

ẢNH HƯỞNG CÁC YẾU TỐ CÔNG NGHỆ CỦA QUÁ TRÌNH ÉP Đùn CÓ GIA NHIỆT ĐẾN ĐỘ CHÍN VÀ TÍNH CHẤT CẤU TRÚC CỦA BUN TƯƠI TỪ GẠO LỨT

Trình Thị Kiều Oanh¹, Hồ Anh Tuấn¹, Nguyễn Ngọc Sơn¹,
Trần Đoan Sơn², Trần Thị Thu Trà¹, Tôn Nữ Minh Nguyệt¹, Lê Văn Việt Mẫn¹

TÓM TẮT

Gạo lứt giàu dinh dưỡng do có chứa lớp cám giàu chất xơ, khoáng, vitamin và các chất có hoạt tính sinh học hơn gạo xay. Xu hướng hiện nay của nhiều người tiêu dùng là sử dụng các sản phẩm từ gạo lứt để có những tác động tốt cho sức khỏe. Trong nghiên cứu này, đã khảo sát ảnh hưởng các yếu tố công nghệ của quá trình ép đùn đến độ chín và tính chất cấu trúc của bún tươi từ gạo lứt bao gồm hàm lượng chất khô của huyền phù bột gạo, tỷ lệ gạo xay/gạo lứt, nhiệt độ ép đùn và thời gian lưu của nguyên liệu trong buồng ép đùn. Kết quả cho thấy bún từ gạo lứt có độ chín thấp hơn và cấu trúc kém dai hơn so với bún từ gạo xay. Mẫu bún được ép đùn từ huyền phù với hàm lượng chất khô 45%, tỷ lệ gạo xay/gạo lứt 45%, nhiệt độ ép đùn 100°C và thời gian lưu trong buồng ép đùn 45 giây có độ chín và các tính chất cấu trúc như độ cứng, độ dai, độ đàn hồi và độ dính tương đương với các mẫu bún thương mại. Bên cạnh đó, mẫu bún từ hỗn hợp gạo lứt và gạo xay có hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học và thành phần dinh dưỡng như phenolic tổng, flavonoid, xơ và tro cao vượt trội hơn so với mẫu bún gạo xay.

Từ khóa: Bún, cấu trúc, ép đùn, gạo lứt.

1. MỞ ĐẦU

Bún là một trong những sản phẩm truyền thống được làm từ gạo và được sử dụng phổ biến ở các nước châu Á. Gần đây, bún được xem là sản phẩm thay thế mì sợi cho những người tiêu dùng bị dị ứng với gluten vì thành phần của bún không chứa gluten. Quy trình truyền thống sản xuất bún có nhiều công đoạn bao gồm ngâm gạo, nghiền, lọc huyền phù, hóa một phần tinh bột, ép sợi và làm chín (luộc) bún. Quy trình này được áp dụng ở quy mô vừa và nhỏ đồng thời tốn nhiều thời gian và lao động phổ thông. Ở quy mô công nghiệp, các nhà sản xuất sử dụng phương pháp ép đùn có gia nhiệt để kết hợp các công đoạn hồ hóa tinh bột, ép sợi và làm chín sản phẩm vào một quá trình chế biến (Charutong, Jitpakdree, Namsree và Rungsardthong, 2008). Khi đó, quy trình sản xuất sẽ được cơ giới hóa và rút ngắn thời gian. Một số nghiên cứu trên thế giới đã khảo sát sự ảnh hưởng của các thông số công nghệ trong quá trình ép đùn có gia nhiệt đến chất lượng của bún.

Thông thường, bún được sản xuất từ gạo xay (hạt gạo đã được tách bỏ lớp vỏ cám). Hiện nay, nhiều

người tiêu dùng quan tâm gạo lứt (hạt gạo vẫn còn lớp vỏ cám) vì nó có giá trị dinh dưỡng cao. Gạo lứt giàu protein, chất béo, chất xơ, vitamin (B1, B2, B6), khoáng (canxi, sắt, magie, selen, natri và kali), đặc biệt là các hợp chất phenolic với hoạt tính kháng oxy hóa cao vượt trội so với gạo xay. Đến nay, nhiều sản phẩm chế biến từ gạo lứt đã được nghiên cứu và có mặt trên thị trường như trà gạo lứt, hành gạo lứt, phở khô từ gạo lứt (L. Wang, Duan, Zhou, Qian, Zhang và Qi, 2016). Tại Việt Nam đến nay vẫn chưa có công bố khoa học nào về sản phẩm bún nói chung và bún tươi nói riêng được làm từ gạo lứt.

Chất lượng bún được đánh giá qua nhiều chỉ tiêu, đặc biệt là độ chín và các tính chất liên quan đến cấu trúc của sợi bún như độ cứng, độ đàn hồi, độ dính và độ dai. Mục đích của nghiên cứu này là khảo sát ảnh hưởng các yếu tố công nghệ của quá trình ép đùn có gia nhiệt đến độ chín và các tính chất cấu trúc của bún tươi được làm từ gạo lứt. Quy trình làm bún trong nghiên cứu này không có sự dụng phụ gia cải thiện cấu trúc sợi bún.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Gạo xay và gạo lứt sử dụng trong nghiên cứu này đều thuộc giống lúa *Oryza sativa* OM 1352 do đại lý vật tư nông nghiệp Thành Công (Tây Ninh) cung

¹ Bộ môn Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

² Bộ môn Chế tạo Máy, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

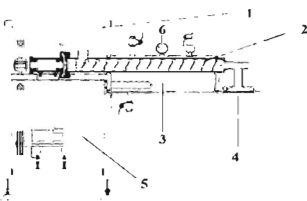
cấp. Đây là loại gạo được dùng phổ biến để sản xuất bún tại các tỉnh phía Nam.

