

KHẢO SÁT SỰ KHÔNG ĐỒNG NHẤT CỦA NHIỆT ĐỘ TRONG KHÔNG GIAN 3 CHIỀU CỦA THIẾT BỊ GIA NHIỆT VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ KHÔNG ĐỒNG NHẤT ĐẾN HỆ SỐ THANH TRÙNG (F-VALUE) TRONG CHẾ BIẾN HAM

Võ Tấn Thành¹

ABSTRACT

In this research, 3D temperature distributions in airspace and in product were investigated in relation to cooking values of ham. Industrial scale was applied in this research (volume of cooking chamber is 7.2m³ contained 700kg of ham), 36 wireless temperature sensors were used to record airspace temperature each 30 seconds and 8 wireless temperature sensors were used for core temperature at the same rate. During process, 3D visualisations of airspace were made. The uniformity of airspace temperature could read a level of 95% with the acceptable temperature difference of 1°C during core temperature is less, the difference of F values at several positions in cooking chamber reach to 34% which are affected on the uniformity of ham. Heat transfer coefficient can play a very important role in heat treatment of ham, it is mainly related to the air flow pattern in cooking chamber and need to be controlled to have a uniformity of product characteristics.

Keywords: *Temperature distribution, Cooking chamber*

Title: *Three dimensional temperature distribution in cooking chamber and effect of non-uniformity of temperature on cooking values of ham*

TÓM TẮT

Nghiên cứu phân bố nhiệt độ môi trường và nhiệt độ sản phẩm trong không gian ba chiều của thiết bị hấp thịt (thể tích 7,2m³ chứa 700kg sản phẩm) được thực hiện. 36 cảm biến được sử dụng đo đặc nhiệt độ môi trường và 8 cảm biến được sử dụng đo đặc nhiệt độ trung tâm sản phẩm với khoảng cách giữa 2 lần ghi là 30 giây. Biểu diễn phân bố nhiệt độ của môi trường và sản phẩm, tính toán chỉ số đồng nhất tương ứng với môi trường và sản phẩm. Kết quả cho thấy, nhiệt độ môi trường đồng nhất đến 95% với khác biệt nhiệt độ 1°C trong khi khác biệt nhiệt độ sản phẩm trong quá trình chế biến cao dẫn đến khác biệt chỉ số thanh trùng của sản phẩm là 34%. Hệ số truyền nhiệt bề mặt từ môi trường đến sản phẩm có vai trò quyết định đến nhiệt độ sản phẩm trong quá trình chế biến và cần được kiểm soát để sản phẩm đồng nhất về chất lượng.

Từ khóa : *Phân bố nhiệt độ, phòng hấp sản phẩm*

1 MỞ ĐẦU

Sự đồng nhất của nhiệt độ sản phẩm là yêu cầu của tất cả các hoạt động chế biến sản phẩm, giúp sản phẩm tiếp cận thị trường với sự đồng nhất về chất lượng. Không đồng nhất nhiệt độ sản phẩm không những là nguyên nhân làm giảm chất lượng thực phẩm mà còn làm cho sản phẩm có mức độ an toàn kém. Ví dụ như

¹ Bộ môn Công Nghệ Thực Phẩm, Khoa NN & SHƯĐ, Trường Đại học Cần Thơ

trong chế biến nhiệt thực phẩm, sự không đồng nhất sẽ là nguyên nhân làm màu sắc, cấu trúc, dinh dưỡng của sản phẩm không đồng nhất (Sun *et al.*, 2007). Trong các thiết bị gia nhiệt luôn tồn tại những vùng có nhiệt độ của môi trường gia nhiệt khác với nhiệt độ của hệ thống điều khiển đặc biệt do trong các thiết bị gia nhiệt có kích thước lớn, Smout *et al.* (2000) thực hiện một số thí nghiệm trong quá trình thanh trùng đồ hộp và ghi nhận có sự khác biệt nhiệt độ của môi trường truyền nhiệt tại các vị trí khác nhau dẫn đến sự khác biệt chỉ số thanh trùng (F value) từ 14,9% đến 63%. Khác biệt 1°C trong thiết bị thanh trùng sẽ làm thay đổi 25% chỉ số thanh trùng cũng được ghi nhận trong báo cáo của Lewis (2006). DHSS (1994) đề nghị trong quá trình tiệt trùng đồ hộp để sản phẩm được an toàn (đồng nhất về an toàn) nhiệt độ môi trường gia nhiệt không được chênh lệch 0,5°C so với nhiệt độ cài đặt của thiết bị.

