

High pressure processing technology of aquatic products

Binh Q. Truong

Faculty of Fisheries, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Review Paper

Received: February 20, 2022

Revised: March 15, 2022

Accepted: April 13, 2022

Keywords

Aquatic products

Freezing

Gelation

High pressure processing

Lipid oxidation

Corresponding author

Truong Quang Binh

Email: tqbinh@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

High-pressure processing is an emerging technology in the food industry. The application of high-pressure processing has shown a huge potential for improving the physicochemical, microbial, and sensory quality of aquatic products. The inactivation of microorganisms and autolytic enzymes by high-pressure processing results in an extension of fish muscles' shelf life. High pressure inhibits the formation of putrefactive compounds and maintains the hardness of fish muscles, resulting in higher sensory quality compared to untreated muscle over storage time. However, the drawbacks such as discoloration, protein denaturation, and lipid oxidation could limit the application of high pressure on fish muscles. Besides, the gel formed by pressure-induction or high-pressure freezing/thawing of aquatic is being investigated intensively to obtain the benefits of high-pressure processing on aquatic products.

Cited as: Truong, B. Q. (2022). High pressure processing technology of aquatic products. *The Journal of Agriculture and Development* 21(2), 35-44.

Công nghệ chế biến bảo quản thủy sản bằng áp suất cao

Trương Quang Bình

Khoa Thủy Sản, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo tổng quan

Ngày nhận: 20/02/2022

Ngày chỉnh sửa: 15/03/2022

Ngày chấp nhận: 13/04/2022

Từ khóa

Chế biến áp suất cao

Đông lạnh

Gel hóa

Oxy hóa chất béo

Thủy sản

Tác giả liên hệ

Trương Quang Bình

Email: tqbinh@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Chế biến áp suất cao là một công nghệ đang nổi trong ngành công nghiệp thực phẩm. Việc áp dụng áp suất cao đã cho thấy tiềm năng lớn trong việc cải thiện chất lượng hóa lý, vi sinh và cảm quan của sản phẩm. Áp suất cao làm bất hoạt vi sinh vật và các enzym tự phân giải, giúp kéo dài thời gian bảo quản của sản phẩm thủy sản. Áp suất cao ức chế sự hình thành của các hợp chất gây hư hỏng và duy trì độ cứng của cơ cá, dẫn đến chất lượng cảm quan cao hơn so với sản phẩm thủy sản không được xử lý qua thời gian bảo quản. Tuy nhiên, sự đổi màu, biến tính protein và quá trình oxy hóa chất béo là những hạn chế có thể giới hạn việc áp dụng áp suất cao lên cơ cá. Bên cạnh đó, gel tạo ra do áp suất cao hay đông lạnh/rã đông dưới áp suất cao là các lĩnh vực đang được nghiên cứu để tìm ra những lợi ích của chế biến áp suất cao cho sản phẩm thủy sản.

1. Đặt Vấn Đề

Hiện nay trên thế giới, nhu cầu của người tiêu dùng đối với sản phẩm chế biến tối thiểu (chế biến ở mức độ tối thiểu nhưng vẫn đạt được yêu cầu chế biến), không dùng chất phụ gia và giữ thực phẩm gần như tươi mới sau khi chế biến đang gia tăng một cách nhanh chóng. Nhu cầu này đã làm bùng nổ việc nghiên cứu và ứng dụng các công nghệ chế biến tiên tiến, không sử dụng nhiệt (cả nhiệt lạnh và nhiệt nóng) như chiếu xạ thực phẩm, chế biến bằng điện từ trường và chế biến áp suất cao (chế biến áp suất cao) (Buckow & Bull, 2013). Đặc biệt, chế biến áp suất cao không như những phương pháp chế biến không gia nhiệt khác chỉ có tác dụng bảo quản, chế biến áp suất cao khi sử dụng một mình hay kết hợp với những phương pháp chế khác có thể tạo ra những sản phẩm thực phẩm giá trị gia tăng có chất lượng cao. Cụ thể, chế biến áp suất cao có

thể tạo ra những sản phẩm gel protein có cấu trúc chặt chẽ, đàn hồi cao và bề mặt mịn màng hơn so với hệ gel protein được tạo bằng nhiệt. Hơn nữa, sự kết hợp của chế biến áp suất cao với gia nhiệt ở nhiệt độ thấp hơn có thể tạo ra những sản phẩm tương tự như đồ hộp với chất lượng dinh dưỡng và cảm quan cao hơn so với tiệt trùng bằng nhiệt (Sevenich & ctv., 2013). Về mặt bảo quản, áp suất cao (áp suất cao) có thể tiêu diệt vi sinh vật và enzyme gây hư hỏng thực phẩm nhưng hầu như không ảnh hưởng đến các thành phần dinh dưỡng và cảm quan của thực phẩm. Do đó, việc bảo quản với áp suất cao có thể tạo ra những sản phẩm tươi hơn, dinh dưỡng hơn so với các kỹ thuật chế biến truyền thống khác. Việc áp dụng áp suất để bảo quản thực phẩm lần đầu tiên được nghiên cứu vào năm 1899. Khi đó, Hite đã dùng áp lực cao để tiêu diệt vi sinh vật và kéo dài thời gian bảo quản sữa (Hite, 1899). Tuy nhiên, do những giới hạn về mặt công nghệ và vấn đề an

toàn thiết bị, nên việc nghiên cứu ứng dụng chế biến áp suất cao mới thực sự diễn ra rộng rãi sau đó gần 100 năm nhờ vào các tiến bộ khoa học và kỹ thuật. Từ thập niên 90 của thế kỷ trước, những sản phẩm chế biến áp suất cao đã lần đầu tiên được thương mại hoá thành công tại Nhật Bản. Ngày nay, xu hướng chủ yếu của công nghệ chế biến áp suất cao đang là nghiên cứu và bắt đầu thương mại hoá rộng rãi công nghệ này trên toàn thế giới. Một số sản phẩm chế biến áp suất cao đã có mặt trên thị trường bao gồm nước trái cây, mứt trái cây, thịt gia súc, gia cầm, hải sản, cá hồi, surimi v.v. (Heinz & Buckow, 2010). Hiện nay, ứng dụng của chế biến áp suất cao cho sản phẩm cá rất rộng rãi và trên nhiều loại sản phẩm khác nhau. Bài tổng quan này có mục đích giới thiệu các nguyên tắc cơ bản của công nghệ chế biến áp suất cao và các ứng dụng quan trọng của công nghệ chế biến áp suất cao trên thủy sản.

