

CAN THIỆP VẬT LÝ ĐỂ ĐIỀU KHIỂN KẾT CẤU VÀ ĐỘ MỀM CỦA THỊT TƯƠI

Ngô Đình Tân

Trung tâm Nghiên cứu Bò và Động cơ Ba Vì

Tác giả liên hệ: Ngô Đình Tân. Điện thoại: 0973213986. Email: ngodinhtanbv@gmail.com

TÓM TẮT

Độ mềm của thịt là một thuộc tính chất lượng ăn chính để đảm bảo sự hài lòng của người tiêu dùng. Sự khác nhau về độ mềm của thịt có liên quan đến một số yếu tố nằm trong chuỗi sản xuất (yếu tố sinh học, trang trại, chế biến và tiêu dùng), có thể dẫn đến độ mềm không ổn định trong các sản phẩm thịt đỏ. Quá trình làm mềm được quyết định bởi các yếu tố vật lý và sinh hóa, có sự ảnh hưởng của protease liên quan đến sự phân hủy protein và do đó, chúng điều chỉnh tốc độ và kéo dài quá trình mềm hóa trong thịt. Một số can thiệp vật lý, hóa học và sinh học đã được nghiên cứu để cải thiện độ mềm của thịt. Nội dung bài viết này thảo luận về các biện pháp can thiệp vật lý được sử dụng để điều chỉnh kết cấu của thịt và cơ chế hoạt động của chúng, các điều kiện làm mềm tối ưu và ảnh hưởng của chúng đối với các thuộc tính chất lượng khác (độ ổn định màu sắc, quá trình oxy hóa mỡ và khả năng giữ nước).

Từ khóa: *Thịt, kết cấu, can thiệp, làm mềm*

ĐẶT VẤN ĐỀ

Chất lượng thịt là một khái niệm đa chiều, trong đó giá trị của thịt và các sản phẩm của nó được xác định dựa trên cảm quan (ví dụ: màu sắc, kết cấu, hương vị), đạo đức xã hội (ví dụ: hữu cơ so với thông thường, phúc lợi động vật), biểu tượng văn hóa (tôn giáo, ví dụ: thịt lợn hoặc thịt bò so với thịt cừu; hala so với không hala), dinh dưỡng (khía cạnh sức khỏe) và nhiều yếu tố khác (an toàn, sẵn có và giá cả). Chất lượng cảm quan (cảm quan) là một mạng lưới các thuộc tính đóng vai trò chính trong khả năng bán ra thị trường của thịt với một số yếu tố đóng vai trò lớn hơn tại điểm bán (chẳng hạn như lượng mỡ và màu sắc của thịt), trong khi những yếu tố khác trở nên quan trọng hơn khi thịt đã chín (chẳng hạn như hương vị và độ mềm). Sự mềm mại được cho là yếu tố quan trọng nhất quyết định sự hài lòng khi ăn uống và do đó, thách thức quan trọng nhất về khả năng chấp nhận thịt của người tiêu dùng. Tuy nhiên, do các yếu tố sinh lý và sinh học khác nhau, độ mềm của thịt bên trong thân thịt rất khác nhau, thường ít hơn 10% thân thịt được phân loại là thịt nước chính (Polkinghorne và cs., 2008) với phần còn lại của thân thịt được coi là cần can thiệp để cải thiện mức độ mềm. Cải thiện độ mềm các miếng thịt và duy trì sự ổn định về chất lượng thịt sẽ dẫn đến việc thu hút lượng người tiêu dùng lớn hơn, giá bán lẻ cao hơn và mức tiêu thụ thường xuyên hơn (Polkinghorne và cs., 2008). Do đó, tăng cường độ mềm của thịt là mối quan tâm đáng kể đối với ngành công nghiệp thịt.

Nhiều nghiên cứu đã xem xét các yếu tố khác nhau góp phần vào kết cấu thịt, bao gồm cả trang trại (giống, chế độ ăn và cách xử lý), sinh lý (nền tảng di truyền, căng thẳng, loại cơ và vị trí), và chế biến (chế độ nhiệt độ sau khi giết mổ, đầu vào điện và điều kiện bảo quản), có nhiều kết quả mô tả kiến thức và quy trình để sản xuất thịt mềm và độ ổn định. Các phương pháp được sử dụng để làm giảm độ dai của thịt và đạt được thịt mềm liên tục liên quan đến những thay đổi về cấu trúc và tế bào có thể dẫn đến các tác động bất lợi với quá trình oxy hóa trong thịt và ảnh hưởng đáng kể đến các thuộc tính chất lượng khác (ví dụ: khả năng giữ

nước, màu sắc, hương vị). Báo cáo này xem xét các hệ thống can thiệp vật lý đã được nghiên cứu để cải thiện kết cấu và làm mềm thịt. Đánh giá này sẽ thảo luận về cơ chế hoạt động, mức độ cải tiến đạt được và tác động đến các đặc tính chất lượng thịt.