Để so sánh độ chín và tính chất cấu trúc của mẫu bún tươi được làm từ gạo lứt, 5 sản phẩm bún đối chứng từ gạo xát được chọn là những sản phẩm bún phổ biến đang được thương mại hóa tại khu vực TP. Hồ Chí Minh, bao gồm: bún An Hải (siêu thị Big C), bún Kiều Trang (siêu thị Co.opmart), bún Sầu Thanh (siêu thị Bách Hóa Xanh), bún Ba Khánh (siêu thị Vinmart) và bún Nguyễn Bình (chợ Hòa Hưng, chợ Gò Vấp, chợ Tân Quy).

Các hóa chất phân tích sử dụng trong nghiên cứu này có xuất xứ từ Công ty Sigma-Aldrich (Hoa Kỳ) và có độ tinh sạch đạt chuẩn phân tích.

2.2. Thiết bị ép đùn

Thiết bị ép đùn sử dụng trong nghiên cứu được giới thiệu trên hình 1.



Hình 1. Hình chiếu đứng của thiết bị ép đùn sử dụng trong nghiên cứu

Các bộ phận chính của thiết bị ép đùn

1. Phễu nhập liệu
2. Buồng ép và vít tải
3. Bộ phận gia nhiệt nước thành hơi để cấp nhiệt cho buồng ép
4. Lỗ khuôn
5. Động cơ máy ép đùn
6. Đồng hồ đo nhiệt độ buồng ép

Thiết bị ép đùn có buồng ép hình trụ nằm ngang và được làm bằng vật liệu chịu lực cao. Bên trong

buồng ép có trục vít dạng côn với bước vít giảm dần (Theo chiều từ đầu nhập liệu đến lỗ khuôn, cứ hai bước vít liên tiếp nhau sẽ giảm đi 4 mm). Đầu thoát sản phẩm có dạng hình côn gắn với đĩa khuôn đục lỗ tạo hình sợi bún. Bên trong thiết bị có điện trở để gia nhiệt nước tạo hơi nước bão hòa; phần hơi bão hòa này sẽ dùng để được cấp nhiệt cho buồng ép trong quá trình hoạt động. Động cơ sử dụng để chạy máy là động cơ giảm tốc công suất 2,2 kW (3HP). Số vòng quay động cơ là 1450 vòng/phút. Truyền động từ động cơ đến trục vít được thực hiện bằng bánh đai. Tốc độ quay của trục vít được điều chỉnh bằng biến tần. Thiết bị có năng suất 200 kg sản phẩm/giờ và do Công ty Sơn Việt (TP. Hồ Chí Minh) chế tạo.

2.3. Phương pháp bố trí thí nghiệm

2.3.1. Xác định thành phần hóa học và tính chất kỹ thuật của gạo xát và gạo lứt

Gạo xát và gạo lứt từ giống lúa OM 1352 được đem đi xác định thành phần hóa học (độ ẩm, protein, lipid, xơ, tro, tinh bột, amylose, carbohydrate tổng, các hợp chất phenolic, flavonoid), các tính chất vật lý (chiều dài hạt, tỉ lệ chiều dài/chiều rộng, khoảng nhiệt độ hồ hóa tinh bột, độ bền gel) và hoạt tính sinh học (hoạt tính kháng oxy hóa). Đây là những thông tin cơ sở để chọn khoảng khảo sát cho các thông số công nghệ của quá trình ép đùn có gia nhiệt tạo sản phẩm bún trong phần tiếp theo.

2.3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng các thông số công nghệ của quá trình ép đùn có gia nhiệt đến độ chín và tính chất cấu trúc của bún tươi

Quy trình sản xuất bún sử dụng trong nghiên cứu này như sau: gạo lứt và gạo xát được ngâm trong bình kín, ở nhiệt độ phòng trong thời gian 72 giờ với tỷ lệ gạo/nước là 1/1,5 (theo khối lượng). Tiếp theo, từng loại gạo được nghiền ướt, ly tâm tách nước và phối trộn theo điều kiện khảo sát đã được trình bày trong bảng 1. Hòn hop bột được đưa vào thiết bị ép đùn với các thông số nhiệt độ ép đùn và thời gian lưu trong buồng ép thay đổi theo bảng 1.

Bảng 1. Các điều kiện khảo sát quá trình ép đùn có gia nhiệt để sản xuất bún tươi

| STT | Tên thí nghiệm | Thông số thay đổi | Thông số cố định | Các chỉ tiêu cần xác định |
|-----|---|--|---|--|
| 1 | Ảnh hưởng hàm lượng chất khô của huyền phù bột gạo đến khả năng tạo sợi bún | Hàm lượng chất khô của huyền phù bột gạo xát và huyền phù bột gạo lứt: 35 ± 1%, 45 ± 1%, 55 ± 1% | Nhiệt độ ép đùn 100°C Thời gian lưu của nguyên liệu trong buồng ép 60 giây | Độ nhớt huyền phù bột gạo trước khi ép đùn Độ ẩm của bún Độ chín của bún Khả năng tạo sợi bún cũa |