2. Cấu Trúc và Vận Hành Thiết Bị Chế Biến Áp Suất Cao

2.1. Thiết bị áp suất cao

Hệ thống chế biến áp suất cao cơ bản bao gồm: buồng áp suất cao, hệ thống bơm nén tạo áp suất cao, chất truyền áp suất, thiết bị kiểm soát nhiệt độ và hệ thống giá đỡ sản phẩm trong buồng áp suất (Indrawati & ctv., 2003). Trong những thành phần trên, buồng áp suất cao và hệ thống tạo áp suất cao là những thành phần quan trọng nhất đối với bất kỳ hệ thống chế biến áp suất cao nào (Patterson & ctv., 2005). Sơ đồ thiết bị chế biến áp suất cao được thể hiện trong Hình 1.

2.2. Buồng áp suất cao

Buồng áp suất cao được thiết kế với yêu cầu có độ an toàn và độ bền cao cũng như dễ dàng vệ sinh. Việc xử lý áp suất cao lên đến hàng chục ngàn chu kỳ chế biến một năm (một chu kỳ chế biến bao gồm: quá trình nâng áp suất, giữ áp suất và xả áp suất) có thể gây nên hiện tượng mỏi kim loại và gây ra sự mất an toàn cho thiết bị. Hiện nay trên thế giới có hai loại buồng áp suất cao chính: buồng áp suất cao đúc một khối (một lớp hay nhiều lớp) và buồng áp suất cao quấn dây, những loại buồng này thường được làm từ vật liệu trơ và chống ăn mòn.

Loại buồng một khối được làm từ thép tinh luyện (đúc nguyên khối từ thép) và thường được sử dụng cho hệ thống áp suất cao có số chu kỳ

chế biến hàng năm thấp. Mức áp suất tối đa của loại buồng này phụ thuộc vào độ dày và sức bền của vỏ thép của buồng áp suất cao. Độ dày của vỏ thép được thiết kế để đáp ứng mức suất tối đa, đường kính của buồng và số chu kỳ chế biến hàng năm (Hendrickx & ctv., 2001).

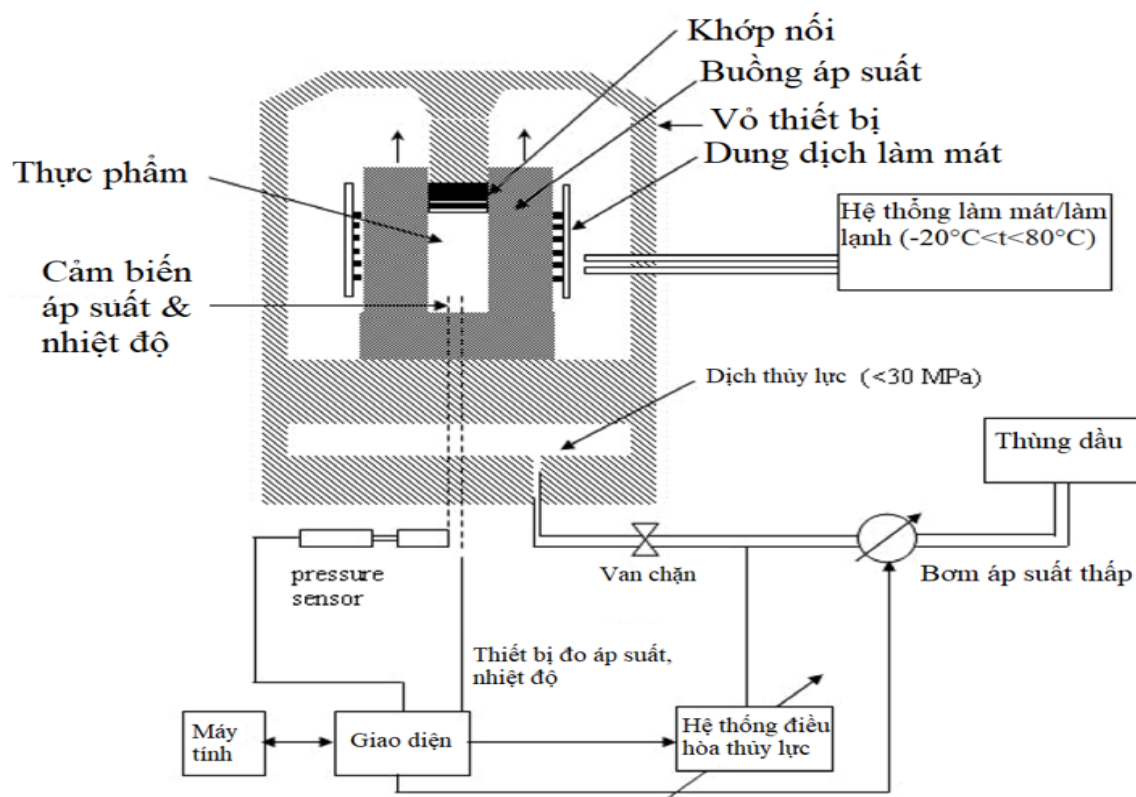
Đối với hệ thống áp suất cao có số chu kỳ chế biến cao, buồng áp suất cao sẽ giãn nở ra một ít mỗi lần áp suất được ứng dụng và có thể dẫn đến những vết nứt hiển vi (nứt cực nhỏ) trong thép. Nếu không được phát hiện, buồng áp suất cao có thể bị bục trong quá trình nâng áp cũng như hạ áp và gây nên mối nguy an toàn. Do đó, công nghệ “rò rỉ trước khi vỡ” sử dụng kỹ thuật tạo ra ứng suất trước được phát triển để đáp ứng yêu cầu an toàn và tạo ra độ bền của buồng áp suất cao. Loại buồng sử dụng công nghệ này được gọi là buồng quấn dây. Trong trường hợp này, một sợi dây thép có thể dài đến hàng trăm kilomet được quấn chặt quanh buồng áp suất có vỏ tương đối mỏng để gia cố cho vỏ buồng bởi một máy quấn đặc biệt. Dây thép luôn có xu hướng bảo toàn trạng thái không bị kéo căng do đó nó sẽ tạo ra một lực nén lên vỏ bình. Lực nén này được thiết kế lớn hơn một chút so với lực giãn nở tối đa do áp suất trong bình gây nên. Do đó, thậm chí ở mức áp suất cao, vỏ thép mỏng của bình vẫn ở dưới một lực nén do nó các vết nứt do không thể xuất hiện (Patterson & ctv., 2005). Trong trường hợp buồng bị nứt cũng không gây ra hiện tượng nổ hay bục buồng áp suất cao mà buồng chỉ bị rò rỉ.