MỘT SỐ YẾU TỐ TRONG CHUỖI SẢN XUẤT THỊT

Độ dai của thịt

Cơ của động vật trở thành thịt khi trải qua quá trình làm lạnh nghiêm ngặt sau khi giết mổ liên quan đến một loạt các thay đổi sinh lý, sinh hóa phức tạp. Hai thành phần trong thịt quyết định kết cấu của thịt. Thành phần đầu tiên liên quan đến các sợi cơ, là khối cấu tạo nên cơ vân. Sự xuất hiện vân của cơ là do cấu trúc của các myofibrils. Các myofibrils hình trụ, chiếm tới 80% sợi cơ, được cấu tạo bởi các sarcomeres lặp đi lặp lại liên tục được phân tác bằng các đĩa Z (đường). Những thay đổi sau khi giết mổ trong bộ máy co bóp của cơ (sarcomere), trải qua một giai đoạn rút ngắn trong quá trình phát triển của quá trình làm lạnh, quyết định kết cấu thịt. Chế biến và xử lý sau giết mổ, chẳng hạn như sử dụng hệ thống làm lạnh hiệu quả để tăng hiệu quả sản xuất và nhiệt độ <math><10^{\circ}\text{C}</math> trong khi pH cơ >math>>6,0</math>, có thể gây rút ngắn cơ và độ dai của thịt. Độ dai do rút ngắn có thể được phân giải ở một mức độ nhất định bởi hoạt động của các protease nội sinh (Kemp và cs., 2010). Do đó, các phương pháp có thể kích hoạt (kiểm soát pH và nhiệt độ), tăng cường (cảm ứng Ca^{2+}) hoặc kéo dài thời gian cho protease nội sinh hành động (lão hóa) có thể cải thiện cấu trúc của protein sợi cơ. Thành phần thứ hai là do mô liên kết trong thịt "thường được gọi là độ dai nền", được đề cập trong một vài nghiên cứu khác (Lepetit, 2008). Sự đóng góp của mô liên kết và độ dai của thịt phụ thuộc vào cấu trúc hoặc số lượng collagens và elastin khác nhau trong thịt (Lepetit, 2008). Thành phần độ dai của thịt này không bị ảnh hưởng nhiều bởi các hoạt động xử lý và xử lý sau giết mổ, nhưng cách nấu và nhiệt độ có thể cải thiện một phần thành phần độ dai này (Chang và cs., 2011).

Sự biến đổi sinh học trong độ mềm của thịt

Chức năng sinh lý của cơ ở động vật sống quyết định thành phần loại sợi (co giật nhanh so với chậm, hiếu khí và kỵ khí) và thành phần mô liên kết. Ngoài ra, sau khi giết mổ, tốc độ lạnh của cơ hoặc một phần cơ sẽ phụ thuộc vào vị trí của nó trong thân thịt. Những khác biệt này sẽ dẫn đến sự khác biệt lớn về thành phần hóa học và sinh học, cũng như chất lượng nấu ăn và ổn định của thịt. Do đó, một số cơ thường mềm (*Longissimus dorsi* (LD) và *Psoas major* (PM) hoặc cứng (*Biceps femoris* (BF) và *Supraspinatus* (SS)). Các cơ khác, chẳng hạn như *M. triceps Brachii*, có độ mềm khác nhau tùy thuộc vào các điều kiện chế biến được sử dụng (Belew và cs., 2003). Sự khác nhau về độ mềm của cơ giữa và trong động vật đã được ghi nhận (Lefaucheur, 2010).

Giải pháp quản lý kết cấu của thịt tươi

Các biện pháp can thiệp sau giết mổ được sử dụng trong quá trình làm mềm thịt tươi có thể được phân loại thành ba loại chính (vật lý, hóa học và enzym) dựa trên phương thức hoạt động của chúng. Can thiệp vật lý là những can thiệp gây ra sự thay đổi cấu trúc của thịt thông qua tác dụng lực hoặc kích thích vật lý, bao gồm kích thích điện (ES) đối với thân thịt, điều

kiện lão hóa (nhiệt độ, ướt so với khô), chu kỳ đông lạnh - rã đông, xử lý bằng áp xuất (hydrodyne/sốc sóng, siêu âm và áp xuất thủy tĩnh cao), và làm mềm cơ học (làm mềm lưới, kim, bong tróc, cắt nhỏ), và ngăn ngừa co rút (kéo căng, treo thay thế, thắt đầu TM, quấn, đóng băng nhanh). Kết quả của những phương pháp này được hình dung là sự thay đổi mô liên kết thông qua mạng lưới protein sợi cơ và kích thích sự phân giải protein thông qua tương tác trực tiếp giữa các enzym nội sinh, đồng yếu tố và chất nền. Gần đây, những thông tin về sự phân hủy cấu trúc thịt (ví dụ: cắt nhỏ, tạo vảy) và các kỹ thuật tái cấu trúc/liên kết đã được xem xét (Sun, 2009).

Can thiệp hóa học bao gồm truyền, ướp hoặc tiêm với muối canxi (ví dụ: clorua, lactat, ascorbate và cacbonat), natri (ví dụ: clorua, axetat, citrat và ascorbate), muối phốt phát, các chế phẩm thương mại có chứa maltodextrin cùng với tinh bột hoặc hỗn hợp của các hợp chất này và vitamin D. Những phương pháp này có thể cải thiện protein (kích hoạt Ca^{2+} của calpains), hòa tan protein myofibrillar (ion natri và photphat) và cải thiện khả năng giữ nước (muối photphat).

Các biệt pháp can thiệp bằng enzym bao gồm truyền nước, ướp hoặc tiêm các enzym ngoại trừ protease thực vật (ficin, bromelain, capain, actinidin, zingibain); protease aspartic từ *Aspergillus oryzae*; protease nấm EPg222; enzym ưa nhiệt E A.1 protease từ chủng *Bacillus E A.1, 4-1.A* protease từ chủng *Thermus Rt4-1.A*; caldolyisin từ chủng *Thermus T-351*; elastase từ *Bacillus sp. EL31410*, collagenase từ *Vibrio B-30*; và protease động vật (porcine pancreatin). Các enzym này hoạt động trên các protein sợi và các mô liên kết ở nhiều mức độ khác nhau để tạo ra cấu trúc phân mảnh và dễ thủy phân hơn.

