

THỰC NGHIỆM CẤP ĐÔNG TÔM THẺ VỚI SỰ HỖ TRỢ CỦA SÓNG SIÊU ÂM

EXPERIMENT ON ULTRASOUND – ASSISTED FREEZING OF WHITE SHRIMP

SV. **Đinh Công Duẩn**, PGS, TS. **Nguyễn Thế Bảo**

Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Cấp đông là một phương pháp phổ biến, hiệu quả nhất để bảo quản thực phẩm. Tuy nhiên, phương pháp cấp đông truyền thống vẫn mất khá nhiều thời gian để cấp đông sản phẩm, làm giảm chất lượng sản phẩm sau quá trình cấp đông. Việc ứng dụng sóng siêu âm trong quá trình cấp đông sẽ là một công nghệ mới và đầy hứa hẹn giúp giảm thời gian cấp đông sản phẩm. Do mỗi sản phẩm cấp đông đều có các đặc tính khác nhau nên việc lựa chọn thông số sóng siêu âm hỗ trợ hiệu quả cho quá trình cấp đông các sản phẩm khác nhau là không giống nhau. Bài báo trình bày ảnh hưởng của sóng siêu âm tới thời gian cấp đông tôm thẻ tại các mức công suất 0W, 75W, 100W, 125W, 150W và 175W.

Từ khoá: Sóng siêu âm; Quá trình cấp đông; Tôm thẻ; Thời gian cấp đông.

ABSTRACT

Freezing is one of the most popular and efficient methods of food preservation. However, traditional freezing takes quite a long time to freeze food products and decreases their quality. The application of ultrasound is a new and promising technique to reduce freezing time. Because each product has different characteristics, therefore, the selection of ultrasound parameters that support food freezing processes is different. This article presents the effects of ultrasound on freezing time during the freezing process of peeled white shrimps with ultrasound power levels: 0W, 75W, 100W, 125W, 150W, and 175W.

Keywords: Ultrasound; Freezing Process; White Shrimp; Freezing Time.

1. GIỚI THIỆU

Tôm thẻ là mặt hàng có giá trị kinh tế cao của Việt Nam. Theo tạp chí người nuôi tôm, ước tính, năm 2023, xuất khẩu tôm của Việt Nam đạt 384,4 nghìn tấn, trị giá 3,346 tỉ USD. Trong đó, xuất khẩu sang Hoa Kỳ, Nhật Bản và châu Âu chiếm tỉ trọng lớn nhất. Do đây đều là những thị trường lớn nên yêu cầu rất cao về chất lượng tôm, nên việc bảo đảm chất lượng tôm xuất khẩu là một việc rất quan trọng. Hiện nay, phương pháp phổ biến được sử dụng ở nước ta để bảo quản tôm xuất khẩu là cấp đông tôm nhanh và đưa vào bảo quản ở kho lạnh có nhiệt độ không lớn hơn -18°C . Tuy nhiên, trong quá trình cấp đông, khi chuyển các phân tử lỏng chuyển dạng sang tinh thể băng, thể tích riêng của nước tăng khoảng 10%. Chính sự hình thành của các tinh thể băng đã phá vỡ mô và cấu trúc tế bào tôm, dẫn đến sự đổi màu và suy giảm giá trị dinh dưỡng thực phẩm. Có thể nói, kích thước của các tinh thể băng có ảnh hưởng đáng kể tới chất lượng sản phẩm cấp đông [1]. Nếu kích thước các tinh thể băng lớn và phân bố không đều (bên trong và bên ngoài tế bào) có nguy cơ cao phá vỡ cấu trúc tế bào. Điều này xảy ra khi tốc độ cấp đông không đủ nhanh. Mặt khác, các tinh thể băng có kích thước nhỏ và phân bố đều có khả năng duy trì cấu trúc tế bào tốt hơn [1]. Sự phân bố đều này thường xảy ra ở tốc độ cấp đông cao [1]. Có nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng cấp đông với sự hỗ trợ của sóng siêu âm (UAF) ở mức công suất siêu âm phù hợp có thể làm giảm thời gian cấp đông của sản phẩm. Sự thúc đẩy tốc độ cấp đông của sóng siêu âm chủ yếu dựa vào sự tạo mầm băng và sự thúc đẩy quá trình trao đổi nhiệt và chất. Sự tạo mầm băng gồm hai giai đoạn chủ yếu: tạo mầm thứ cấp và tạo mầm sơ cấp. Trong quá trình tạo mầm sơ cấp, một số bong bóng được tạo ra nhờ sự nén và giãn của sóng siêu âm. Các bong bóng này, tùy theo việc chúng có khả năng phát nổ hay không, được