Nhiệt độ của quá trình chế biến áp suất cao có thể được điều khiển bằng hệ thống tuần hoàn nước nóng hay làm lạnh nằm giữa hệ thống dây quấn và vỏ bình.

2.3. Hệ thống bơm áp suất cao

Về cơ bản, có hai loại hệ thống sản sinh áp suất cao: trực tiếp và gián tiếp. Hệ thống trực tiếp có cấu tạo khá đơn giản. Một piston lớn được đặt trực tiếp trong bình, nén và sản sinh ra áp suất trực tiếp lên sản phẩm. Nhược điểm lớn nhất của hệ thống sản sinh áp suất trực tiếp là độ bền của vòng đệm giữa piston và buồng áp suất phải bền.

Đối với hệ thống tạo áp suất cao gián tiếp, chất truyền áp suất sẽ được bơm vào buồng áp suất và được thiết bị gia áp nâng áp suất lên cao. Nhiệm vụ của thiết bị gia áp là tạo ra áp suất cao trong bình, thiết bị gia áp và buồng áp suất cao được đặt tách rời nhau. Thành phần quan trọng nhất



Hình 1. Sơ đồ thiết bị chế biến áp suất cao (Buzrul & ctv., 2008).

của thiết bị gia áp là bơm áp suất cao. Bơm thủy lực thường không thể nâng áp suất lên cao, do đó bơm thủy lực chỉ được dùng để điều khiển thiết bị gia áp. Hệ thống gia áp bao gồm một bơm áp suất thấp chứa 1 piston lớn có thể di chuyển qua lại trong xy lanh áp suất thấp có chứa dầu thủy lực. Hai đầu của piston lớn được gắn với hai piston nhỏ hơn chạy trong xy lanh áp suất cao. Hai piston nhỏ này sẽ bơm chất truyền áp suất vào buồng áp suất cao lên đến áp suất mong muốn. Áp suất thủy lực ban đầu sẽ được nhân lên nhiều lần dựa trên tỉ lệ giữa piston lớn và piston nhỏ (Patterson & ctv., 2005).

3. Các Ứng Dụng Quan Trọng Của Công Nghệ Chế Biến Áp Suất Cao

3.1. Nguyên lý cơ bản của chế biến áp suất cao đối với việc bảo quản thực phẩm

Chế biến áp suất cao là công nghệ có nguyên lý tương đối đơn giản. Một áp suất lớn sẽ được nén lên sản phẩm trong thời gian và ở nhiệt độ nhất định để tiêu diệt các tác nhân gây hư hỏng sản

phẩm hay đạt được những yêu cầu chế biến đề ra. Về mặt thương mại, áp suất được áp dụng có thể lên đến 800 MPa (tương đương 8.000 lần áp suất khí quyển) (Heinz & Buckow, 2010). Thông thường, áp suất được ứng dụng cho các sản phẩm thương mại hoá trên thị trường nằm trong khoảng từ 200 MPa đến 600 MPa để đạt hiệu quả kinh tế. Ở quy mô phòng thí nghiệm, áp lực áp dụng có thể lên đến hơn 1.000 MPa để nghiên cứu sự kháng áp suất của các bào tử vi sinh vật (Jay & ctv., 2005; Heinz & Buckow, 2010). Tùy mục đích nghiên cứu, nhiệt độ chế biến có thể dao động từ dưới 0°C (để tránh ảnh hưởng của nhiệt lên thực phẩm) lên đến hơn 100°C (để tiệt trùng hoàn toàn sản phẩm). Thời gian xử lý cũng có thể dao động từ vài mili giây (nén sản phẩm lên đến áp suất mong muốn rồi xả áp suất ngay) đến hơn vài giờ. Đối với các sản phẩm thương mại, thời gian nén áp thường được giới hạn dưới 20 phút (Farkas & Hoover, 2000; Patterson & ctv., 2011).

Để nén áp, sản phẩm thực phẩm sẽ được đóng gói trước (đối với sản phẩm thực phẩm ở dạng rắn) hoặc sau khi xử lý (thực phẩm ở dạng lỏng).

Nhưng đa phần các sản phẩm được đóng gói trước nên chế biến áp suất cao còn có tên là thanh trùng sau đóng gói. Sản phẩm sau khi đóng gói được cho vào buồng nén áp suất cao cùng với môi trường truyền áp. Có 3 loại môi trường truyền áp cơ bản là nước, dầu và khí. Dầu và nước có tốc độ nâng áp suất và hạ áp suất nhanh hơn và tích lũy năng lượng nén thấp hơn nên an toàn hơn so với khí nhưng ngược lại khí (CO , CO_2) lại có khả năng sát khuẩn và thẩm thấu tốt hơn nên có thể tạo ra hiệu quả tiệt trùng tốt hơn. Trong quy mô phòng thí nghiệm và thương mại, nước là chất truyền áp suất hay được sử dụng nhất do giá thành rẻ và thân thiện với môi trường. Do áp suất truyền đến sản phẩm ở mọi hướng đều như nhau nên lực tác động lên sản phẩm ở tất cả các hướng là bằng nhau, do đó sản phẩm không bị biến dạng và hầu như giữ nguyên hình dạng ban đầu. Một trong những ưu điểm lớn của chế biến áp suất cao là sản phẩm được xử lý ngay lập tức từ bên ngoài đến tâm sản phẩm bất chấp hình dạng và kích thước của sản phẩm, do đó không mất thời gian để áp suất thẩm thấu từ bên ngoài vào tâm sản phẩm như trong chế biến nhiệt lạnh hay nóng và giảm đáng kể thời gian chế biến (San Martín & ctv., 2002).