| | của thiết bị ép đùn | | | thiết bị ép đùn. |
|---|--|---|---|--|
| 2 | Ảnh hưởng tỉ lệ gạo xát/gạo lứt đến độ chín và tính chất cấu trúc của sợi bún | Tỉ lệ gạo xát/gạo lứt: 0%, 15%, 30%, 45%, 100% | Hàm lượng chất khô huyền phù bột gạo: sử dụng kết quả thí nghiệm 1 Nhiệt độ ép đùn 100°C Thời gian lưu của nguyên liệu trong buồng ép 60 giây | Độ nhớt huyền phù bột gạo trước khi ép đùn Độ ẩm của bún Độ chín của bún Tính chất cấu trúc của sợi bún |
| 3 | Ảnh hưởng nhiệt độ ép đùn đến độ chín và tính chất cấu trúc của sợi bún | Nhiệt độ ép đùn: 90°C, 95°C, 100°C | Hàm lượng chất khô huyền phù bột gạo: sử dụng kết quả thí nghiệm 1 Tỉ lệ gạo xát/gạo lứt: sử dụng kết quả thí nghiệm 2 Thời gian lưu của nguyên liệu trong buồng ép 60 giây | Độ ẩm của bún Độ chín của bún |
| 4 | Ảnh hưởng thời gian lưu của nguyên liệu trong buồng ép đến độ chín và tính chất cấu trúc của sợi bún | Thời gian lưu của nguyên liệu trong buồng ép: 30 giây, 45 giây, 60 giây | Hàm lượng chất khô huyền phù bột gạo: sử dụng kết quả thí nghiệm 1 Tỉ lệ gạo xát/gạo lứt: sử dụng kết quả thí nghiệm 2 Nhiệt độ ép đùn: sử dụng kết quả thí nghiệm 3 | Tính chất cấu trúc của sợi bún |

2.3.3. Đánh giá chất lượng dinh dưỡng của bún tươi từ gạo lứt và gạo xát

Trong thí nghiệm này, phương pháp ép đùn có gia nhiệt được sử dụng để tạo ra mẫu bún từ hỗn hợp gạo lứt và gạo xát và mẫu bún từ gạo xát. Các thông số công nghệ của quá trình ép đùn có gia nhiệt được chọn từ kết quả thí nghiệm 1, 2, 3, 4 của phần 2.3.2. Bún tươi thành phẩm được lấy mẫu để xác định độ ẩm, protein, lipid, xơ, tro, tinh bột, amylose, carbohydrate tổng, các hợp chất phenolic, flavonoid và hoạt tính kháng oxy hóa.

2.4. Phương pháp đo và phân tích

Phương pháp xác định và điều khiển các thông số của quá trình ép đùn: Nhiệt độ ép đùn là nhiệt độ của hơi nước bên ngoài buồng ép, được đo bằng nhiệt kế gắn trên thiết bị và điều chỉnh nhờ cảm biến nhiệt. Thời gian lưu của nguyên liệu trong buồng ép được điều chỉnh nhờ vào bien tần và được xác định bằng phương pháp đánh dấu màu. Khi các sợi bún đã thoát ra ổn định từ lỗ khuôn của máy ép đùn, màu đỏ Ponceau sẽ được bơm vào tại đáy của phễu nhập liệu. Thời gian lưu thực tế là thời gian kể từ khi huyền phù bột gạo có màu đỏ đi vào trục vít đến khi sợi bún có màu đỏ xuất hiện từ đầu ra của lỗ khuôn.

Phương pháp vật lý: Chiều dài hạt gạo, tỉ lệ chiều dài: chiều rộng của hạt gạo được xác định theo TCVN 11888:2017. Chiều dài gel (độ bền gel) được

xác định theo TCVN 8369:2010. Khoảng nhiệt độ hồ hoa tinh bột của gạo được xác định bằng phương pháp phân tích biến đổi do nhớt theo nhiệt độ bằng thiết bị đo nhớt nhanh (rapid visco analysis - RVA) của Công ty Perten (Hoa Kỳ), model StarchMaster 2 (Fitzgerald, Martin, Ward, Park và Shead, 2003).

Tính chất cấu trúc của các mẫu bún tươi được xác định bằng phương pháp phân tích cấu trúc Texture Profile Analysis - TPA (Bhattacharya, Zee và Corke, 1999) trên thiết bị của Công ty Brookfield (Hoa Kỳ), model CT3 - 10 với đầu đo TA 44. Phép đo nên hai chu kỳ được sử dụng. Các mẫu bún được xếp 3 lớp với kích thước mỗi mẫu là 30 mm x 20 mm x 10 mm. Các thông số đo bao gồm: độ cứng (hardness - N); độ đàn hồi (springiness mm); độ dính (adhesiveness - mJ) và độ dai (gumminess - N).

Phương pháp hóa học: Độ ẩm được xác định theo phương pháp sấy đến khối lượng không đổi. Protein được định lượng bằng phương pháp Kjeldahl - Nessler. Lipid tổng được xác định bằng phương pháp Soxhlet. Hàm lượng chất xơ tổng bằng phương pháp enzyme - trong lượng theo TCVN 9050:2012. Tinh bột được xác định theo AOAC 996.11 (AOAC, 2000). Tro được định lượng theo AOAC 930.30 (AOAC, 2000). Hàm lượng amylose được xác định theo TCVN 5716-2:2008. Độ chín của bún được đánh giá theo phương pháp của Zarzycki và cộng sự

(Zarzycki, Sobota, Kuzawińska, Wirkijowska và Sykut-Domanska, 2017); trong đó độ chín 0% là kết quả do mẫu bột nhào không được gia nhiệt và độ chín 100% là giá trị trung bình của 5 sản phẩm bún thương mại; mỗi sản phẩm bún thương mại được lấy mẫu 3 đợt và mỗi đợt 3 mẫu. Hàm lượng flavonoid tổng, phenolic tổng, hoạt tính chống oxy hóa theo DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), hoạt tính chống oxy hóa theo FRAP (ferric reducing antioxidant power) được xác định theo phương pháp quang phổ so màu (Bag, Devi và Bhaigyabati, 2015; Sulhanit và Sudarat, 2012).