CAN THIỆP VẬT LÝ SỬ DỤNG ĐỂ LÀM MỀM THỊT

Kích thích điện

Kích thích điện đối với thân thịt chủ yếu được áp dụng để ngăn chặn sự co cơ quá mức trong thời gian ngắn bắt đầu ở lò mổ trước khi làm lạnh nhanh (rút ngắn lạnh). Hiện tượng này có thể xảy ra khi nhiệt độ cơ giảm xuống dưới $10^{\circ}C$ trong khi cơ vẫn chứa đủ năng lượng (ở $pH > 6,0$) để thúc đẩy sự co lại tốc độ đường phân nhanh sau khi giết mổ và do đó, làm giảm nhanh độ pH. Do đó, kích thích điện đã được sử dụng trong ngành công nghiệp thịt để tạo điều kiện làm lạnh nhanh mà không có nguy cơ co cơ quá mức (ngắn lạnh). Mặc dù kỹ thuật này được coi là kỹ thuật chế biến tiêu chuẩn trong ngành công nghiệp thịt và nó đã ngăn ngừa các vấn đề rút ngắn quá trình lạnh với việc làm lạnh nhanh ở cừ. Như đã đề cập trước đó, sự co cơ được giảm thiểu khi thân thịt đi vào chế độ lạnh ở $15^{\circ}C$. Do thân thịt bò nặng làm lạnh tương đối chậm, nên kích thích điện có thể thúc đẩy quá trình rút ngắn cơ khi cơ vào trạng thái mát ($pH < 6,0$) và nhiệt độ tương đối cao ($> 35^{\circ}C$). Hiện tượng này được gọi là hiện tượng rút ngắn nhiệt. Nhiều công bố đã báo cáo tác động tích cực của ES đối với độ mềm của thịt, điều này được cho là do một số cơ chế được đề xuất, nhưng cơ chế thực tế vẫn còn đang tranh luận (Simmons và cs., 2008).

Kích thích điện thương mại được thực hiện bằng cách áp dụng các điện cực vào các đầu khác nhau của thân thịt để cung cấp dòng điện có thể ở các trạng thái khác nhau. Kích thích điện áp thấp và cao là lộ trình của kích thích. Kích thích cơ trực tiếp dựa vào hệ thần kinh để chuyển

kích thích đến cơ. Xử lý ES bao gồm một số tham số xác định hiệu quả của việc xử lý. Cụ thể là tần số, dạng sóng, độ dài chùm và thời gian kích thích.

Khi áp dụng ES cho thân thịt, các cơn co cơ mạnh xảy ra và cùng với sự giảm pH nhanh chóng, điều này phụ thuộc vào các thông số ES được sử dụng. Các cơ chế được đề xuất để giải thích hành động làm mềm bao gồm: 1) Sự gián đoạn vật lý của các sarcomere dẫn đến các sợi yếu hơn do co thắt cơ nghiêm trọng; 2) Tăng tốc phân giải protein trong thịt được xử lý bằng ES do tăng hoạt hóa protease μ -calpain hoạt hóa canxi. Cho rằng quá trình làm mềm bắt đầu khi quá trình làm lạnh các cơ được kích thích sẽ đạt đến giai đoạn này ở thời điểm sớm hơn sau khi mổ và hơn nữa, nhiệt độ cao hơn (thúc đẩy hoạt động của enzym). Do đó, các cơ được kích thích có sự khởi đầu để làm mềm hóa và do đó, vào cùng thời điểm sau khi giết mổ mức độ của quá trình làm mềm ở những cơ được kích thích sẽ cao hơn ở những cơ không được kích thích (Simmons và cs., 2008).

Có khả năng là cả hai cơ chế được đề xuất đều gây ra hiệu ứng làm mềm cho ES. Các hệ thống liên quan và mức độ mềm hóa sẽ khác nhau rất nhiều tùy thuộc vào động vật (căng thẳng, tuổi tác), cường độ ES và điều kiện làm lạnh sau khi giết mổ.

Điều kiện làm mềm hiệu quả

Các tác động làm mềm của ES sẽ phụ thuộc vào một số yếu tố, chẳng hạn như cường độ của quá trình kích thích như được mô tả trong các thông số điện đầu vào, nhiệt độ sau khi giết mổ, tổng lượng điện đầu vào trong quá trình xử lý và chế độ nhiệt độ pH. Do đó số chế độ xử lý ES được sử dụng trên toàn thế giới (21) và nhiều yếu tố sẽ liên quan, chẳng hạn như tốc độ làm lạnh và kích thích thân thịt, rất khó có một bộ thông số công dụng chung. Tuy nhiên, việc chỉ ra các yếu tố làm giảm hiệu quả của ES sẽ dễ dàng hơn nhiều. Đầu vào ES nhẹ là đủ để kích thích LD của thịt bò, và cường độ ES cao hơn dẫn đến giảm pH nhanh hơn. Phát hiện của họ phù hợp với các báo cáo trước đó cho thấy tác dụng làm mềm của ES đạt được tốt nhất với tốc độ đường phân trung gian. Nghiên cứu cũng nhấn mạnh tác động tiêu cực tiềm ẩn của điện năng tích lũy đầu vào dọc theo dây truyền sản xuất đối với chất lượng thịt bò. Các hiệu ứng làm mềm của ES hoàn toàn giảm đi khi lão hóa và hoặc ủ ở nhiệt độ $>5^{\circ}\text{C}$ (Simmons và cs., 2008).

Ảnh hưởng đến các tính trạng chất lượng thịt khác

Tác động mạnh mẽ của ES đối với sự suy giảm pH trong giai đoạn đầu sau khi giết mổ có thể có tác động lớn đến các hệ thống enzym và protein khác kiểm soát các thuộc tính chất lượng thịt, và có thể là enzym chống oxy hóa trong cơ. Các kết quả đa dạng và thường mâu thuẫn nhau, phần lớn được tạo ra bằng cách sử dụng các điều kiện thí nghiệm khác nhau (loài, tuổi, độ trưởng thành, cơ bắp, cường độ ES) có thể ảnh hưởng đến nhiệt độ, pH sau khi giết mổ. Ví dụ, trong khi các tác động tiêu cực đối với ES đối với khả năng giữ nước và độ bền màu đã được báo cáo đối với thịt bò, một chút cải thiện về màu sắc ban đầu đã được báo cáo đối với LD thịt cừu. Một mối quan tâm thực sự đối với việc xử lý ES, đặc biệt là sự mất mát nhỏ giọt tăng lên do biến tính protein khi tốc độ làm lạnh thấp.