Về cơ bản, chế biến áp suất cao tạo nên sự bất hoạt vi sinh vật và hệ enzyme gây hư hỏng thực phẩm bằng cách làm biến đổi cấu trúc và/hay làm biến tính protein. Dưới áp suất cao, các polymer sinh học thực phẩm như protein bị chi phối bởi định luật Le Chatelier, cho rằng một hệ cân bằng luôn luôn có xu hướng tối thiểu hoá những ảnh hưởng của của bất kỳ nhân tố bên ngoài nào gây nên sự xáo trộn của hệ thống (Mozhaev & ctv., 1996). Do đó, việc giảm thể tích của các polymer sinh học và các cấu trúc của nó được thúc đẩy để xảy ra nhằm bảo vệ sự cân bằng của hệ. Độ nén của protein và các cấu trúc từ protein bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như là cấu trúc bên trong của protein, nhiệt độ xử lý, sự hiện diện của nước, tính chất của dung môi... (Knorr & ctv., 2006). Tuy thuộc vào sự ảnh hưởng qua lại của những yếu tố này, những liên kết ở bên trong của phân tử protein và giữa những phân tử protein có thể bị phá hủy hoặc được làm bền vững hơn dưới áp suất cao. Liên kết cộng hoá trị và liên kết hydrogen thường không bị ảnh hưởng hoặc có thể được làm bền vững dưới áp suất gia tăng. Ngược lại những liên kết như liên kết tĩnh điện và liên kết kỵ nước trong cấu trúc không gian của protein thường bị làm mất ổn định và/hoặc phá hủy dưới áp suất cao (Mozhaev & ctv., 1996; Boonyaratankornkit

& ctv., 2002). Sự phá hủy của những liên kết nêu trên cùng với những khoảng không có trong cấu trúc phân tử protein quyết định mức độ thay đổi thể tích của protein tức là mức độ biến tính của protein bởi áp suất cao. Trong cấu trúc không gian bậc 3, bậc 4 của protein có chứa nhiều liên kết kỵ nước và liên kết tĩnh điện do đó những cấu trúc này nhạy cảm với áp suất cao và dễ bị phá vỡ bởi áp suất cao. Sự xáo trộn cấu trúc không gian của protein diễn ra ở áp suất tương đối thấp từ 50 - 200 MPa (Mozhaev & ctv., 1996; Buckow, 2006). Do hệ protein của vi sinh vật và enzymes chứa nhiều cấu trúc không gian như ở cấu trúc màng vi sinh vật nên chúng nhạy cảm với sự bất hoạt do áp suất tạo nên. Ngược lại, những thành phần cấu trúc phân tử thấp có giá trị cao trong thực phẩm như vitamin, chất dinh dưỡng, những thành phần tạo nên chất lượng cảm quan của sản phẩm được cấu trúc chủ yếu bởi liên kết cộng hoá trị và không chứa nhiều cấu trúc không gian nên hầu như không bị ảnh hưởng bởi áp suất cao.

Do đó, chế biến áp suất cao có thể kéo dài thời gian bảo quản nhưng rất ít ảnh hưởng lên độ tươi và giá trị cảm quan của sản phẩm.

3.2. Chế biến áp suất cao kết hợp với các công nghệ chế biến khác

Việc có thể thanh trùng sản phẩm ở nhiệt độ phòng đã tạo ra nhiều ưu điểm cho sản phẩm chế biến áp suất cao. Tuy nhiên, chế biến áp suất cao một mình nó không tạo ra sự tiệt trùng hoàn toàn do sự đề kháng khá cao của các bào tử vi sinh vật đối với áp suất. Do đó, việc kết hợp chế biến áp suất cao với những kỹ thuật khác như bảo quản lạnh và đông lạnh, gia nhiệt v.v... để kéo dài hơn nữa thời gian sử dụng cũng như làm giảm bớt những ảnh hưởng bất lợi của những kỹ thuật chế biến truyền thống này cũng thu hút khá nhiều sự quan tâm của các nhà nghiên cứu. Hiện nay, việc kết hợp chế biến áp suất cao với chế biến lạnh và chế biến nhiệt đang được nghiên cứu một cách mạnh mẽ nhằm tạo ra những sản phẩm có chất lượng cao hơn so với sản phẩm chế biến chỉ bằng những công nghệ này.

3.2.1. Chế biến áp suất cao kết hợp với bảo quản lạnh và đông lạnh

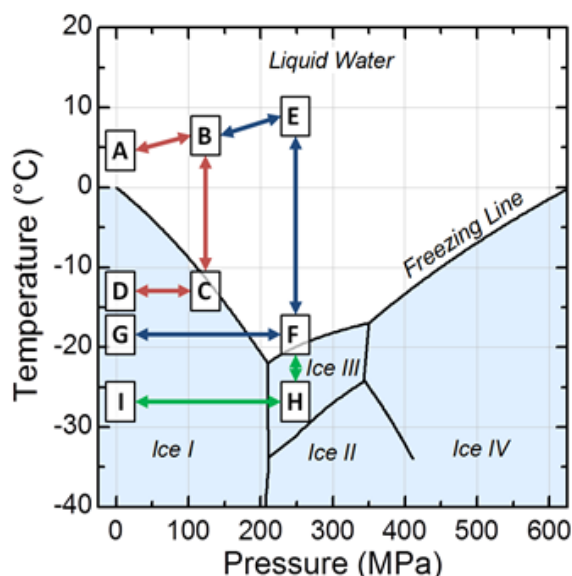
Đối với sản phẩm thủy sản, công nghệ đông lạnh được áp dụng khá rộng rãi để bảo quản sản phẩm thủy sản cho xuất khẩu. Tuy nhiên, chất lượng của sản phẩm đông lạnh cũng bị suy giảm

đáng kể khi đến tay người tiêu dùng sau vài tháng bảo quản ở -20°C . Sự biến tính của protein, cấu trúc của sản phẩm bị phá vỡ, sự xuất hiện của những mùi và vị không mong muốn (như mùi tanh, vị đắng) do hoạt động của các enzyme trong quá trình đông lạnh, quá trình oxy hoá là những nguyên nhân chủ yếu gây nên sự suy giảm chất lượng của sản phẩm đông lạnh. Đặc biệt là quá trình mất nước nhanh chóng của sản phẩm đông lạnh là một trong những nguyên nhân suy giảm nghiêm trọng chất lượng của sản phẩm (Venugopal, 2005). Việc ứng dụng chế biến áp suất cao trước khi đông lạnh đã giải quyết cơ bản những vấn đề trên. Do protein được tái cấu trúc dưới áp suất cao và giữ nước tốt hơn nên quá trình mất nước được hạn chế (Ramirez-Suarez & Morrissey, 2006). So với sản phẩm đông lạnh thông thường, sản phẩm được nén áp trước khi đông lạnh có tỷ lệ mất nước thấp và chất lượng cảm quan cũng gia tăng rõ rệt do áp suất cao phá hủy hệ enzyme và ức chế quá trình oxy hoá do đó ngăn cản quá trình hình thành các chất bay hơi tạo mùi vị xấu cho sản phẩm.