Khả năng tạo sợi bún của thiết bị ép đùn sẽ được đánh giá bằng cách quan sát sợi bún thoát ra lỗ khuôn liên tục hay không liên tục, sợi bị đứt hay không bị đứt, thiết bị ép đùn có bị nghẹt hay không bị nghẹt trong quá trình vận hành.

Phương pháp cảm quan: Các chỉ tiêu cảm quan của bún (màu sắc, mùi, vị và cấu trúc) được xác định bằng phương pháp đánh giá thị hiếu cho điểm trên thang 9 điểm (tương ứng điểm 1 là cực kỳ không thích và điểm 9 là cực kỳ thích) (Udachan và Sahoo, 2017). Kết quả đánh giá cảm quan được tổng hợp từ 30 người tiêu dùng.

2.5. Phương pháp xử lý thống kê

Tất cả các thí nghiệm trong nghiên cứu này đều được lặp lại 3 lần. Kết quả trong bài báo là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Phương pháp phân tích phương sai một yếu tố (ANOVA) được thực hiện trên phần mềm Minitab 19 với ý nghĩa thống kê ở mức 5% ($p < 0,05$).

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Thành phần hóa học và tính chất của gạo xát và gạo lứt

Bảng 2 trình bày thành phần hóa học và các tính chất kỹ thuật của gạo xát và gạo lứt từ giống lúa OM 1352. Về thành phần hóa học, gạo lứt có hàm lượng protein, lipid, tro và xơ lẫn lộn cao hơn 1,13; 3,77; 2,05 và 1,90 lần so với gạo xát. Bên cạnh đó, hàm lượng phenolic tổng, flavonoid tổng, hoạt tính chống oxy hóa theo DPPH và FRAP của gạo lứt cũng lần lượt cao hơn 1,63; 1,68; 4,02 và 3,36 lần so với gạo xát. Tuy nhiên, gạo lứt có hàm lượng tinh bột và carbohydrate chỉ bằng 91% và 95% gạo xát. Nhìn chung, gạo lứt có nhiều chất dinh dưỡng và hoạt tính sinh học lớn hơn gạo xát.

Bảng 2. Thành phần hóa học và tính chất của gạo lứt và gạo xát giống OM1352

| STT | Thành phần | Gạo xát | Gạo lứt |
|-----|--|--|--|
| 1 | Độ ẩm (%) | 11,32 ± 0,35 ^a | 11,81 ± 0,27 ^a |
| 2 | Protein (% chất khô) | 8,76 ± 0,31 ^b | 9,93 ± 0,19 ^a |
| 3 | Lipid (% chất khô) | 0,63 ± 0,15 ^b | 2,38 ± 0,17 ^a |
| 4 | Xơ tổng (% chất khô) | 0,87 ± 0,18 ^b | 1,79 ± 0,14 ^a |
| 5 | Tro (% chất khô) | 0,54 ± 0,01 ^b | 1,03 ± 0,01 ^a |
| 6 | Tinh bột (% chất khô) | 80,35 ± 3,51 ^a | 73,11 ± 3,66 ^b |
| 7 | Anylose (% tinh bột) | 34,09 ± 0,81 ^a | 30,52 ± 1,50 ^b |
| 8 | Carbohydrate (% chất khô) | 89,21 ± 0,61 ^a | 84,45 ± 0,17 ^b |
| 9 | Phenolic (mg GAE /100 g chất khô) | 101,37 ± 1,49 ^b | 165,59 ± 6,13 ^a |
| 10 | Flavonoid (mg QE/100 g chất khô) | 218,80 ± 13,20 ^b | 369,04 ± 25,72 ^a |
| 11 | Khả năng chống oxy hóa tính theo DPPH (μmol TE/100 g chất khô) | 69,33 ± 6,91 ^b | 278,92 ± 10,66 ^a |
| 12 | Khả năng chống oxy hóa tính theo FRAP (μmol FeSO ₄ /100 g chất khô) | 267,26 ± 4,39 ^b | 899,10 ± 25,73 ^a |
| 13 | Chiều dài hạt (mm) | 6,38 ± 0,21 ^b | 6,47 ± 0,1 ^a |
| 14 | Tỷ lệ chiều dài : chiều rộng | 3,01 | 3,08 |
| 15 | Khoảng nhiệt độ hồ hóa | 79°C (T _{on}) - 94°C (T _{off}) | 80°C (T _{on}) - 95°C (T _{off}) |
| 16 | Chiều dài gel (mm) | 53,15 ± 4,02 ^a | 57,42 ± 2,12 ^a |

Ton: Nhiệt độ bắt đầu hồ hóa tinh bột; Tpeak: Nhiệt độ khối bột đạt độ nhớt cao nhất và cũng là nhiệt độ kết thúc quá trình hồ hóa. Các chữ cái khác nhau trên cùng 1 hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Dựa vào chiều dài và tỉ lệ chiều dài/chiều rộng của hạt gạo, giống gạo OM 1352 thuộc nhóm gạo hạt thon dài. Theo Hoàng Hải Hà và cộng sự (2006), các giống gạo để sản xuất bún ở Việt Nam có hàm lượng protein dao động từ 7,57% đến 10,84%, tỷ lệ amylose không thấp hơn 25% và chiều dài gel từ 46 đến 70 mm. Khi xem xét các tiêu chí này, cả gạo lứt và gạo xát từ giống lúa OM 1352 đều đạt yêu cầu kỹ thuật để sản xuất bún.