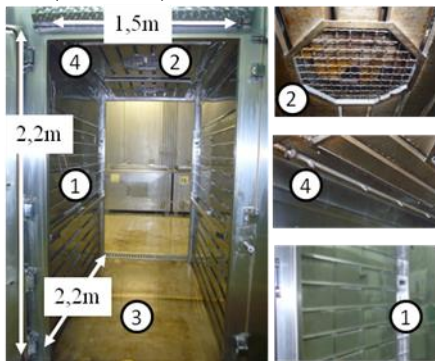
Trong chế biến Ham, việc gia nhiệt sản phẩm với vai trò làm chín thay đổi cấu trúc và tiêu diệt vi sinh vật tồn tại trong sản phẩm. Vấn đề chính trong việc chế biến sản phẩm để có sản phẩm có chất lượng đồng nhất và an toàn cao là làm thế nào kiểm soát được nhiệt độ trung tâm. Việc truy tìm các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình truyền nhiệt sẽ giúp kiểm soát đồng nhất sản phẩm trong quá trình chế biến.

Nghiên cứu phân bố nhiệt 3D của môi trường truyền nhiệt và sản phẩm giúp ta tìm chính xác nguyên nhân gây ra sự khác biệt của nhiệt độ và tìm phương pháp kiểm soát các nguyên nhân sẽ góp phần tạo sản phẩm có chất lượng đồng nhất.

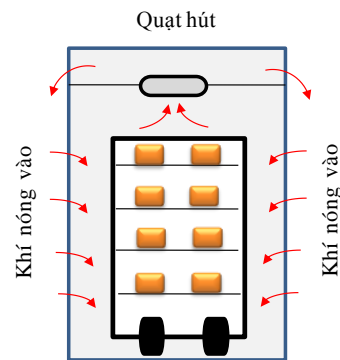
2 PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1 Phương tiện

Thí nghiệm được thực hiện trên qui mô công nghiệp tại nhà máy chế biến thịt Meat Supply Co. Ltd, Vương quốc Bỉ. Thiết bị có kích thước dài 2,2m ngang 1,5m và cao 2,2m (Hình 1).



Hình 1: Mô tả thiết bị gia nhiệt



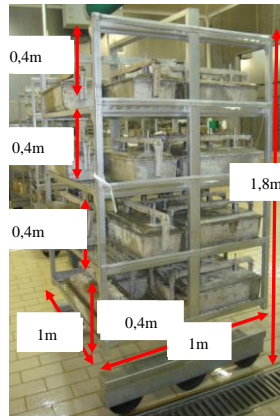
Hình 2: Môi trường truyền nhiệt di chuyển trong thiết bị

Hơi nước bão hòa ở áp suất 4 bar được phối trộn với không khí nhằm tạo hỗn hợp không khí - hơi nước. Hỗn hợp là môi trường truyền nhiệt để gia nhiệt sản phẩm đến nhiệt độ chế biến theo yêu cầu. Trong quá trình chế biến, nhiệt độ môi trường truyền nhiệt được khống chế không quá 72°C.

Môi trường truyền nhiệt được cho vào theo hướng 2 bên thiết bị (1). Nhiệt độ của môi trường truyền nhiệt được điều khiển nhờ hệ thống van tự động. Môi trường

truyền nhiệt được luân chuyển trong thiết bị nhờ hai quạt hút (2) nhằm gia tăng độ đồng nhất nhiệt độ môi trường trong quá trình gia nhiệt. Đường đi của môi trường truyền nhiệt được thể hiện ở hình 2. Trong quá trình gia nhiệt, nước sẽ ngưng tụ và rơi xuống phía dưới thiết bị gia nhiệt (3) và được đưa ra bên ngoài. Một hệ thống làm lạnh phun nước trực tiếp (4) được bố trí bên trên dùng làm nguội sản phẩm sau khi xử lý nhiệt.