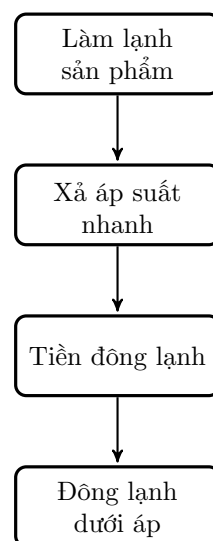
3.2.2. Đông lạnh ở áp suất cao

Công nghệ này được dựa trên hiện tượng chuyển pha của nước dưới áp suất cao. Nhiệt độ đông của nước ở điều kiện áp suất khí quyển là 0°C , khi gia tăng áp suất nhiệt độ đông của nước sẽ bị dịch chuyển xuống dưới 0°C , ở 220 MPa nhiệt độ đông của nước là -21°C (Hình 2). Khi áp suất vượt qua 220 MPa, nhiệt độ đông của nước sẽ tăng trở lại đến 0°C (LeBail & ctv., 2002). Quy trình đông lạnh ở áp suất cao được thực hiện như sau: sản phẩm sẽ được làm lạnh đến -18°C dưới áp suất khoảng 200 MPa. Mặc dù nhiệt độ của sản phẩm đạt -18°C nhưng nước trong sản phẩm vẫn chưa đông vì ở 200 MPa nhiệt độ đông của nước là -20°C . Sau khi sản phẩm đã đạt -18°C thì áp suất được giảm nhanh, việc xả áp suất đột ngột làm nhiệt độ đóng băng của nước tăng đột ngột về 0°C và nở rộng khoảng chênh lệch giữa nhiệt độ của sản phẩm và nhiệt độ đóng băng của nước trong sản phẩm. Bằng cách này, quá trình tiền đông lạnh được xuất hiện và tạo ra mầm băng (tạo nhân đóng băng) siêu nhanh và đồng đều (Hình 3) (LeBail & ctv., 2002). Sản phẩm sau khi đã có mầm băng sẽ được đông lạnh ở áp suất khí quyển để hình thành sản phẩm đông hoàn chỉnh.

Việc cấp đông dưới áp suất cao tạo ra những tinh thể đá nhỏ và đồng đều hơn so với cấp đông



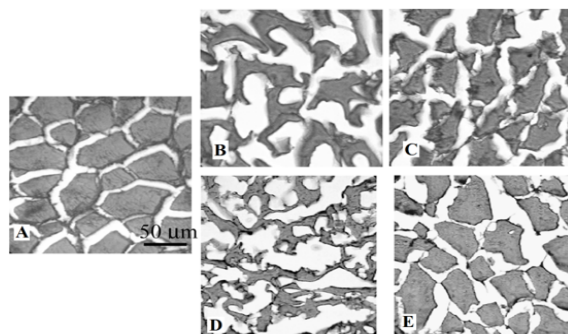
Hình 2. Sơ đồ chuyển trạng thái của nước dưới áp suất cao (LeBail & ctv., 2002).



Hình 3. Quy trình đông lạnh dưới áp suất cao.

thông thường và đông lạnh nhanh IQF, các tinh thể đá cũng được phân bố đều trên toàn bộ sản phẩm (Hình 4). Cấu trúc của sản phẩm khi đông lạnh dưới áp suất cao được bảo quản tốt hơn qua quá trình trữ đông so với cấp đông thông thường.

Ngoài ra, việc rã đông dưới áp suất cao với thời gian chỉ vài phút giúp giảm rất nhiều thời gian rã đông và cho chất lượng sản phẩm tốt hơn cũng như giảm thiểu nguy cơ nhiễm vi sinh vật trong quá trình rã đông so với rã đông bằng phương pháp thông thường.



Hình 4. Cơ thịt cá chêm tươi.

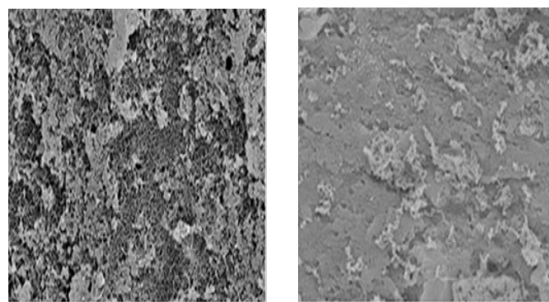
(A), cơ thịt cá chêm đông lạnh bằng phương pháp thông thường (B), cơ thịt cá chêm đông lạnh dưới áp suất cao (C), cơ thịt cá chêm đông lạnh thường sau 3 tháng bảo quản ở -25°C (D), cơ thịt cá chêm đông lạnh dưới áp suất cao sau 3 tháng bảo quản ở -25°C (D) (Tironi & ctv., 2007; Tironi & ctv., 2010).

3.2.3. Tiệt trùng nhiệt-áp suất

Gần đây, việc ứng dụng chế biến áp suất cao với nhiệt độ cao để tiệt trùng sản phẩm và tạo ra những sản phẩm giá trị gia tăng có chất lượng cao đang được quan tâm. Hướng nghiên cứu này được đánh giá là sẽ tạo ra một bước ngoặt lớn cho ngành công nghiệp thực phẩm. Nghiên cứu hiện nay về tiệt trùng nhiệt-áp suất trên sản phẩm thực phẩm đã cho thấy nhiều tiềm năng của công nghệ này. Kết quả nghiên cứu cho thấy, sự giảm xuống rõ ràng (giảm từ 71% đến 97% tùy loại sản phẩm) của các độc chất gây ung thư thường xuất hiện trong đồ hộp như furan và monochloropropanediol/-esters (những chất này đặc biệt xuất hiện nhiều trong hệ thực phẩm gia nhiệt đóng kín như đồ hộp), chất lượng cảm quan được gia tăng đáng kể (ngay cả khi chế biến ở nhiệt độ 121°C và 600 MPa), giảm đáng kể thời gian chế biến và khối lượng nhiệt sử dụng do đó giữ lại nhiều hơn chất lượng dinh dưỡng của sản phẩm, tạo ra sản phẩm an toàn, không có bào tử và vi sinh vật gây bệnh với thời gian sử dụng kéo dài.