Gạo lứt có khoảng nhiệt độ hồ hóa tinh bột là 80-95°C và cao hơn 1°C so với gạo xát. Trong quy trình sản xuất bún, các hạt tinh bột gạo cần phải được hồ hóa. Khi đó, hạt tinh bột trương nở và độ nhớt khối bột tăng lên; một số phân tử amylose và amylopectin sẽ được giải phóng ra khỏi các hạt tinh bột và giữ vai trò như là "chất kết dính" để liên kết các thành phần trong bột gạo lại với nhau tạo nên hình dạng của sợi bún. Như vậy, nhiệt độ ép đùn trong quy trình sản xuất bún cần phải dao động trong khoảng nhiệt độ hồ hóa nói trên.

3.2. Ảnh hưởng các yếu tố công nghệ của quá trình ép đùn có gia nhiệt đến độ chín và tính chất cấu trúc của bún tươi

3.2.1. Ảnh hưởng hàm lượng chất khô của huyền phù bột gạo đến khả năng tạo sợi bún của thiết bị ép đùn và độ chín của bún

Hàm lượng chất khô của huyền phù bột gạo sẽ ảnh hưởng đến độ nhớt, khả năng truyền nhiệt,

truyền nhiệt và mức độ hồ hóa tinh bột trong buồng ép đùn. Bảng 3 cho thấy khi giảm hàm lượng chất khô của huyền phù bột gạo xát thì độ nhớt sẽ giảm, nguyên liệu dễ di chuyển trong buồng ép, thiết bị ép đùn ít bị nghẹt và độ chín của sợi bún tăng lên. Tuy nhiên, sự giảm hàm lượng chất khô của huyền phù bột gạo làm tăng độ ẩm của sợi bún; từ đó làm giảm khả năng liên kết giữa các thành phần trong bột gạo với nhau để tạo nên cấu trúc sợi bún, sợi bún dễ bị đứt hơn. Đối với bột gạo lứt, khi giảm hàm lượng chất khô của huyền phù bột gạo lứt thì cũng thu được các quy luật tương tự về độ chín và độ ẩm nhưng sợi bún từ bột gạo lứt rất dễ bị đứt khi thoát ra từ lỗ khuôn của thiết bị ép đùn trong tất cả các nghiệm thức khảo sát. Nguyên nhân của hiện tượng này là do lớp vỏ cám trong gạo lứt giàu chất béo và chất xơ, hàm lượng xơ và béo tăng cao khiến cho các phân tử amylose và amylopectin được giải phóng ra từ hạt tinh bột khó kết dính các thành phần của bột gạo lại với nhau để tạo hình sợi bún (Martu, Seetharaman và Pagam, 2010). Do đó, sợi bún từ bột gạo lứt dễ bị đứt đi trong quá trình tạo hình so với sợi bún từ bột gạo xát. Ngoài ra, gạo lứt cần nhiều năng lượng hơn để hồ hóa tinh bột so với gạo xát (Wu, Gunaratne, Gan, Bao, Corke và Jiang, 2018) do nhiệt độ hồ hóa của gạo lứt lớn hơn. Trong cùng một điều kiện ép đùn, bún từ gạo lứt luôn có độ chín thấp hơn bún từ gạo xát.

Bảng 3. Ảnh hưởng hàm lượng chất khô của huyền phù bột gạo đến khả năng tạo sợi bún của thiết bị ép đùn

| Hàm lượng chất khô của huyền phù bột gạo (%) | Gạo xát | | | Gạo lứt | | |
|--|---|--|---|--|---|---|
| | 55.1 ± 0.6 ^a | 44.9 ± 1.82 ^b | 34.4 ± 1.3 ^c | 54.3 ± 0.5 ^a | 45.0 ± 0.1 ^b | 35.7 ± 1.8 ^c |
| Độ nhớt hỗn hợp bột (cP) | 692 ± 38 ^a | 308 ± 15 ^c | 134 ± 31 ^d | 468 ± 30 ^b | 285 ± 28 ^c | 125 ± 25 ^d |
| Khả năng tạo sợi bún của thiết bị ép đùn | - Sợi bún liên tục thoát ra từ lỗ khuôn - Sợi bún không bị đứt - Thiết bị dễ bị nghẹt | - Sợi bún liên tục thoát ra từ lỗ khuôn - Sợi bún không bị đứt - Thiết bị không bị nghẹt | - Sợi bún không liên tục thoát ra từ lỗ khuôn - Sợi bún dễ bị đứt - Thiết bị không bị nghẹt | - Sợi bún không liên tục thoát ra từ lỗ khuôn - Sợi bún dễ bị đứt - Thiết bị dễ bị nghẹt | - Sợi bún liên tục thoát ra từ lỗ khuôn - Sợi bún dễ bị đứt - Thiết bị không bị nghẹt | - Sợi bún liên tục thoát ra từ lỗ khuôn - Sợi bún dễ bị đứt - Thiết bị không bị nghẹt |
| Độ chín của bún (%) | 68.6 ± 4.5 ^c | 107.1 ± 4.3 ^b | 114.8 ± 4.2 ^a | 56.2 ± 6.0 ^d | 74.2 ± 4.1 ^c | 80.6 ± 6.1 ^b |
| Độ ẩm của bún (%) | 43.2 ± 1.0 ^c | 56.2 ± 1.3 ^b | 63.5 ± 1.4 ^a | 52.3 ± 0.9 ^d | 54.2 ± 0.9 ^b | 65.1 ± 0.9 ^a |