Hai xe có kích thước 1m x 1m x 2m (Hình 3) chứa các khuôn chứa thịt (mỗi khuôn chứa 10-12,5kg) đã xử lý, mỗi xe có thể chứa 350kg thịt.

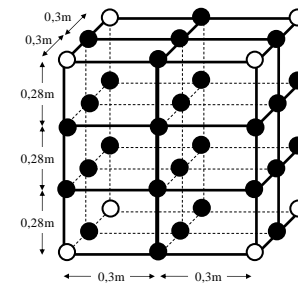


Hình 3: Xe chứa các khuôn chứa thịt trước khi chế biến

Việc thu nhận dữ liệu để tính toán phân bố nhiệt độ của môi trường gia nhiệt và sản phẩm trong không gian 3 chiều của thiết bị chế biến nhờ các nhiệt kế tự ghi. 36 nhiệt kế tự ghi đã được hiệu chỉnh chính xác (Dallas Thermochron iButton DS1922T-F5) (Hình 4) có khả năng ghi được nhiệt độ trong khoảng 0-120°C với độ chính xác +/- 0,5°C được sử dụng để ghi lại nhiệt độ của môi trường gia nhiệt trong suốt quá trình chế biến. Các nhiệt kế tự ghi được bố trí theo ma trận 3x4x3 kích thước được mô tả chi tiết ở hình 5.



Hình 4: Nhiệt kế tự ghi dùng đo đặc nhiệt độ của môi trường truyền nhiệt (Dallas Thermochron iButton, DS1922T-F5)



Hình 5: Bố trí nhiệt kế theo ma trận 3x4x3 để khảo sát phân bố nhiệt của môi trường truyền nhiệt

Nhiệt độ trung tâm sản phẩm thu nhận do bố trí 8 nhiệt kế tự ghi TEMP 1000P (Hình 6) được hiệu chỉnh chính xác tại các góc của ma trận (Hình 5). Nhiệt kế tự ghi có khả năng ghi nhiệt độ trong khoảng -100°C đến 260°C với độ phân giải 0,1°C (Hình 6).



Hình 6: Nhiệt kế tự ghi TEMP 100P dùng đo nhiệt độ trung tâm sản phẩm

2.2 Phương pháp thí nghiệm

Sử dụng nhiệt kế tự ghi ghi lại nhiệt độ nơi môi trường truyền nhiệt xung quanh sản phẩm và trung tâm sản phẩm bố trí theo không gian 3 chiều (Hình 5) với thời gian giữa 2 lần ghi dữ liệu là 30 giây. Thời gian gia nhiệt của cả quá trình là 15 giờ.

Biểu diễn phân bố nhiệt độ của môi trường truyền nhiệt bằng phương pháp nội suy trong không gian 3 chiều với chương trình Matlab 7.0. Chỉ số đồng nhất được tính toán dựa trên khái niệm đồng nhất nhiệt độ với một khác biệt nhiệt độ cho phép mô tả chi tiết trong nghiên cứu của Van Brecht *et al.* (2002), Thanh *et al.* (2007). Mức độ đồng nhất I_{temp} được định nghĩa là phần trăm thể tích có nhiệt độ dao động trong khoảng $T_{tb} - \Delta T$ và $T_{tb} + \Delta T$ trên tổng thể tích quan sát V với T_{tb} là nhiệt độ trung bình và ΔT là khác biệt nhiệt độ cho phép.

$$I_{temp} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{V} \quad (2-1)$$

I_{temp} : Mức độ đồng nhất (%); V_i : thể tích của vùng đồng nhất nhiệt độ (m^3) ($V_i=0$ nếu nhiệt độ không nằm trong khoảng $T_{tb} \pm \Delta T$); V : tổng thể tích quan sát (m^3).