3.2.4. Gel hoá protein bằng áp suất cao (pressure-induced texturation/ high pressure gelling)

Việc ứng dụng chế biến áp suất cao để sản xuất các sản phẩm dạng paste (như xúc xích, surimi, các loại giò chả từ thịt cá) cũng được nghiên cứu rộng rãi. Trong công nghiệp thực phẩm, xử lý nhiệt đóng vai trò quan trọng trong việc gel hoá các loại sản phẩm từ protein. Tuy nhiên, sản phẩm gel hoá bằng nhiệt có chất lượng kém hơn



(A)

(B)

Hình 5. Gel hình thành từ nhiệt (A) và từ áp suất (B) (Hwang & ctv., 2007).

về nhiều mặt so với các loại gel protein được xử lý bằng áp suất. Gel hoá bằng áp suất cho sản phẩm có cấu trúc bề mặt bóng và mịn màng hơn đáng kể so với xử lý nhiệt (Hình 5) (Ohshima & ctv., 1993; Tsironi & ctv., 2019). Sản phẩm gel hoá bằng áp suất cũng có kết cấu chặt chẽ với ít cấu trúc sợi và độ đàn hồi cũng cao hơn so với sản phẩm gel hoá bằng nhiệt. Ngoài ra, chế biến áp suất cao có thể gel hoá được sarcoplasmic proteins (trong khi xử lý nhiệt không thể làm được) do đó có thể tận dụng được loại protein này trong sản xuất các sản phẩm dạng paste (Okazaki & Fukuda, 1996).

Do cơ chế tạo gel của áp suất và nhiệt khác nhau nên đã tạo sự khác biệt trong chất lượng của sản phẩm gel hoá bằng nhiệt và áp suất. Xử lý nhiệt làm protein bị biến tính và giãn ra hình thành hệ protein 3 chiều có trật tự và cấu trúc của hệ thống được ổn định bằng liên kết kỵ nước, liên kết hydro và liên kết disulfide (Jiménez Colmenero, 2002; Buckow & ctv., 2013). Trong khi đó, sự gel hoá bằng áp suất cao được khởi đầu bởi việc phân cắt các liên kết kỵ nước của cấu trúc tự nhiên của protein dẫn đến sự hoà tan protein và giãn ra của cấu trúc protein (Hwang & ctv., 2007; Buckow & ctv., 2013). Dưới áp suất cao, các liên kết disulfide cũng được tạo thành. Quá trình xả áp cũng giúp hình thành các liên kết hydrogen nhạy cảm với nhiệt và liên kết kỵ nước. Kết quả là hệ thống protein gel hoá bằng áp suất cao được hình thành và ổn định từ 3 loại liên kết nội phân tử là liên kết disulfide, hydrogen nhạy cảm với nhiệt và kỵ nước (Hwang & ctv., 2007). Sợi myosin trong cấu trúc gel hoá bằng áp suất cao được kết nối ở phần đầu sợi so với liên kết đuôi với đuôi ở xử lý nhiệt giúp tạo ra những tính chất lưu biến đặc trưng của gel áp suất cao (Iwasaki

& ctv., 2005).

3.2.5. Công nghệ tách vỏ sản phẩm thủy hải sản bằng áp suất cao

Áp suất cao (250 - 400 MPa) có thể giúp tách thịt cơ học đối với các loại tôm hùm, cua, hàu, nghêu và các sản phẩm thủy sản tươi khác bằng cách làm biến tính loại protein đặc trưng có chức năng kết nối thịt với vỏ mà vẫn sản phẩm tươi nguyên thay vì phải nấu chín như các phương pháp tách vỏ thủy sản truyền thống khác (Hình 6) (Xuan & ctv., 2018; Ye & ctv., 2021). Áp suất cao có thể giúp tăng tỷ lệ thu hồi thịt từ vỏ thủy hải sản gấp đôi so với phương pháp tách bằng nhiệt và tăng 10% trọng lượng vì không bị mất nước.



Hình 6. Thịt tôm hùm thu được từ kỹ thuật tách vỏ áp suất cao.

4. Ưu điểm và hạn chế của chế biến áp suất cao

Những ưu điểm chủ yếu của chế biến áp suất cao có thể tóm tắt như sau:

Chế biến áp suất cao cho phép tiêu diệt vi sinh vật, enzyme gây bệnh và gây hư hỏng trong thực phẩm ở nhiệt độ thấp hay nhiệt độ phòng do đó sản phẩm thực phẩm ít bị biến đổi về mặt cảm quan và dinh dưỡng cũng như độ tươi của sản phẩm (Torres & Velazquez, 2005). Chế biến áp suất cao cũng cho phép không cần sử dụng các loại phụ gia và hoá chất nhưng vẫn đạt được mục đích chế biến, do đó sản phẩm tạo ra an toàn

hơn cho người tiêu dùng và đáp ứng yêu cầu hiện nay đối với sản phẩm thực phẩm không phụ gia, không hoá chất (Patterson & ctv., 2011). Đối với các món ăn được dùng tươi sống như hàu, các loại nhuyễn thể tươi sống, sashimi, carpaccio, chế biến áp suất cao có thể nâng cao mức độ an toàn của sản phẩm bằng cách tiêu diệt ký sinh trùng và vi sinh vật gây bệnh nhưng đồng thời vẫn giữ độ tươi cho sản phẩm cái mà những phương pháp chế biến truyền thống không làm được.

Chế biến áp suất cao cho phép thực hiện việc chế biến sản phẩm sau khi đóng gói do đó giảm nguy cơ nhiễm vi sinh vật vào sản phẩm trong quá trình sản xuất. Áp suất có thể truyền đến tâm của sản phẩm ngay lập tức bất kể hình dạng và kích thước của sản phẩm do đó có thể tiết kiệm thời gian xử lý và không cần phải thực hiện việc giảm kích thước (size reduction) hay đồng hóa kích thước sản phẩm như trong chế biến nhiệt nóng hay nhiệt lạnh (Rastogi & ctv., 2007). Chế biến áp suất cao có thể tạo ra những sản phẩm hay nguyên liệu thực phẩm có những tính chất và chức năng tiên tiến như sản phẩm gel protein, gelatin và các polymer sinh học có tính chất mới và chất lượng cao (Rastogi & ctv., 2007). Ngoài ra, chế biến áp suất cao có thể tạo ra những ứng dụng độc đáo như công nghệ tách vỏ thủy sản, làm mềm thịt, ngay lập tức tạo ra cấu trúc khi chín của pho mát, giảm vị đắng cho nước trái cây v.v. (Suzuki, 2002; Torres & Velazquez, 2005).