chia làm hai loại: bong bóng ổn định và bong bóng tạm thời. Bong bóng ổn định thường được sinh ra ở cường độ siêu âm thấp. Chuyển động ổn định của các bong bóng này thúc đẩy quá trình truyền nhiệt và chất. Ở giai đoạn tạo mầm thứ cấp, các bong bóng tạm thời vỡ ra, giải phóng nhiệt độ và áp suất cục bộ cao, ngay lập tức tạo thành các sóng xung kích, phá hủy cấu trúc dạng gai của các tinh thể băng, hạn chế kích thước của các tinh thể băng ban đầu. Bên cạnh đó, cách mảnh vỡ nhỏ mới hình thành sau khi tinh thể băng bị phá vỡ đóng vai trò như những hạt nhân tinh thể, có thể tiếp tục phát triển thành lượng lớn các tinh thể băng mới, do đó làm giảm thời gian cấp đông [2].

Tuy nhiên, sự hiệu quả của sóng siêu âm trong việc hỗ trợ cấp đông còn phụ thuộc vào cường độ sóng siêu âm, thời gian phát sóng và thuộc tính của vật liệu cấp đông [3], mỗi loại vật liệu khác nhau khi cấp đông sẽ cần có chế độ siêu âm phù hợp riêng. Do đó, tiến hành lựa chọn chế độ siêu âm phù hợp là cần thiết để có thể tối ưu được thời gian cấp đông vật liệu tương ứng. Phần thực nghiệm này được tiến hành để tìm ra mức công suất siêu âm tối ưu nhất (trong số các mức siêu âm được lựa chọn) cho quá trình cấp đông tôm thẻ.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu

Tôm thẻ (loại 30-35 con tươi sống/kg) được mua tại thành phố Hồ Chí Minh và vận chuyển đến nơi thí nghiệm trong vòng 30 phút. Để có kết quả rõ ràng nhất, tôm được bóc vỏ và đầu, chỉ để lại phần ruột. Khối lượng ruột tôm cho một mẻ cấp đông là 1000g (khoảng 58-62 ruột tôm/mẻ). Khối lượng của một ruột tôm lấy mẫu là khoảng 18-20g, nhiệt độ tôm trước khi cấp đông vào khoảng $10-12^{\circ}\text{C}$.



2.2. Thiết bị thí nghiệm

- Tủ cấp đông gió chế độ lạnh 2 cấp với buồng cấp đông có kích thước: 800 x 600 x 500 mm. Năng suất thiết kế của tủ: 1 kg/mẻ trong vòng 1h.



Hình 2.1. Tủ cấp đông gió

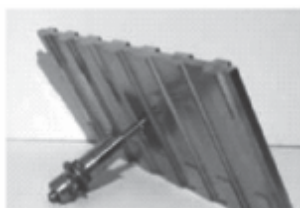
- Bộ phát sóng siêu âm bao gồm các thiết bị:

- + Thiết bị tạo sóng siêu âm CDEXIM0620 (hình 2.2):



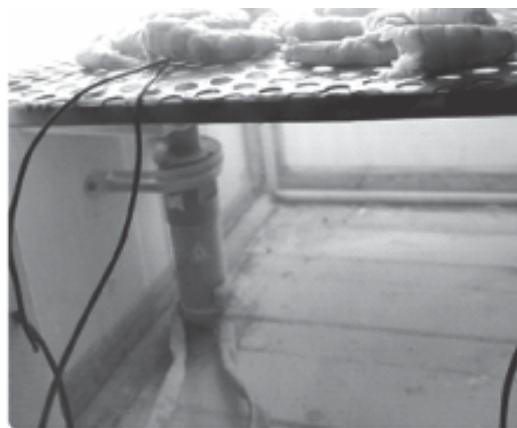
Hình 2.2. Thiết bị tạo sóng siêu âm CDEXIM0620