Điều kiện nhiệt độ cao

Điều kiện nhiệt độ cao (HTC) thường được gọi là quá trình giữ thân thịt hoặc thịt cắt ở nhiệt độ trên 5°C để cải thiện chất lượng ăn (đặc biệt là độ mềm và hương vị) của thịt. Sự quan tâm

đến HTC tăng lên sau khi báo cáo về vai trò của ngăn cơ trong việc điều chỉnh độ mềm của thịt và mối quan hệ giữa ngăn cơ và nhiệt độ trước khi làm lạnh.

Các cơn co thất tối thiểu xảy ra trong các cơ được ủ trong phạm vi nhiệt độ 14-18°C. Hiệu quả đã được chứng minh đối với một số cơ (*semitandinosus* (ST), *growus lateralis* (VL) và BF, cho thấy nó có thể tồn tại ở một số loại cơ. HTC có thể được thực hiện bằng cách giữ thân thịt ở nhiệt độ tương đối cao hoặc trước hoặc sau khi làm lạnh (sau khi cơ đã trải qua quá trình làm lạnh thông thường). Rõ ràng, sự khác biệt về thời gian sau khi giết mổ và tình trạng sinh hóa của cơ có nghĩa là năng lượng được bổ sung thông qua điều hòa nhiệt có thể tác động lên các hệ thống khác nhau. Quá trình này có thể được thực hiện trên toàn bộ thân thịt hoặc thịt cắt nhỏ. Đóng gói chân không hoặc không đóng gói. Trong không khí được kiểm soát hoặc đóng gói chân không và ngâm trong nước tuần hoàn nhiệt độ mong muốn. Các nghiên cứu khác đã báo cáo quá trình làm mềm hóa đáng kể ở các nhiệt độ khác nhau nhưng hiệu quả dường như phụ thuộc vào việc điều hòa được thực hiện trước hay sau khi làm lạnh và khoảng thời gian, điều này dường như ảnh hưởng đến việc rút ngăn cơ.

Hiệu quả làm mềm của HTC được quyết định bởi thời gian sau khi giết mổ (trước khi làm lạnh so với sau khi chết) và nhiệt độ mà tại đó cơ sẽ được bảo quản. Quá trình làm mềm hóa tối ưu được tìm thấy là xảy ra trong phạm vi nhiệt độ 14-18°C. Cơ chế hoạt động làm mềm của HTC có thể được tóm tắt như sau: 1) giảm sự ngăn cơ khi các cơ được làm trước khi lạnh trước, được bảo quản ở nhiệt độ gần 15°C và 2) tăng tốc mềm hóa ở nhiệt độ trung gian sau khi giết mổ (ví dụ 15°C) do tăng phân giải protein do kết quả của sự hoạt hóa μ -calpain và sự phân hủy của calpastatin.

Tốc độ mềm hóa của thịt bị ảnh hưởng tiêu cực khi cơ được bảo quản ở nhiệt độ trước khi làm lạnh cao (>25°C) do cơ ngăn lại và giảm hoạt động của μ -calpain. Bằng cách loại bỏ tác dụng làm ngăn cơ trong thịt được ủ ở 18°C và ở 35°C, rút ngăn cơ là một nguyên nhân gây ra tỷ lệ hóa mềm thấp ở nhiệt độ trước khi làm lạnh cao hơn 35°C so với 18°C, vì việc loại bỏ sự khác biệt về chiều dài sarcomere từ cả hai nghiệm thức không làm thay đổi sự khác biệt về giá trị lực cắt. Tuy nhiên, sự làm lạnh trước cao cũng làm giảm hoạt tính của calpastatin và dẫn đến tỷ lệ phân hủy troponin T cao hơn (sự thoái hóa của protein cấu trúc này được coi là bước quan trọng trong quá trình làm mềm thịt (Hopkins và Geesink, 2009) sau khi giết mổ 1 ngày. Việc rút ngăn cơ bắp không ảnh hưởng đến mức độ phân hủy troponin-T hoặc desmin (các protein myofibrillar cấu trúc quan trọng, sự phân hủy của chúng thường được sử dụng như là dấu hiệu của sự phân giải protein) ở Longissimus hoặc Psoas chính. Tuy nhiên, khi sự khác biệt về lực cắt được so sánh với mức độ phân hủy protein, rõ ràng là có sự khác biệt lớn tồn tại ở thời điểm 1 và 10 ngày sau khi giết mổ giữa cơ đối chứng và cơ ngăn và những khác biệt này không thể giải thích bằng mức độ của quá trình phân giải protein. Điều này cho thấy rằng quá trình rút ngăn cơ có tác động dai dẳng trong quá trình lão hóa, bằng cách tăng mật độ của các sarcomere gây ra nhiều khả năng chống lại sự cắt hoặc bằng cách ngăn cản sự tiếp cận của protease với các protein cấu trúc khác. Tổng hợp lại, có vẻ như việc đảm bảo tiếp cận với các chất nền trong các sarcomere dài hơn và sự sẵn có và mức độ đầy đủ của μ -calpain, bất kể hoạt tính của calpastatin cao hơn, có thể dẫn đến tỷ lệ mềm hóa cao. Do đó, cả mức độ cơ cơ và hoạt động của calpain đều đóng một vai trò quan trọng trong HTC. Sự gia tăng các hoạt động của enzym lysosome tự do trong điều kiện pH thấp và nhiệt độ trước làm lạnh cao,

chẳng hạn như có sẵn trong HTC, có thể góp phần vào sự phân hủy protein myofibrillar và ảnh hưởng đến sự ổn định nhiệt của collagen dẫn đến hoạt động làm mềm.