Chỉ số thanh trùng F (F -value) thể hiện mức độ tiêu diệt các vi sinh vật ảnh hưởng đến việc an toàn khi sử dụng và bảo quản sản phẩm được tính toán dựa trên phương pháp phổ biến (*general method*) với hằng số kháng nhiệt của vi sinh vật z được chọn là $10^\circ C$ và nhiệt độ tham chiếu sử dụng là $70^\circ C$. Công thức tính toán chỉ số thanh trùng F theo công thức sau:

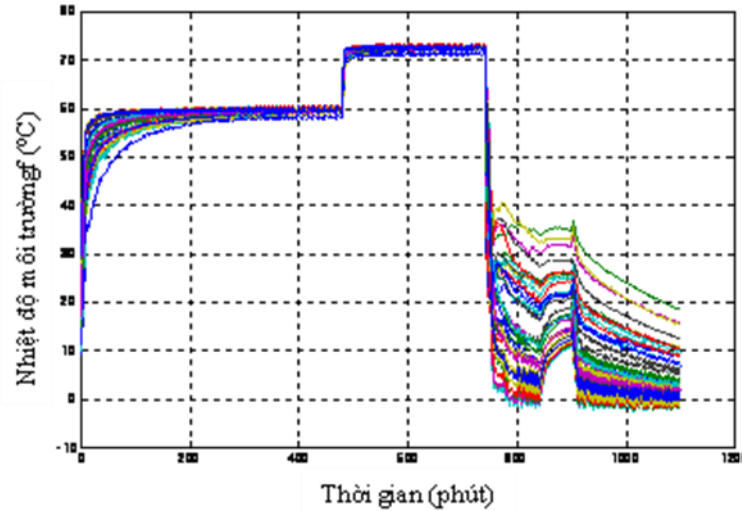
$$F = \int_0^t 10^{\frac{T(t)-T_{ref}}{z}} \quad (2-2)$$

F : chỉ số thanh trùng (F -value) (phút); T_{ref} : nhiệt độ tham chiếu $70^\circ C$; z : hằng số kháng nhiệt của vi sinh vật $10^\circ C$; $T(t)$: nhiệt độ sản phẩm tại thời điểm t ; t : thời gian xử lý nhiệt (phút).

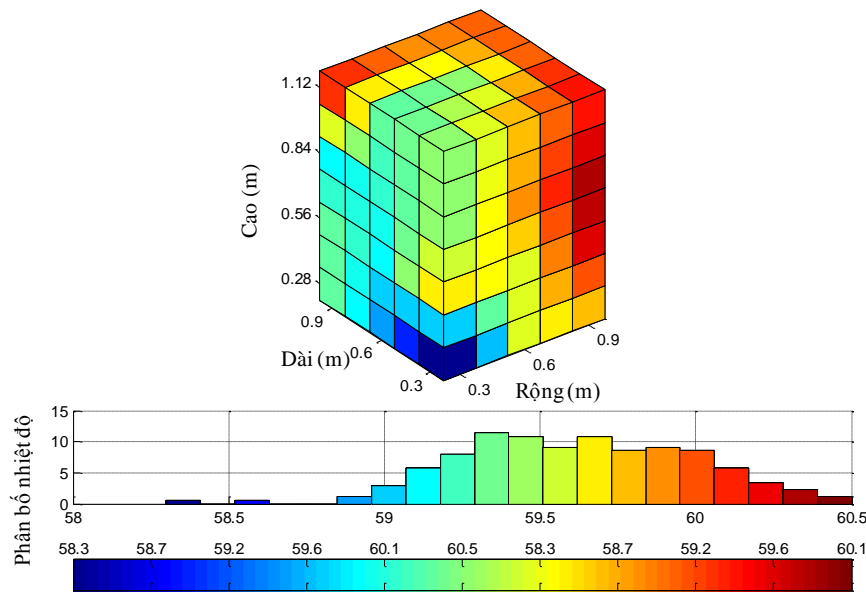
3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Phân bố nhiệt độ 3D trong môi trường truyền nhiệt

Phân bố nhiệt độ của môi trường truyền nhiệt trong thiết bị gia nhiệt thay đổi theo thời gian chế biến thể hiện ở đồ thị hình 7. Ví dụ biểu diễn 3D của phân bố nhiệt độ môi trường truyền nhiệt sau 360 phút của quá trình chế biến của một xe chứa vật liệu ở hình 8.