- + Đầu phát sóng siêu âm dạng tấm:



Hình 2.3. Đầu phát sóng siêu âm dạng tấm bạc

- + Trong tủ đông, đầu phát sóng siêu âm dạng tấm được cố định vào vách trong tủ, đầu phát xạ hướng lên trên, song song và nằm bên dưới khay cấp đông (hình 2.4). Tần số sóng siêu âm được sử dụng trong thí nghiệm là 20 kHz.



Hình 2.4. Bố trí đầu phát sóng siêu âm trong tủ đông

2.3. Thiết bị đo

2.3.1. Thiết bị đo nhiệt độ

Thí nghiệm sử dụng thiết bị đo nhiệt độ DS-1 (-50°C 70°C → 1°C). Thiết bị có đầu dò kim loại và kích thước đầu dò thiết bị phù hợp để cắm vào giữa con tôm.



Hình 2.5. Thiết bị đo nhiệt độ DS-1

2.3.2. Thiết bị đo khối lượng

Thí nghiệm sử dụng cân khối lượng Super SS (sai số 5g).



Hình 2.6. Cân SuperSS

2.3.3. Thiết bị đo điện năng cho một mẻ cấp đông

Thí nghiệm sử dụng đồng hồ công tơ điện 1 pha 2 dây 220V Emic CV140 để đo điện năng tiêu thụ của toàn bộ hệ thống cho một mẻ cấp đông.



Hình 2.7. Công tơ điện 1 pha

2.3.4. Thiết bị đo công suất sóng siêu âm

Thí nghiệm sử dụng đồng hồ đo công suất PZEM – 022 kết hợp với điều chỉnh công suất trên bộ nguồn để cho ra công suất sóng siêu âm mong muốn sử dụng.



Hình 2.8. Đồng hồ đo công suất sóng siêu âm

2.3.5. Thiết bị đo thời gian gián đoạn

Thí nghiệm sử dụng Rơ-le luân phiên Omron DH48S-S để thiết lập tỉ lệ gián đoạn (thời gian bật – tắt) phát sóng siêu âm.



Hình 2.9. Rơ-le luân phiên Omron DH48S-S

2.4. Cách thức tiến hành

Khởi động, chạy máy và chờ cho tới khi nhiệt độ không khí trong buồng cấp đông đạt tới -35°C . Trong lúc chờ máy chạy, tiến hành xử lý bóc vỏ tôm và làm lạnh tôm về nhiệt độ 10°C . Khi nhiệt độ không khí trong buồng đạt -35°C , tiến hành gắn đầu dò nhiệt độ vào giữa thân tôm, sau đó tiến hành bỏ tôm lên khay cấp đông trong tủ.



Hình 2.10. Tôm trên khay



Tôm được xếp lên khay dạng 1 lớp và không chồng lên nhau. Các con tôm có gắn đầu dò nhiệt độ ở tất cả các lần thí nghiệm đều được đặt tại cùng một vị trí (ngay phía đầu khay cấp đông và bên trên bộ phát siêu âm). Tiến hành ghi lại nhiệt độ tôm sau mỗi 5 phút, cho tới khi nhiệt độ tâm tôm đạt -18°C thì kết thúc thí nghiệm. Sóng siêu âm được bật từ lúc bắt đầu đưa tôm vào tới khi kết thúc thí nghiệm.

Cách điều chỉnh công suất sóng siêu âm: Dừng phát sóng trên bộ nguồn, sau đó điều chỉnh mức công suất mong muốn. Mức công suất mong muốn được đo và hiển thị bằng số trên đồng hồ đo mức công suất PZEM – 022.

Cách tạo tỉ lệ gián đoạn (thời gian dừng – phát) sóng siêu âm: Kết nối rơ-le luân phiên với cổng Input trên bộ nguồn siêu âm, cài đặt giá trị thời gian bật – tắt trên rơ-le luân phiên, sau đó cấp nguồn cho rơ-le.