Điều kiện làm mềm hiệu quả

Giữ thân thịt ở nhiệt độ trước 15-16°C trong 10 đến 48 giờ cải thiện độ mềm từ 40 đến 50% so với đối chứng được giữ ở nhiệt độ thấp hơn (0-1°C) và tỷ lệ hóa mềm tăng lên xảy ra ở nhiệt độ này. Sự gia tăng 30% độ mềm ở thời điểm 1 ngày sau khi giết mổ ở LD cừu được ủ ở 15°C so với con được ủ ở 5°C. Việc ủ trước khi làm lạnh sâu ở nhiệt độ cao hơn (35-37°C) trong thời gian tương đối ngắn (3 giờ) đã được báo cáo là có thể cải thiện độ mềm. Trong thử nghiệm, thời gian ngắn hơn này đã tránh được sự rút ngắn nhiệt thường xảy ra sau 5 giờ ở cùng nhiệt độ. Thời gian HTC kéo dài có thể dẫn đến thịt dai hơn sau khi lão hóa sau khi giết mổ.

Nói chung, quá trình làm mềm bị ảnh hưởng bất lợi khi cơ bắp trải qua quá trình làm giữ ở nhiệt độ $\geq 30^\circ\text{C}$. Dữ liệu về độ mềm được báo cáo (38) với LT thịt cừu ở 8,26°C và 72 giờ sau khi giết mổ và đối với thịt bò LD ở thời điểm 1 và 5 ngày sau khi giết mổ (Simmons và cs., 2008) cho thấy ES không ngăn cản tác dụng tăng cường độ cứng của nhiệt độ cao trước khi làm lạnh (tương ứng là 35 và 37-40°C). Tuy nhiên, Rosenvold và cs. (2008) đã tìm thấy chất bảo vệ ES trên cơ Longissimus lumborum (LL) của thịt bò đã trải qua quá trình giữ ở nhiệt độ 35°C. Mức độ đầu vào điện và tuổi động vật có thể góp phần vào các kết quả dường như trái ngược nhau. Một lần nữa, các báo cáo đã đảm bảo nghiên cứu thêm về sự tương tác của các đầu vào vật chất khác nhau được sử dụng trong ngành công nghiệp thịt và các yếu tố sinh lý của động vật đã giết mổ.

Mặt khác, sau quá trình bảo quản ở nhiệt độ cao có thể rất hiệu quả trong việc tăng độ mềm của thịt vì thời kỳ quan trọng để phát triển quá trình rút ngắn đã qua. Tốc độ hóa mềm tăng lên theo cấp số nhân với sự gia tăng của HTC sau khi bảo quản đến 60°C. Ngay cả khi các cơ bị rút ngắn, HTC ở 37°C có thể giảm bớt hiệu ứng rút ngắn và tạo thịt có độ mềm tương đương như khi chịu sự làm lạnh ở 15°C. Nguyên tắc này đã được sử dụng để giảm thời gian lão hóa của thịt bò từ 2 tuần xuống còn khoảng 1 đến 2 ngày trong một quy trình gọi là "Tenderay", nơi thịt được giữ ở nhiệt độ cao tới 43°C trong hệ thống đảm bảo giảm sự phát triển của vi sinh vật, chẳng hạn như chiếu xạ tia cực tím, hoặc nguồn ozon, hoặc sử dụng chất kháng khuẩn. Xử lý nhiệt không liên tục (chu kỳ làm lạnh trong phạm vi 4-20°C hoặc 4-20°C) có thể cải thiện tốc độ hóa mềm ở cơ ST và SM từ thịt trong 24 giờ.

Ảnh hưởng đến các tính trạng chất lượng thịt khác

Màu sắc và độ ổn định màu đã được báo cáo là bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ mà cơ đi vào làm lạnh. Ví dụ, những cải thiện đáng kể ban đầu sau khi giết mổ về thông số màu (sắc độ và L*) ở nhiệt độ cao (30-35°C). Sự tăng lên độ đậm nhạt (giá trị L*) là có khả năng là do sự biến tính protein tăng lên và khả năng giữ nước giảm ở mức nhiệt độ đó, dẫn đến lượng ẩm tự do trên bề mặt thịt cao hơn, dẫn đến màu sắc nhạt hơn. HTC có thể ảnh hưởng đến hoạt động của ty thể và làm giảm tốc độ tiêu thụ oxy (OCR), dẫn đến hàm lượng oxy cao hơn và hàm lượng oxymyoglobin trong thịt khi trưng bày bán lẻ, do đó sắc độ cao hơn. Tuy nhiên, tác dụng mất khi đóng gói chân không và quá trình lão hóa do mất độ ẩm dư thừa khi làm sạch và mất lợi thế của OCR giảm với thịt chế biến thông thường có mức OCR tương tự. Cả nhiệt độ mà cơ

hoạt động mạnh và thời gian nó được giữ ở một nhiệt độ nhất định đều có thể ảnh hưởng đến sự hình thành MetMb. Nhiệt độ cao hơn dẫn đến tăng tích lũy MetMB có thể do sự biến tính của các enzym chịu trách nhiệm làm giảm hoạt tính của thịt hoặc mất nhanh chóng lượng nicotinamide adenine dinucleoti (NADH) đã giảm.

Ngoài ảnh hưởng đến màu sắc thịt, HTC cũng có thể ảnh hưởng đến khả năng giữ nước của thịt vì sự gia tăng đáng kể trong quá trình nấu chín và nhỏ giọt. Trong khi nhiệt độ tăng cao có thể hỗ trợ tăng hoạt động của vi sinh vật, trong điều kiện vệ sinh tốt, việc điều hòa nhiệt độ cao (37°C trong 3 giờ) không ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng vi sinh của thịt bò ở 24 giờ sau khi giết mổ.