Hình 7: Nhiệt độ môi trường truyền nhiệt tại 36 vị trí trong quá trình chế biến

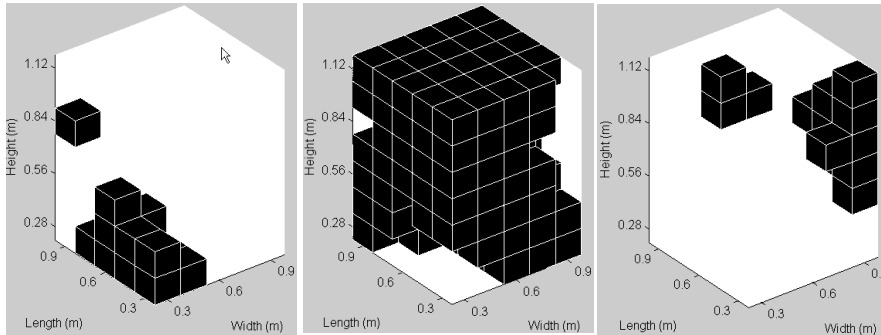


Hình 8: Phân bố 3D nhiệt độ môi trường truyền nhiệt sau 360 phút của quá trình chế biến

Kết quả ở hình 7 cho thấy, nhiệt độ môi trường truyền nhiệt không đồng nhất lúc bắt đầu chế biến sau đó dần dần ổn định tại thời điểm cuối của quá trình và khác biệt ở mức cao ở thời điểm làm nguội (phun nước trực tiếp). Biểu diễn phân bố nhiệt độ trên một xe vật liệu sau 360 phút (Hình 8) nhiệt độ trung bình được ghi nhận là 59,6°C với dao động quanh 0,5°C.

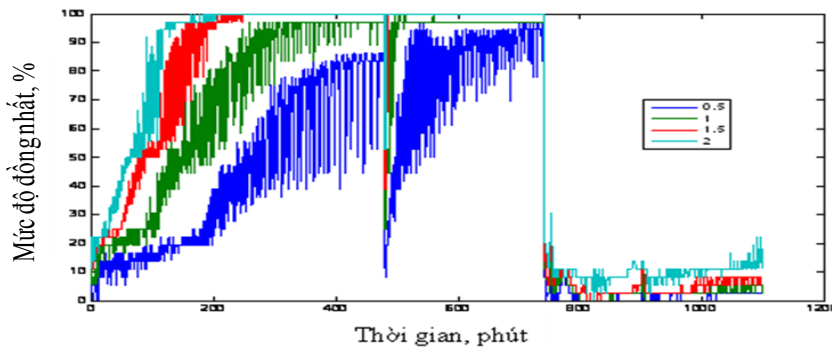
3.2 Tính toán đồng nhất nhiệt độ của môi trường truyền nhiệt

Sự dao động nhiệt độ của môi trường truyền nhiệt trong suốt quá trình chế biến. Kết quả sự không đồng nhất của nhiệt độ của môi trường truyền nhiệt cũng khác biệt theo từng thời điểm chế biến. Phân tích chỉ số đồng nhất I_{temp} theo công thức (2-1), kết quả thể hiện tại thời điểm 360 phút sau khi chế biến với nhiệt độ khác biệt quan sát là 1°C (Hình 9).



Hình 9: Vị trí của các vùng đồng nhất nhiệt độ trong thiết bị chế biến tại thời điểm 360 phút chế biến với khác biệt nhiệt độ có thể chấp nhận 1°C

Hình 9 cho thấy có 3 vùng khác biệt nhiệt độ: vùng nóng (nhiệt độ lớn hơn 61,1°C) chiếm thể tích 14%, vùng lạnh (nhiệt độ nhỏ hơn 59,1°C) chiếm 11% và vùng có nhiệt độ trung bình trong khoảng $59,6 \pm 0,5^\circ\text{C}$ là 75%. Tổng số 3 vùng được tính toán 100%, do đó có thể nói tại thời điểm 360 phút của quá trình chế biến chỉ tồn tại 3 vùng như mô tả bên trên. Tính toán mức độ đồng nhất của nhiệt độ môi trường truyền nhiệt cho cả tiến trình với các mức độ của nhiệt độ cho phép (ΔT) 0,5°C, 1°C, 1,5°C và 2°C thể hiện ở đồ thị hình 10.