Cách đo điện năng tiêu thụ cho một mẻ: Điện năng tiêu thụ của toàn hệ thống được đo qua công tơ điện 1 pha CV140.

2.5. Nội dung thực nghiệm

Nội dung phần thực nghiệm bao gồm:

- Thực nghiệm ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm tới thời gian cấp đông tôm tại các mức công suất: 0W, 75W, 100W, 125W, 150W và 175W.

- Thực nghiệm ảnh hưởng của tỉ lệ gián đoạn sóng siêu âm A tới thời gian cấp đông với: $A = 0$ là phát sóng liên tục; $A = 0,4$ là 30s bật, 20s tắt; $A = 0,8$ là 30s bật, 120s tắt; $A = 1$ là không sử dụng sóng siêu âm.

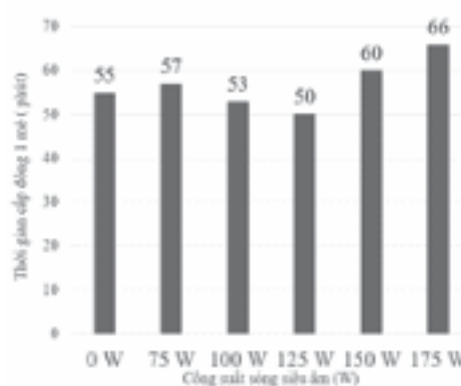
- Theo dõi mức tiêu thụ điện năng tại

các mức công suất 0W, 75W, 100W và 125W.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

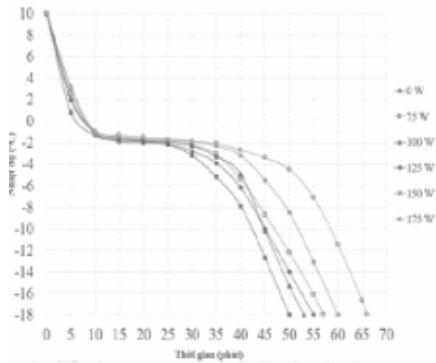
3.1. Ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm tới thời gian cấp đông

Thí nghiệm được tiến hành ở các mức công suất siêu âm 0W, 75W, 100W, 125W, 150W và 175W.



Hình 3.1. Biểu đồ thời gian cấp đông trên một mẻ theo các mức sóng siêu âm khác nhau

Căn cứ vào biểu đồ trên hình 3.1 cho thấy thời gian tại mức công suất siêu âm 100W (50 phút) và 125W (53 phút), thời gian cấp đông được rút ngắn hơn so với khi không có sự hỗ trợ của sóng siêu âm (55 phút). Điều này khẳng định rằng đối với tôm thì mức công suất siêu âm 100W và 125W có đem lại hiệu quả trong việc giảm thời gian cấp đông. Trong khi đó, thời gian cấp đông khi sử dụng mức công suất siêu âm 75W (57 phút), 150W (60 phút) và 175W (65 phút) lại cao hơn so với khi không sử dụng sóng siêu âm. Giá trị này có xu hướng tăng lên khi công suất siêu âm tăng. Như vậy, có thể xác nhận rằng không phải mức công suất siêu âm nào cũng hỗ trợ tích cực trong việc giảm thời gian cấp đông tôm. Khi công suất quá yếu hoặc quá mạnh đều ảnh hưởng tới thời gian cấp đông.



Hình 3.2. Đường cong cấp đông thực tế tại các mức công suất siêu âm

Để làm rõ quá trình cấp đông, ta xem xét đường cong cấp đông thực tế của các quá trình trên hình 3.2. Đường cong trên được lập bởi các giá trị nhiệt độ được ghi lại mỗi 5 phút/1 lần. Do thời gian ghi lại tương đối lâu, nên so với đường cong cấp đông lý thuyết cho thực phẩm, đường cong cấp đông không thể hiện rõ được điểm Supercooling (điểm quá lạnh – điểm có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ đóng băng, nhưng khi đó sự hình thành các tinh thể băng vẫn chưa bắt đầu). Tuy nhiên, căn cứ vào những đường cong cấp đông thực tế này, ta vẫn có thể xác định được tương đối điểm đóng băng (freezing point) của tôm.