Ủ thịt (lão hóa)

Lão hóa, còn được gọi là điều hòa, là quá trình bảo quản thịt trong phòng lạnh để hưởng lợi từ tác dụng làm mềm của các protease nội sinh. Các cơ chế của lão hóa và các yếu tố sinh hóa ảnh hưởng đến nó đã là chủ đề của nhiều nghiên cứu.

Quá trình này thường được thực hiện dưới dạng lão hóa ướt hoặc lão hóa khô. Lão hóa ướt là quá trình các miếng thịt được đóng gói chân không và bảo quản ở nhiệt độ ngay trên đông lạnh để ngăn chặn hoạt động của vi sinh vật (-1 đến 4°C, tùy thuộc vào thời gian bảo quản mong muốn và thị trường mục tiêu) để đạt được mức độ mềm hóa cần thiết. Lão hóa khô đề cập đến quá trình bảo quản trong phòng lạnh đối với thân thịt hoàn chỉnh hoặc các khớp nối mà không cần đóng gói chân không. Cả hai hệ thống đều có tác động đáng kể đến chất lượng thịt (hương vị, màu sắc, kết cấu). Sự thành công của quá trình lão hóa phụ thuộc nhiều vào yếu tố (độ cắt của thịt, độ pH, nhiệt độ lão hóa, thời gian lão hóa). Cơ chế quan trọng của quá trình làm mềm trong quá trình lão hóa là sự phân hủy các protein cấu trúc bởi các enzym nội sinh với μ -calpain là enzym chính tham gia vào quá trình này, mặc dù sự tham gia của các protease khác cũng có thể có (Laville và cs., 2009).

Điều kiện làm mềm hiệu quả

Ở cấp độ công nghiệp, các điều kiện chi phối quá trình lão hóa sẽ phụ thuộc vào thị trường mục tiêu (trong nước hoặc quốc tế) và do đó, cần phải làm xu hướng chậm hay nhanh. Trong mọi trường hợp, miếng thịt được cắt ra từ thân thịt, đóng gói chân không và duy trì ở nhiệt độ trên đông lạnh. Thời gian lão hóa sẽ thay đổi rất nhiều, nhiệt độ lão hóa càng ngắn thì nhiệt độ càng cao. Tại Hoa Kỳ, thời gian lão hóa trung bình đối với các miếng thịt dao động trong khoảng 2 đến 61 ngày với phạm vi trung bình là 17 đến 19 ngày. Các loại bít tết nhằm mục đích đảm bảo chất lượng và dành cho ngành dịch vụ ăn uống sẽ cần thời gian ủ lâu hơn (trung bình 32 ngày). Mức độ mềm đạt được với một thời gian lão hóa nhất định sẽ khác nhau rất nhiều giữa các lần cắt thịt khác nhau phản ánh sự khác biệt về mức độ của enzym nội sinh, trạng thái cơ và hàm lượng mô liên kết. Lão hóa sau khi giết mổ là một lựa chọn công nghiệp tiêu chuẩn để cải thiện độ mềm, nhưng nó có một số vấn đề liên quan đến chi phí đóng gói, nhân công, làm lạnh và nguy cơ hư hỏng thịt cũng như quản lý chất thải của vật liệu đóng gói.

Ảnh hưởng đến các tính trạng chất lượng khác

Tổn thất nhỏ giọt tăng lên cùng với sự gia tăng thời gian lão hóa và nhiệt độ. Tổn thất khi nấu

có xu hướng giảm khi tăng thời gian lão hóa, nhưng không thấy sự thay đổi trong thất thoát khi nấu theo thời gian lão hóa. Các giai đoạn lão hóa trung gian (4-7 ngày) có thể gây ra nhiều tổn thất trong quá trình nấu nướng (Lagerstedt và cs., 2008). Lão hóa có thể cải thiện đáng kể độ ngon miệng tổng thể của các miếng thịt có lượng mô liên kết tương đối nhỏ và chưa bị nguội lạnh.

Khi lão hóa, một số thay đổi sinh hóa diễn ra có thể đóng một vai trò rất quan trọng trong việc kiểm soát màu sắc và độ ổn định màu sắc của thịt. Ví dụ, tốc độ tiêu thụ oxy (OCR) và hô hấp của ty thể giảm khi thời gian lão hóa tăng lên; dự trữ NADH đã cạn kiệt hoàn toàn nhưng NAD⁺ vẫn còn trong một thời gian. Tốc độ tự oxy hóa bị giới hạn trong quá trình đóng gói chân không nhưng tăng với tốc độ nhanh hơn trong quá trình trưng bày thịt sau đó. Những sự kiện chính này gọi chung sẽ điều chỉnh lượng oxy hấp thụ và tiêu thụ oxy. Điều này sẽ ảnh hưởng đến mức độ oxy hóa trong quá trình hiển thị và hoạt động khử metmyoglobin, dẫn đến các cấu hình màu sắc khác nhau.

Màu sắc thịt sẽ xấu đi theo thời gian bảo quản hiếu khí và việc đóng gói chân không giúp cải thiện màu sắc của thịt khi tiếp xúc với không khí. Tuy nhiên, bất kỳ sự cải thiện nào về màu sắc đều tồn tại trong thời gian ngắn và tỷ lệ thay đổi màu sắc của thịt được đóng gói chân không trước đó trong quá trình trưng bày hiếu khí cao hơn thịt được đóng gói không hút chân không. Các nghiên cứu về OCR của cơ LD cho thấy OCR giảm xuống còn 30% so với tỷ lệ ban đầu ở thời điểm 2 ngày sau khi giết mổ và còn 15% vào 10 ngày sau khi giết mổ. Sự lão hóa của thịt không đóng gói dẫn đến sự thâm nhập oxy cao hơn và do đó áp suất oxy cao hơn hiện diện bên dưới bề mặt của thịt khi thời gian lão hóa tăng lên. Họ báo cáo rằng 29% Mb là OxyMb ở thời điểm 1 ngày sau khi giết mổ khi thịt tiếp xúc với không khí trong 5 giờ, trong khi ở 3-11 ngày sau khi giết mổ, 51-64% Mb là OxyMb sau 5 giờ tiếp xúc với không khí. Tuy nhiên, lượng OxyMb giảm sau 13 ngày lão hóa mặc dù họ nhận thấy sự thâm nhập oxy và áp suất riêng phần của oxy cao hơn sau khi tiếp xúc với không khí.