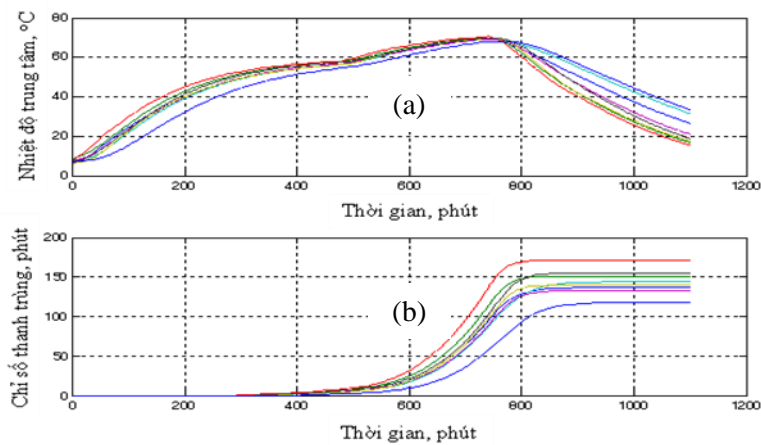


Hình 10: Đồng nhất của nhiệt độ môi trường truyền nhiệt theo thời gian tại các mức độ nhiệt độ cho phép 0,5°C, 1°C, 1,5°C và 2°C

Kết quả thể hiện trong hình 10 cho thấy mức độ đồng nhất cao tương ứng với nhiệt độ cho phép cao. Với khác biệt nhiệt độ cho phép 1°C hệ số đồng nhất có thể đạt > 95% vào thời điểm 200 phút sau khi gia nhiệt đến cuối quá trình gia nhiệt.

3.3 Nhiệt độ trung tâm sản phẩm thay đổi trong quá trình chế biến và sự khác biệt tại 8 vị trí khác nhau

Nhiệt độ trung tâm sản phẩm tăng và giảm theo việc tăng và giảm của nhiệt độ môi trường gia nhiệt (Hình 11). Có sự khác biệt khá lớn về nhiệt độ trung tâm sản phẩm trong khoảng 400 phút đầu của quá trình chế biến và sự khác biệt thu nhỏ dần ở giai đoạn tiếp theo. Sự không ổn định nhiệt độ môi trường truyền nhiệt lúc ban đầu là nguyên nhân gây nên sự khác biệt (xem Hình 7). Tuy nhiên, sự không đồng nhất của nhiệt độ của sản phẩm vẫn xảy ra. Nhiệt độ môi trường gia nhiệt gần đồng nhất (tương ứng với một khác biệt nhiệt độ cho phép), nhưng nhiệt độ sản phẩm có sự khác biệt lớn. Vì vậy ngoài yếu tố đồng nhất về môi trường truyền nhiệt. Một yếu tố khác có ảnh hưởng đến quá trình truyền nhiệt từ môi trường đến sản phẩm. Theo lý thuyết, hệ số truyền nhiệt bề mặt góp phần làm khác biệt nhiệt độ trung tâm của sản phẩm. Hệ số truyền nhiệt bề mặt phụ thuộc các yếu tố: Vận tốc di chuyển của không khí, tính chất vật lý của môi trường truyền nhiệt, tính chất vật lý của vật liệu (kích thước, khối lượng riêng, hệ số dẫn nhiệt...). Với một sản phẩm xác định (tính chất vật lý của môi trường truyền nhiệt và vật liệu xác định), hệ số truyền nhiệt bề mặt quan hệ chủ yếu với vận tốc của môi trường truyền nhiệt. Kiểm soát vận tốc khí đồng nhất trong môi trường sẽ góp phần làm đồng nhất vật liệu trong quá trình chế biến.



Hình 11: (a) Biểu diễn nhiệt độ trung tâm sản phẩm trong quá trình chế biến
(b) Thay đổi chỉ số thanh trùng F trong quá trình chế biến

3.4 Chỉ số thanh trùng tại 8 vị trí trong thiết bị chế biến

Chỉ số thanh trùng tính theo công thức (2-2) phụ thuộc chính vào nhiệt độ trung tâm của sản phẩm. Khác biệt nhiệt độ trung tâm dẫn đến sự khác biệt chỉ số thanh trùng. Kết quả tính toán chỉ số thanh trùng tại 8 vị trí trong quá trình gia nhiệt thể hiện ở hình 11(b).