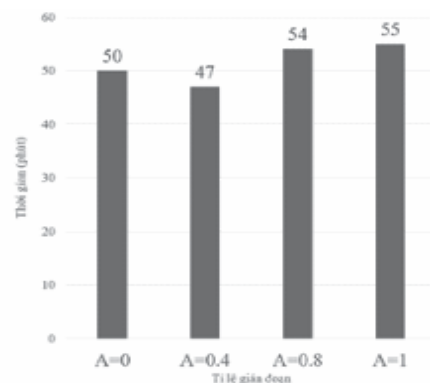
Thông thường, quá trình cấp đông thường được chia làm ba giai đoạn: Giai đoạn làm lạnh (vật liệu được làm lạnh tới điểm đóng băng, nhiệt độ giảm nhanh chóng); giai đoạn chuyển pha (tính từ điểm đóng băng tới khoảng -5°C , tinh thể băng bắt đầu được hình thành, nhiệt bị lấy đi là nhiệt ẩn, nhiệt độ hầu như không đổi, chỉ giảm nhẹ do sự tăng nồng độ dung dịch); và giai đoạn quá lạnh xuống nhiệt độ yêu cầu [4]. Hình 3.2 cho thấy điểm đóng băng của các mẫu tôm thực nghiệm vào khoảng $-1,2$ tới $-1,9^{\circ}\text{C}$. Trong đó, mẫu tôm tại mức sóng siêu âm 125W có điểm đóng băng thấp nhất $-1,9^{\circ}\text{C}$, tại 100W là $-1,8^{\circ}\text{C}$, tại 75W

là $-1,5^{\circ}\text{C}$, tại 150W là $-1,4^{\circ}\text{C}$ và mẫu tại mức siêu âm 175W có điểm đóng băng cao nhất $-1,2^{\circ}\text{C}$. Mẫu tôm có điểm đóng băng càng thấp thì có xu hướng kết thúc giai đoạn chuyển pha càng nhanh, từ đó giúp kết thúc sớm quá trình cấp đông. Thời gian cho giai đoạn chuyển pha nhanh nhất là tại mức 125W với 20 phút, tại 100 W là 25 phút, tại 75W là 25 phút, tại 150W là 29 phút và lâu nhất là tại mức 175W với 35 phút. Như vậy, có thể thấy, thời gian cấp đông khi sử dụng sóng siêu âm thay đổi chủ yếu ở giai đoạn chuyển pha. Điều này là phù hợp với nhận định sóng siêu âm tác động tới quá trình cấp đông chủ yếu qua việc hình thành các mầm băng và thúc đẩy quá trình trao đổi nhiệt – chất [2].

3.2. Ảnh hưởng của tỉ lệ gián đoạn tới thời gian cấp đông

Dựa trên thực nghiệm, ta nhận thấy mức công suất 125 W cho thời gian cấp đông tốt nhất nên ta lựa chọn mức công suất này để thực nghiệm theo tỉ lệ gián đoạn A. Các mức gián đoạn A được chọn để thực hiện thí nghiệm là:

- A = 0: Phát sóng liên tục;
- A = 0,4: 30s bật, 20s tắt;
- A = 0,8: 30s bật, 120s tắt;
- A = 1: Không sử dụng sóng siêu âm.



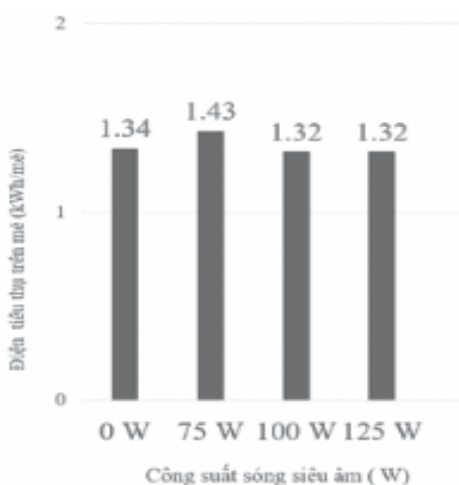
Hình 3.3. Biểu đồ thời gian cấp đông theo tỉ lệ gián đoạn A tại mức công suất siêu âm 125W