Về mặt kinh tế, chế biến áp suất cao có thể tạo ra sản phẩm giá trị gia tăng có tính kinh tế cao, cũng như bảo quản được các chức năng sinh học của các thành phần có giá trị trong thực phẩm nhất là khi sử dụng để chế biến thực phẩm chức năng và dược liệu (Torres & Velazquez, 2005). Công nghệ chế biến áp suất cao là công nghệ thân thiện với môi trường sử dụng ít năng lượng hơn so với các công nghệ chế biến truyền thống. Chế biến áp suất cao chỉ sử dụng nước như là chất truyền áp suất do đó hầu như không tạo ra chất thải (Patterson & ctv., 2011). Tuy theo quy mô và hệ thống chế biến áp suất cao, giá thành đầu tư và vận hành (bao gồm tất cả chi phí sản xuất) từ 0,05 đến 0,25 USD/kg sản phẩm được chế biến (giá thành được tính dựa trên chi phí ở các nước phát triển vào năm 2011; có thể hiện nay thấp hơn vì công nghệ phát triển khiến giá trị máy áp suất cao rẻ hơn so với trước kia) và thấp hơn so với giá thành sản xuất của công nghệ chế biến truyền thống (Patterson & ctv., 2011).

Những hạn chế chủ yếu của chế biến áp suất

cao: Một số bào tử có khả năng kháng áp suất rất cao do đó để đạt được sự diệt trùng, phải kết hợp chế biến áp suất cao với nhiệt hay các kỹ thuật chế biến khác. Một phương pháp khác thường được sử dụng để giải quyết hạn chế này là cho bào tử nảy mầm, sau đó dùng áp suất cao tiêu diệt vi sinh vật sinh dưỡng. Tùy loại sản phẩm thực phẩm, chế biến áp suất cao ở những điều kiện xử lý khác nghiệt (mức áp suất và nhiệt độ cao trong thời gian kéo dài) có thể gây nên những bất lợi như gia tăng sự oxy hoá, hư hỏng cấu trúc, mất độ tươi, sản phẩm có cảm quan như bị nấu chín do protein bị biến tính.v.v.. Do đó, việc chọn điều kiện chế biến để tối ưu hoá lợi ích của chế biến áp suất cao đóng vai trò khá quan trọng. Về mặt khoa học, hiện nay vẫn thiếu những thông tin về cơ chế tạo ra một số ảnh hưởng của chế biến áp suất cao lên thực phẩm; động lực học của áp suất cao trên việc bất hoạt vi sinh vật và enzyme. Một số lợi ích của chế biến áp suất cao lên sản phẩm thực phẩm vẫn còn đang trong giai đoạn nghiên cứu.

5. Kết Luận

Hiện nay, chế biến áp suất cao đang nổi lên là một công nghệ tiên tiến trong bảo quản và chế biến thực phẩm. Các nghiên cứu hiện nay về chế biến áp suất cao đang được mở rộng trên nhiều loại thực phẩm khác nhau trong đó có các sản phẩm thủy hải sản. Việc thương mại hoá đang ở giai đoạn đầu nhưng cho thấy tiềm năng to lớn do nhu cầu đối với loại sản phẩm này ngày càng gia tăng cũng như công nghệ này đã đáp ứng được những yêu cầu ngày càng cao của người tiêu dùng hiện nay đối với các sản phẩm thực phẩm. Việc giảm giá thành của các dây chuyền chế biến áp suất cao cũng như chi phí vận hành đã khiến cho việc ứng dụng chế biến áp suất cao ở quy mô công nghiệp cũng trở nên dễ dàng và khả thi hơn. Tuy nhiên, hiện nay vẫn chưa có nghiên cứu nhằm ứng dụng công nghệ chế biến áp suất cao lên các loại nông sản thực phẩm hay sản phẩm thủy hải sản của nước ta. Để nắm bắt xu hướng của thế giới cũng như cơ hội để phát triển thị trường cho các sản phẩm thủy sản Việt Nam do hiện nay áp lực cạnh tranh thị phần của các mặt hàng chế biến áp suất cao vẫn còn thấp và đang ở giai đoạn đầu, việc ứng dụng công nghệ chế biến áp suất cao có thể tạo ra một bước phát triển mới cho ngành công nghiệp thực phẩm nói chung và ngành chế biến thủy sản nói riêng ở nước ta.

Lời Cam Đoan

Tôi cam đoan bài báo do chính tôi thực hiện và không có bất kỳ mâu thuẫn nào.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Boonyaratankornkit, B. B., Park, C. B., & Clark, D. S. (2002). Pressure effects on intra- and intermolecular interactions within proteins. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymology* 1595(1-2), 235-249. [https://doi.org/10.1016/S0167-4838\(01\)00347-8](https://doi.org/10.1016/S0167-4838(01)00347-8).
- Buckow, R. (2006). *Pressure and temperature effects on the enzymatic conversion of biopolymers*. (Unpublished doctoral dissertation). Technische Universität Berlin, Berlin, German.
- Buckow, R., & Bull, M. (2013). Advanced food preservation technologies. *Microbiology Australia* 34(2), 108-111. <https://doi.org/10.1071/MA13037>.
- Buckow, R., Sikes, A., & Tume, R. (2013). Effect of high pressure on physicochemical properties of meat. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53(7), 770-786. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.560296>.
- Buzrul, S., Alpas, H., Largeteau, A., Bozoglu, F., & Demazeau, G. (2008). Compression heating of selected pressure transmitting fluids and liquid foods during high hydrostatic pressure treatment. *Journal of Food Engineering* 85(3), 466-472. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.08.014>.
- Farkas, D. F., & Hoover, D. G. (2000) High pressure processing. *Food Science* 65(Suppl 8), 47-64. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2000.tb00618.x>.
- Heinz, V., & Buckow, R. (2010). Food preservation by high pressure. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 5(1), 73-81. <https://doi.org/10.1007/s00003-009-0311-x>.
- Hendrickx, M. E. G., Knorr, D., Ludikhuyze, L., Loey, A., & Heinz, V. (2001). *Ultra high pressure treatments of foods*. New York, USA: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0723-9>.
- Hite, B. H. (1899). The effect of pressure in the preservation of milk: a preliminary report. *West Virginia Agricultural & Forestry Experiment Station Bulletins* (58), 15-35. <https://doi.org/10.33915/agnic.58>.
- Hwang, J. S., Lai, K. M., & Hsu, K. C. (2007). Changes in textural and rheological properties of gels from tilapia muscle proteins induced by high pressure and setting. *Food Chemistry* 104(2), 746-753. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.075>.
- Indrawati, Loey, A., Smout, C., & Hendrickx, M. (2003). High hydrostatic pressure technology in food preservation. In Zeuthen, P., & Bøgh-Sørensen, L. (Eds.). *Food Preservation Techniques* (613). New York, USA: Woodhead Publishing.