Hình 11b cho thấy trong khoảng 400 phút đầu tiên giá trị F của quá trình thanh trùng gần như bằng không. Kết quả này cũng phù hợp với nhiều nghiên cứu cho rằng 43% thời gian thanh trùng có giá trị F bằng không.

Sự khác biệt chỉ số thanh trùng trong nghiên cứu là 34% là quá lớn, cần có các biện pháp xác định phân bố vận tốc không khí trong thiết bị (air flow pattern)

nhằm tiến đến điều khiển trực tuyến (online) phân bố vận tốc khí giúp sản phẩm đạt chất lượng đồng nhất.

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

4.1 Kết luận

Sự không đồng nhất nhiệt độ trong môi trường và sản phẩm đã xảy ra trong quá trình chế biến ham. Tuy nhiên, đồng nhất nhiệt độ của môi trường có thể đạt hơn 95 % tương ứng với nhiệt độ khác biệt 1°C phù hợp với khuyến cáo của DHHS. Tuy nhiên, nhiệt độ sản phẩm rất khác biệt là nguyên nhân dẫn đến chỉ số thanh trùng F thay đổi quá lớn (34%). Với một sản phẩm xác định, quá trình truyền nhiệt từ môi trường đến sản phẩm không chỉ tùy thuộc vào nhiệt độ môi trường mà còn phụ thuộc vào hệ số truyền nhiệt bề mặt từ bên ngoài môi trường đến sản phẩm. Hệ số truyền nhiệt bề mặt phụ thuộc vào phân bố vận tốc của môi trường truyền nhiệt đã làm cho sản phẩm không đồng nhất về nhiệt độ dẫn đến sự khác biệt về chỉ số thanh trùng ảnh hưởng đến mức độ an toàn của sản phẩm khi chế biến. Trong quá trình chế biến nhiệt việc xác định các đường đẳng vận tốc (*air flow pattern*) là cần thiết giúp thiết kế hệ thống có thể kiểm soát đồng nhất chất lượng sản phẩm trong quá trình chế biến.

4.2 Đề nghị

Nghiên cứu trên là cơ sở để ứng dụng trong các quá trình chế biến nhiệt (hấp, chần, thanh trùng, tiệt trùng, bảo quản lạnh, lạnh đông...) nhằm kiểm soát đồng nhất chất lượng sản phẩm khi đưa ra thị trường.

- Đề nghị khảo sát sự không đồng nhất sản phẩm trong quá trình lạnh đông, bảo quản các sản phẩm lạnh đông.
- Phát triển phương pháp đo đặc hệ số truyền nhiệt bề mặt nhằm: xác định các vùng không đồng nhất (quá lạnh hoặc quá nóng) tiến đến thiết kế hệ thống điều khiển để nâng cao tính đồng nhất của sản phẩm trong quá trình xử lý nhiệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- DHSS (1994) Guidelines for the Safe Production of Heat Preserved Foods. Department of Health, HMSO, London
- Lewis M J (2006) Thermal processing. In: Brennan J G. Food Processing Handbook. Willey-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. ISBN: 978-3-527-30719-7
- Smout C; Van Loey A M L; Hendrickx M E G (2000) Non-uniformity of Lethality in Retort Processes Based on Heat Distribution and Heat Penetration data. *Journal of Food Engineering*, 45(2), 103-110
- Sun W D (2007) Computational Fluid Dynamics in Food Processing. CRC Press, Taylor & Francis Group
- Thanh V T, Van Brecht A, Vranken E, Berckmans D (2007) Modelling of Three Dimensional Air Temperature Distribution in Porous Media. *Journal of Biosystems Engineering*. 96(3), 345-360. (*EurAgEng Outstanding Paper Award 2008*)
- Van Brecht A; Aerts J M; Berckmans D (2002) Quantification and Control of the Spatio-Temporal Gradients in an Incubator. *Avian and Poultry Biology Reviews*