Cấp đông/dã đông

Cho vào chu trình đông lạnh - rã đông có thể cải thiện độ mềm thông qua các quá trình vật lý và sinh hóa bị ảnh hưởng rất nhiều bởi tốc độ đông lạnh (phụ thuộc vào phương tiện/phương pháp cấp đông và kích thước sản phẩm), thời gian áp dụng sau giết mổ và điều kiện trong quá trình xử lý (ví dụ: ES, HTC). Thịt cắt hoặc toàn bộ thân thịt có thể được cải thiện qua các chu kỳ đông lạnh và rã đông. Một số tùy chọn để đông lạnh (thông thường, thổi khí, tủ đông dạng tấm và hệ thống đông lạnh) và để rã đông (dưới áp suất tĩnh, vi sóng, không khí lưu thông hoặc nước) có sẵn và sự lựa chọn của bất kỳ sự kết hợp nào của công nghệ này sẽ có tác động đến chất lượng thịt. Các mức độ mềm hóa đáng kể. Ví dụ, giảm 34 và 13% lực cắt của LD thịt cừu (tương ứng ở 1 và 7 ngày sau khi giết mổ) và 14% LD thịt bò (Solomon và cs., 2008) đã được thấy do chu kỳ cấp đông/rã đông. Tuy nhiên, hiệu quả dường như phụ thuộc vào thời gian ủ (lão hóa) thịt sau khi giết mổ.

Để thịt tiếp xúc với nhiệt độ thấp hơn điểm đóng băng của thịt (<-1,5°C) sẽ gây ra sự hình thành các tinh thể nước đá trong thịt. Tùy thuộc vào tốc độ đóng băng, sự hình thành băng có thể diễn ra nhanh chóng trong các ngăn ngoại bì và nội bào của cơ (trong thời gian tốc độ đóng băng rất nhanh) với rất ít cơ hội thiết lập một gradient thẩm thấu qua màng tế bào. Do

đó, điều này sẽ ngăn chặn sự di chuyển của độ ẩm qua thành tế bào và tế bào sẽ duy trì tính toàn vẹn của chúng. Mặt khác, khi tốc độ đông chậm, quá trình hình thành nước đá sẽ chậm và các tinh thể nước đá lớn sẽ hình thành bên ngoài tế bào gây ra sự gia tăng các chất hòa tan ngoài tế bào. Điều này cuối cùng sẽ dẫn đến một độ dốc thẩm thấu qua thành tế bào và sự di chuyển của độ ẩm từ bên trong tế bào ra bên ngoài, gây mất nước và sụp đổ thành tế bào. Với sự thay đổi pha (nước thành nước đá), mật độ của nước đã thấp hơn nước và do đó, nước đã sẽ chiếm nhiều không gian phân tử hơn nước, điều này gây áp lực lên thành tế bào và gây ra sự phân mảnh. Có thể giả định rằng khi rã đông, các thành phần tế bào sẽ sẵn sàng tự do cho các phản ứng vì có thể xảy ra tương tác trực tiếp với chất nền.

Điều kiện làm mềm hiệu quả

Hiệu ứng làm mềm dường như phụ thuộc vào thời gian sau khi giết mổ, thịt đã cắt và loại động vật. Hiệu quả làm mềm cũng phụ thuộc vào điều kiện chế biến vì thịt cừu đông lạnh từ thân thịt được kích thích nhẹ nhiều hơn mềm hơn thịt cừu từ thân thịt bị kích thích mạnh.

Ảnh hưởng đến các tính trạng chất lượng thịt khác

Quá trình đông lạnh - rã đông có thể ảnh hưởng đến màu sắc của thịt, tùy thuộc vào tốc độ cấp đông, với màu sáng hơn trong thịt được đông lạnh chậm, tuy nhiên, màu đỏ và độ ổn định màu bị ảnh hưởng tiêu cực. Một hạn chế đáng kể của công nghệ này là làm tăng tổn thất nhỏ giọt khi rã đông. Hơn nữa, các tương tác với các bước xử lý khác có thể có ảnh hưởng lớn đến việc mất nước nhỏ giọt. Ví dụ, tốc độ cấp đông có ảnh hưởng lớn hơn đến sự hao hụt nhỏ giọt trong thịt có ES so với không ES (NES) (khoảng 7,5 -10,9% đối với ES và 3,3-5,5% đối với NES) với tổn thất cao hơn trong hệ thống thương mại (tủ đông thổi khí khoảng 9,3-10,9%) so với tủ đông lạnh (khoảng 7,6 - 7,8%). Hơn nữa, quá trình oxy hóa gia tăng đã được chứng minh là xảy ra ở thịt lợn (Xia và cs., 2009) nhưng vẫn chưa xác nhận ở loài khác.