- Iwasaki, T., Washio, M., Yamamoto, K., & Nakamura, K. (2005). Rheological and morphological comparison of thermal and hydrostatic pressure-induced filamentous myosin gels. *Journal of Food Science* 70(7), e432-e436. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11472.x>.
- Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern food microbiology* (7th ed.). New York, USA: Springer. <https://doi.org/10.1007/b100840>.
- Jiménez Colmenero, F. (2002). Muscle protein gelation by combined use of high pressure/temperature. *Trends in Food Science & Technology* 13(1), 22-30. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00024-9](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00024-9).
- Knorr, D., Heinz, V., & Buckow, R. (2006). High pressure application for food biopolymers. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteins and Proteomics* 1764(3), 619-631. <https://doi.org/10.1016/j.bbapap.2006.01.017>.
- LeBail, A., Chevalier, D., Mussa, D. M., & Ghoul, M. (2002). High pressure freezing and thawing of foods: a review. *International Journal of Refrigeration* 25(5), 504-513. [https://doi.org/10.1016/S0140-7007\(01\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0140-7007(01)00030-5).
- Mozhaev, V. V., Heremans, K., Frank, J., Masson, P., & Balny, C. (1996). High pressure effects on protein structure and function. *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics* 24(1), 81-91. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0134\(199601\)24:1<81::AID-PROT6>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0134(199601)24:1<81::AID-PROT6>3.0.CO;2-R).
- Ohshima, T., Ushio, H., & Koizumi, C. (1993). High-pressure processing of fish and fish products. *Trends in Food Science & Technology* 4(11), 370-375. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(93\)90019-7](https://doi.org/10.1016/0924-2244(93)90019-7).
- Okazaki, E., & Fukuda, Y. (1996) Effect of water-soluble protein on pressure-induced gelation of Alaska pollack surimi. *Progress in Biotechnology* 13, 363-368. [https://doi.org/10.1016/S0921-0423\(06\)80061-4](https://doi.org/10.1016/S0921-0423(06)80061-4).
- Patterson, M. F., Ledward, D. A., & Rogers, N. (2005). High pressure processing. In Brennan, J. G. (Ed.). *Food Processing Handbook* (173-200). Weinheim, Germany: Wiley-VCH. <https://doi.org/10.1002/3527607579.ch6>.
- Patterson, M. F., Ledward, D. A., Leadley, C., & Rogers, N. (2011). High pressure processing. In Brennan, J. G., & Grandison, A. S. (Eds.). *Food Processing Handbook* (2nd ed., 179-204). Weinheim, Germany: Wiley-VCH. <https://doi.org/10.1002/9783527634361.ch6>.
- Ramirez-Suarez, J. C., & Morrissey, M. T. (2006). Effect high-pressure processing (HPP) on shelf life of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) minced muscle. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 7(1-2), 19-27. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.08.004>.
- Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Balasubramanian, V. M., Niranjana, K., & Knorr, D. (2007). Opportunities and challenges in high pressure processing of foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47(1), 69-112. <https://doi.org/10.1080/10408390600626420>.
- San Martín, M. F., Barbosa-Cánovas, G. V., & Swanson, B. G. (2002). Food processing by high hydrostatic pressure. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 42(6), 627-645. <https://doi.org/10.1080/20024091054274>.
- Sevenich, R., Bark, F., Crews, C., Anderson, W., Pye, C., Riddellova, K., Hradecky, J., Moravcova, E., Reineke, K., & Knorr, D. (2013). Effect of high pressure thermal sterilization on the formation of food processing contaminants. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 20, 42-50. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.07.006>.
- Suzuki, A. (2002) High pressure-processed foods in Japan and the world. *Progress in Biotechnology* 19, 365-374. [https://doi.org/10.1016/S0921-0423\(02\)80126-5](https://doi.org/10.1016/S0921-0423(02)80126-5).
- Tironi, V., de Lamballerie, M., & Le-Bail, A. (2010). Quality changes during the frozen storage of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) muscle after pressure shift freezing and pressure assisted thawing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 11(4), 565-573. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.05.001>.
- Tironi, V., LeBail, A., & de Lamballerie, M. (2007). Effects of pressure-shift freezing and pressure-assisted thawing on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality. *Journal of Food Science* 72(7), C381-C387. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00472.x>.
- Torres, J. A., & Velazquez, G. (2005). Commercial opportunities and research challenges in the high pressure processing of foods. *Journal of Food Engineering* 67(1-2), 95-112. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.066>.
- Tsironi, T., Anjos, L., Pinto, P. I. S., Dimopoulos, G., Santos, S., Santa, C., Manadas, B., Canario, A., Taoukis, P., & Power, D. (2019). High pressure processing of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets and tools for flesh quality and shelf life monitoring. *Journal of Food Engineering* 262, 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.05.010>.
- Venugopal, V. (2005). Quick freezing and individually quick frozen products. *Seafood Processing* (1st ed., 95-139). Florida, USA: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420027396>.
- Xuan, X. T., Cui, Y., Lin, X. D., Yu, J. F., Liao, X. J., Ling, J. G., & Shang, H. T. (2018). Impact of high hydrostatic pressure on the shelling efficacy, physicochemical properties, and microstructure of fresh razor clam (*Sinonovacula constricta*). *Journal of Food Science* 83(2), 284-293. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14032>.
- Ye, T., Chen, X., Chen, Z., Liu, R., Wang, Y., Lin, L., & Lu, J. (2021). Quality characteristics of shucked crab meat (*Eriocheir sinensis*) processed by high pressure during superchilled storage. *Journal of Food Biochemistry* 45(4), e13708. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13708>.