Các chữ cái khác nhau trên cùng 1 hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Khi hàm lượng chất khô của huyền phù bột gạo xay và huyền phù bột gạo lứt là 45%, độ nhớt của huyền phù bột gạo thu được xấp xỉ là 300 ± 30 cP, thiết bị ép đùn không bị nghẹt và sợi bún được đùn ra liên tục từ lỗ khuôn của buồng ép. Để tránh hiện tượng sợi bún từ gạo lứt bị đứt đi khi ra khỏi buồng ép, một số nhà sản xuất đã sử dụng phụ gia tổng hợp để cải thiện cấu trúc của sản phẩm. Nghiên cứu này hướng đến công nghệ không sử dụng phụ gia tổng hợp trong quy trình chế biến thực phẩm. Do đó, bột gạo lứt sẽ được phối trộn với một phần bột gạo xay nhằm làm giảm bớt hàm lượng xơ và beo trong huyền phù bột gạo trước khi tiến hành ép đùn tạo ra sản phẩm bún.

3.2.2. Ảnh hưởng tỉ lệ gạo xay/gạo lứt đến độ chín và tính chất cấu trúc của sợi bún

Trong thí nghiệm này, bột gạo xay được phối trộn với bột gạo lứt theo các tỉ lệ khác nhau rồi bổ sung thêm nước để tạo huyền phù bột gạo có độ nhớt xấp xỉ 300 ± 30 cP. Kết quả thực nghiệm được trình bày trên bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của tỉ lệ bột gạo xay bổ sung đến độ chín và tính chất cấu trúc của sợi bún

| Tỉ lệ bột gạo xay bổ sung (% so với tổng khối lượng bột gạo lứt và gạo xay) | 0% | 15% | 30% | 45% | 100% | Khoảng giá trị của sản phẩm bún từ gạo xay trên thị trường |
|---|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| Độ nhớt hỗn hợp bột (cP) | 285 ± 28 ^a | 317 ± 12 ^b | 320 ± 14 ^a | 328 ± 9 ^a | 308 ± 15 ^a | |
| Độ ẩm của bún (%) | 54,2 ± 0,9 ^b | 56,3 ± 0,8 ^a | 57,0 ± 1,1 ^a | 56,7 ± 1,1 ^a | 56,1 ± 0,8 ^a | 69,3 ± 0,4 - 73,3 ± 0,8 |
| Độ chín của bún (%) | 74,2 ± 4,1 ^d | 78,9 ± 1,9 ^d | 85,4 ± 0,7 ^c | 104,5 ± 3,3 ^b | 107,1 ± 4,0 ^a | 98,2 ± 3,7 - 120,1 ± 2,6 |
| Độ cứng (N) | 3,1 ± 0,3 ^d | 3,6 ± 0,4 ^d | 4,6 ± 0,9 ^a | 6,9 ± 0,8 ^b | 11,9 ± 1,3 ^a | 7,6 ± 0,7 - 11,8 ± 0,6 |
| Độ dai (N) | 2,1 ± 0,3 ^c | 2,9 ± 0,3 ^d | 3,4 ± 0,2 ^c | 5,2 ± 0,4 ^b | 6,5 ± 0,2 ^a | 5,2 ± 0,5 - 25,3 ± 0,4 |
| Độ đàn hồi (mm) | 2,6 ± 0,1 ^c | 3,7 ± 0,7 ^b | 4,0 ± 0,5 ^b | 3,9 ± 0,6 ^b | 5,2 ± 0,3 ^a | 2,7 ± 0,2 - 3,5 ± 0,2 |
| Độ dính (mJ) | -0,6 ± 0,2 ^b | -0,4 ± 0,2 ^{ab} | -0,3 ± 0,0 ^a | -0,5 ± 0,1 ^{ab} | -0,6 ± 0,0 ^b | -1,0 ± 0,0 - 0,5 ± 0,1 |

Các chữ cái khác nhau trên cùng 1 hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Hien nay chưa có tiêu chuẩn cho các chỉ tiêu về cấu trúc của bún. Để có thể đánh giá tính chất cấu trúc của bún và lựa chọn các thông số công nghệ phù hợp của quá trình ép đùn có gia nhiệt, chúng tôi tiến hành thu thập các mẫu bún tươi từ gạo xay và đang được bán tại chợ và siêu thị lớn trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh để làm nhóm mẫu đối chứng. Những mẫu bún được làm từ hỗn hợp gạo lứt và gạo xay trong nghiên cứu này sẽ được chọn khi chúng có các số đo cấu trúc nằm trong khoảng biến thiên của các mẫu bún thương mại. Kết quả trong bảng 4 cho thấy so với các mẫu bún thương mại, mẫu bún làm từ