Tuy có hỗ trợ tích cực trong việc làm giảm thời gian cấp đông nhưng một số nghiên cứu chỉ ra rằng lượng nhiệt sinh ra trong khi phát sóng siêu âm liên tục cần được xem xét đến [5]. Lượng nhiệt sinh ra này có thể ảnh hưởng tới thời gian cấp đông. Kết quả trên hình 3.3 cho thấy, khi chọn tỉ lệ phát sóng siêu âm là 0,4 (30s bật, 20s tắt) thì thời gian cấp đông thu được là tốt nhất là 47 phút so với 50 phút khi phát sóng siêu âm liên tục. Do đó, có thể nói việc lựa chọn thời gian phát sóng siêu âm cũng là việc cần thiết để tối ưu thời gian cấp đông.

3.3. Mức tiêu thụ năng lượng khi sử dụng phương pháp cấp đông có hỗ trợ sóng siêu âm

Ngoài việc rút ngắn thời gian cấp đông thì vấn đề năng lượng khi sử dụng sóng siêu âm trong cấp đông tôm cũng là vấn đề nên được xem xét.

Thí nghiệm ghi lại năng lượng điện tiêu thụ của hệ thống từ khi đưa tôm vào cấp đông tới khi tôm đạt -18°C tại các mức công suất siêu âm: 0W, 75W, 100W và 125W. Việc đo điện năng tiêu thụ được thực hiện qua công tơ điện 1 pha CV140.



Hình 3.4. Biểu đồ tiêu thụ điện năng trên một mẻ cấp đông

Hình 3.4 cho thấy tại mức công suất 125W, lượng điện năng tiêu thụ là ít nhất, ít hơn khoảng 1,5% so với khi không sử dụng sóng siêu âm. Đồng thời, mức công suất 125W cũng là mức hỗ trợ giảm thời gian tốt nhất. Trong khi đó, mức công suất 75W lại tiêu thụ điện nhiều hơn khoảng 7% so với khi không có sự hỗ trợ của sóng siêu âm. Qua đây, có thể khẳng định quá trình cấp đông tôm với sự hỗ trợ của sóng siêu âm công suất 125W cho ra thời gian cấp đông và mức tiêu thụ điện năng thấp nhất.

4. KẾT LUẬN

Quá trình thực nghiệm cho thấy sóng siêu âm có những ảnh hưởng nhất định tới quá trình cấp đông tôm. Tại mức công suất 125W và tỉ lệ gián đoạn 0,4 thì sóng siêu âm hỗ trợ tích cực nhất trong việc làm giảm thời gian cấp đông và tiết kiệm điện năng tiêu thụ. ❖

Ngày nhận bài: 12/4/2024

Ngày phản biện: 02/5/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. L.D. Kaale, T.M. Eikevik, T. Bardal, E. Kjorsvik, T.S Nordtvedt. (2013). *The effect of cooling rates on the ice crystal growth in air-packed salmon fillets during superchilling and superchilled storage*. International Journal Of Refrigeration 36, 110-119.
- [2]. Xuan Ma, Jun Mei, Jing Xie. (2021). *Mechanism of ultrasound assisted nucleation during freezing and its application in food freezing process*. International Journal of Food Properties 24, 68-88.
- [3]. Ying Xin, Min Zhang, B. Adhikari. (2014). *Ultrasound assisted immersion freezing of broccoli*. Ultrasonics Sonochemistry 21, 1728-1735.
- [4]. Y. Ying, Y. Xiang, J. Liu, X. Chen, L. Hu, Y. Li, Y. Hu. (2021). *Optimization of ultrasonic-assisted freezing of Penaeus Chinenis by response surface methodology*. Food Quality and Safety 5, 1-9.
- [5]. Da – Wen Sun, Bing Li. (2002). *Microstructural change of potato tissues frozen by ultrasound-assisted immersion freezing*. Journal of Food Engineering 57, 337-345.