văn Bình, Trần Đình Tứ (2022), “*Xác định lượng tổn thất nhiệt và đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả bảo quản lạnh trên tàu cá vỏ composite*”, Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản, Số 4/2022, pp. 42-50.
- [11]. Nguyễn Đức Lợi (2006), “*Hướng dẫn thiết kế hệ thống lạnh*”, NXB Khoa học và Kỹ thuật.