Các mẫu bún có bổ sung gạo xay đều có độ ẩm cao hơn so với mẫu bún chỉ được làm từ gạo lứt. Nguyên nhân là do bún từ gạo lứt nhiều chất xơ hơn và chất xơ có khả năng liên kết tốt với nước. Những phân tử nước liên kết không thể bay hơi và không định lượng được trong phương pháp xác định độ ẩm của bún. Khi tăng tỉ lệ gạo xay bổ sung, độ chín cũng như tất cả các thông số về cấu trúc bún như độ cứng, độ dai, độ đàn hồi và độ dính của bún đều tăng. Chất xơ trong gạo lứt gây khó khăn cho quá trình hồ hóa tinh bột (Wu, Gunaratne, Gan, Bao, Corke và Jiang, 2018) nên khi tỉ lệ gạo lứt càng cao thì mức độ chín của bún càng thấp. Như đã trình bày trong phần 3.2.1, hàm lượng xơ và beo trong khối bột gạo tăng cao khiến cho các phân tử amylose và amylopectin được giải phóng ra từ hạt tinh bột khó kết dính các thành phần của bột gạo lại với nhau để tạo nên cấu trúc sợi bún. Kết quả là sợi bún từ gạo lứt có độ cứng và độ dai đều thấp hơn trường hợp bún được làm từ hỗn hợp gạo lứt và gạo xay.

100% gạo xay có độ chín, độ cứng và độ dai là tương đương, tuy nhiên độ đàn hồi cao hơn và độ ẩm cũng như độ dính kém hơn. Các mẫu bún thương mại nay được sản xuất bằng phương pháp truyền thống (hồ hóa huyền phù bột gạo trước khi ép tạo hình và luộc bún). Trong quá trình luộc, nước khuếch tán vào bên trong sợi bún nên làm tăng độ ẩm và độ dính nhưng làm giảm đi liên kết giữa các phân tử tinh bột khiến cho độ đàn hồi giảm so với bún được làm chín trực tiếp trong thiết bị ép đùn. Mẫu bún từ 55% gạo lứt và 45% gạo xay có độ chín đạt 105% và có nhiều tính chất cấu trúc nằm trong khoảng giá trị của nhóm bún

thương mại nên được chọn cho thí nghiệm tiếp theo. Để tạo ra mẫu bún chứa nhiều nhất các chất có hoạt tính sinh học thì chúng tôi sẽ không tăng tỉ lệ gạo xát cao hơn 45% mà sẽ thay đổi các thông số công nghệ khác như nhiệt độ và thời gian lưu của bột trong thiết bị ép đùn để tiếp tục cải thiện tính chất cấu trúc của bún.

3.2.3. Ảnh hưởng nhiệt độ ép đùn đến độ chín và tính chất cấu trúc của sợi bún

Như đã đề cập đến ở phần trên, sự gia nhiệt là cần thiết để làm trương nở hạt tinh bột gạo và giải phóng ra một số phân tử amylose và amylopectin để kết dính các thành phần nguyên liệu tạo hình sợi bún. Kết quả thực nghiệm trên bảng 5 cho thấy khi tăng nhiệt độ ép đùn từ 90 lên đến nhiệt độ T_{peak} 95°C thì các tính chất về cấu trúc như độ cứng, độ dai, độ đàn hồi và độ dính đều tăng lên. Đó là do sự gia tăng nhiệt độ ép đùn sẽ thúc đẩy quá trình hồ hóa tinh bột, khối bột trở nên đặc quánh hơn, áp lực trong

buồng ép tăng cao hơn khiến cho các phân tử tinh bột được giải phóng kết dính tốt các thành phần của bột gạo để tạo hình cho sợi bún; từ đó độ cứng, độ dai, độ đàn hồi của bún sẽ tăng theo (L. Wang, Duan, Zhou, Qian, Zhang và Qi, 2016). Tuy nhiên, khi tăng nhiệt độ ép đùn từ 95 lên 100°C thì các tính chất cấu trúc của bún bị giảm đi. Khi nhiệt độ ép đùn cao quá nhiệt độ T_{peak} , một số phân tử tinh bột được giải phóng sẽ bị thủy phân làm giảm độ nhớt; độ đặc của khối bột giảm nên các tính chất như độ cứng, độ dai, độ đàn hồi của bún cũng giảm theo (Wu, Gunaratne, Gan, Bao, Corke và Jiang, 2018).

Xét về độ chín, giá trị này tăng dần theo nhiệt độ ép đùn. Khi so sánh với các mẫu bún thương mại, nhiệt độ ép đùn 100°C sẽ cho sản phẩm có các tính chất cấu trúc và độ chín tương đương. Do đó, giá trị nhiệt độ này được chọn để thực hiện thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ ép đùn đến độ chín và tính chất cấu trúc của sợi bún

| Nhiệt độ hơi nước | 90°C | 95°C | 100°C | Khoảng thay đổi của bún thị trường |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Độ ẩm của bún (%) | 46,4 ± 0,8 ^b | 57,4 ± 0,6 ^d | 56,7 ± 1,1 ^a | 69,3 ± 0,4 - 73,3 ± 0,8 |
| Độ chín của bún (%) | 71,5 ± 3,7 ^c | 88,1 ± 2,1 ^b | 104,5 ± 3,3 ^a | 98,2 ± 3,7 - 120,1 ± 2,6 |
| Độ cứng (N) | 28,3 ± 4,0 ^d | 30,1 ± 5,6 ^c | 6,9 ± 0,8 ^b | 7,6 ± 0,7 - 11,8 ± 0,6 |
| Độ dai (N) | 9,4 ± 1,9 ^b | 15,7 ± 1,5 ^a | 5,2 ± 0,4 ^c | 5,2 ± 0,5 - 25,3 ± 0,4 |
| Độ đàn hồi (mm) | 2,5 ± 0,5 ^b | 4,7 ± 0,4 ^a | 3,9 ± 0,6 ^a | 2,7 ± 0,2 - 3,5 ± 0,2 |
| Độ dính (mJ) | -0,8 ± 0,0 ^b | -0,4 ± 0,1 ^a | -0,5 ± 0,1 ^a | -1,0 ± 0,0 - 0,5 ± 0,1 |