KẾT LUẬN

Các kết quả từ nghiên cứu đã xem xét cho thấy có nhiều phương pháp vật lý để làm mềm thịt, nhưng không có giải pháp chung nào để giải quyết các vấn đề về độ mềm. Mức độ làm mềm đạt được bằng các phương pháp khác nhau này rất khác nhau, từ không có tác dụng đến quá mềm tùy thuộc vào cơ (sợi cơ và thành phần mô liên kết), dạng thịt (cơ riêng lẻ hoặc toàn bộ thân thịt) với ưu điểm và nhược điểm sau đó về hương vị, kết cấu và khả năng chấp nhận sản phẩm. Lý do điều này là độ dai/mềm của thịt được xác định chủ yếu bởi số lượng và sự trưởng thành của các mô liên kết, mức độ co cơ và mức độ mềm hóa trong quá trình lão hóa (được xác định bởi mức độ của protease và chất ức chế). Tùy thuộc vào loại cơ, loài, tuổi động vật, điều kiện chế biến và phương pháp nấu ăn, sự đóng góp tương đối của các yếu tố này vào độ dai khác nhau. Do đó, chiến lược làm mềm tối ưu có thể khác nhau tùy thuộc vào cách cắt thịt và phương pháp nấu được khuyến nghị.

Pha lóc thịt nóng có một số ưu điểm hơn so với pha lóc lúc nguội (giảm trọng lượng thấp hơn, chi phí làm lạnh thấp hơn, khả năng liên kết cao hơn, kiểm soát quá trình làm lạnh tốt hơn và xử lý thịt tốt hơn và an toàn hơn). Nó cũng có một số nhược điểm, bao gồm thực tế là các cơ nóng không còn được gắn vào khung xương, và do đó có thể tự co lại trong quá trình làm lạnh. Yếu tố này có thể ảnh hưởng tiêu cực sâu sắc đến độ mềm của thịt. Nói chung, việc tăng

độ mềm kết cấu và sự phân hủy protein có thể dẫn đến tăng quá trình oxy hóa, có thể ảnh hưởng đến sự ổn định màu sắc và hương vị của thịt. Việc kết hợp các chất chống oxy hóa có thể tập trung vào độ mềm của thịt và năng suất nấu chín mà không chú ý nhiều đến các sản phẩm khác của thịt (đặc biệt là màu sắc) và điều này cần được giải quyết trong các công việc trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Belew, J.B., Brooks, J.C., McKenna, D.R. and Savell, J.W. Warner-Bratzler. 2003. shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64, pp. 507–512.
- Chang, H., Wang, Q., Xu, X., Li, C., Huang, M., Zhou, G. and Dai, Y. 2011. Effect of heat-induced changes of connective tissue and collagen on meat texture properties of beef Semitendinosus muscle. *International Journal of Food Properties*, 14, 381–396.
- Hopkins, D.L. and Geesink, G.H. 2009. Protein degradation post mortem and tenderisation. In: *Applied Muscle Biology and Meat Science*; Du, M.; McCormick, R.; Eds.; CRC Press, Taylor & Francis Group: Kentucky, USA, pp. 149–173.
- Kemp, C.M., Sensky, P.L., Bardsley, R.G., Buttery, P.J. and Parr, T. 2010. Tenderness—An enzymatic view: Review. *Meat Science*, 84, pp. 248–256.
- Lagerstedt, Å., Enfält, L., Johansson, L. and Lundström, K. 2008. Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef *M. longissimus dorsi*. *Meat Science*, 80, pp. 457–461.
- Laville, E., Sayed, T., Morzel, M., Blinet, S., Chambon, C., Lepetit, J., Renand, G. and Hocquette, J.F. 2009. Proteome changes during meat aging in tough and tender beef suggest the importance of apoptosis and protein solubility for beef aging and tenderization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, pp. 10755–10764.
- Lefaucheur, L. 2010. A second look into fibre typing—Relation to meat quality. *Meat Science*, 84, pp. 257–270.
- Lepetit, J. 2008. Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat Science*, 80, pp. 960–967.
- Rosenvold, K., North, M., Devine, C., Micklander, E., Hansen, P., Dobbie, P. and Wells, R. 2008. The protective effect of electrical stimulation and wrapping on beef tenderness at high pre rigor temperatures. *Meat Science*, 79, pp. 299–306.
- Polkinghorne, R., Thompson, J.M., Watson, R., Gee, A. and Porter, M. 2008. Evolution of the Meat Standards Australia (MSA) beef grading system. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48, pp. 1351–1359.
- Simmons, N.J., Daly, C.C., Cummings, T.L., Morgan, S.K., Johnson, N.V. and Lombard, A. 2008. Reassessing the principles of electrical stimulation: Review. *Meat Science*, 80, pp. 110–122.
- Solomon, M.B., Liu, M.N., Patel, J., Paroczay, E., Eastridge, J. and Coleman, S.W. 2008. Tenderness improvement in fresh or frozen/thawed beef steaks treated with hydrodynamic pressure processing. *Journal of Muscle Foods*, 19, pp. 98–109.
- Sun, X.D. 2009. Utilization of restructuring technology in the production of meat products: A review. *CyTA Journal of Food*, 7, pp. 153–162.
- Xia, X., Kong, B., Liu, Q. and Liu, J. 2009. Physicochemical change and protein oxidation in porcine longissimus dorsi as influenced by different freeze–thaw cycles. *Meat Science*, 83, pp. 239–245

ABSTRACT

Physical intervention to control texture and tenderness of fresh meat

Meat tenderness is a key edible quality attribute to ensure consumer satisfaction. Variations in meat tenderness are related to several factors along the production chain (biological, farm, processing and consumption factors), which can lead to unstable tenderness in products. Red meat. The tenderization process is determined by physical and biochemical factors, with the influence of proteases involved in protein breakdown and thus, they regulate the rate and prolongation of tenderization in meat. Several physical, chemical and biological interventions have been studied to improve meat tenderness. This paper discusses the physical interventions used to modify the texture of meat and their mechanism of action, the optimal tenderizing conditions and their influence on the properties of the meat. other qualities (color stability, grease oxidation and water holding capacity).

Keywords: *Meat, texture, interfere, tenderness*

Ngày nhận bài: 08/11/2021

Ngày chấp nhận đăng: 30/11/2021