Các chữ cái khác nhau trên cùng 1 hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

3.2.4. Ảnh hưởng thời gian lưu trong buồng ép đến độ chín và tính chất cấu trúc của sợi bún

Kết quả trên bảng 6 cho thấy độ chín của bún tăng dần trong khoảng thời gian ép đùn đã khảo sát. Khi thời gian ép đùn là 45 hoặc 60 giây thì mẫu bún

sẽ có độ chín tương tự như các mẫu bún thương mại. Đối với các tính chất cấu trúc, khi tăng thời gian ép đùn từ 30 lên 45 giây thì độ cứng, độ dai và độ đàn hồi đều tăng theo. Nếu tiếp tục tăng thời gian ép đùn từ 45 lên 60 giây thì các tính chất cấu trúc của bún bị giảm đi.

Bảng 6. Ảnh hưởng thời gian lưu trong buồng ép đùn đến độ chín và tính chất cấu trúc của sợi bún

| Thời gian ép đùn | 30 giây | 45 giây | 60 giây | Khoảng thay đổi của bún thị trường |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Độ ẩm bún (%) | 50,4 ± 1,0 ^c | 53,4 ± 1,3 ^b | 56,7 ± 1,1 ^a | 69,3 ± 0,4 - 73,3 ± 0,8 |
| Độ chín của bún (%) | 89,2 ± 3,8 ^c | 99,4 ± 2,3 ^b | 104,5 ± 3,3 ^a | 98,2 ± 3,7 - 120,1 ± 2,6 |
| Độ cứng (N) | 6,4 ± 0,6 ^b | 12,8 ± 2,1 ^a | 6,9 ± 0,8 ^b | 7,6 ± 0,7 - 11,8 ± 0,6 |
| Độ dai (N) | 3,1 ± 0,7 ^c | 7,4 ± 1,0 ^a | 5,2 ± 0,4 ^b | 5,2 ± 0,5 - 25,3 ± 0,4 |
| Độ đàn hồi (mm) | 2,6 ± 0,0 ^c | 4,4 ± 0,1 ^a | 3,9 ± 0,6 ^b | 2,7 ± 0,2 - 3,5 ± 0,2 |
| Độ dính (mJ) | -0,3 ± 0,1 ^c | -0,4 ± 0,0 ^b | -0,5 ± 0,1 ^b | -1,0 ± 0,0 - 0,5 ± 0,1 |

Các chữ cái khác nhau trên cùng 1 hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Thời gian ép đùn càng lâu thì năng lượng sử dụng trong quá trình sẽ càng lớn. Năng lượng ép đùn

chủ yếu gồm có nhiệt năng do hơi bão hòa cấp vào buồng ép và cơ năng do ma sát và lực đẩy của trục vít

rao ra. Mức năng lượng sử dụng càng nhiều thì quá trình hóa và giải phóng các phân tử tinh bột sẽ càng cao khiến cho độ chín và các tính chất cấu trúc tăng theo (N. Wang, Maximuk và Toews, 2012). Tuy nhiên, nếu thời gian lưu trong buồng ép kéo dài, các phân tử amylose và amylopectin được giải phóng khỏi hạt tinh bột bị thủy phân; từ đó làm giảm đi khả năng kết dính của chúng và khiến cho các tính chất cấu trúc của bún bị giảm đi (Wu, Gunaratne, Gan, Bao, Corke và Jiang, 2018). Khi thời gian ép đùn là 45 giây, mẫu bún thu được có độ chín và nhiều tính chất cấu trúc gần với các mẫu bún thương mại nhất. Thời gian này được chọn cho thí nghiệm tiếp theo.

3.3. Thành phần dinh dưỡng và chất lượng cảm quan của sản phẩm bún gạo lứt

Bảng 7 trình bày thành phần hóa học của mẫu bún từ 100% gạo xát và mẫu bún từ hỗn hợp 55% gạo lứt và 45% gạo xát; nhiệt độ và thời gian ép đùn lần lượt là 100°C và 45 giây. So với mẫu bún từ gạo xát,

mẫu bún từ hỗn hợp gạo lứt và gạo xát có hàm lượng chất xơ, tro và lipid cao hơn trong khi hàm lượng tinh bột và carbohydrate thấp hơn. Đặc biệt, hàm lượng phenolic tổng, flavonoid tổng của mẫu bún có sử dụng gạo lứt lần lượt cao hơn 1.4 và 2.3 lần so với mẫu bún từ gạo xát. Bên cạnh đó, hoạt tính kháng oxy hóa của mẫu bún có sử dụng gạo lứt theo phương pháp DPPH và FRAP lần lượt cao hơn 1,7 và 5,2 lần khi so sánh với mẫu bún từ gạo xát. Khi so sánh các số liệu của bảng 1 và 7 ta thấy hàm lượng các chất dinh dưỡng và kháng oxy hóa trong bún thấp hơn so với trong gạo. Quy trình chế biến đã làm tổn thất đi một phần các hợp chất này. Hiện tượng này cũng được ghi nhận trong nghiên cứu trước đây; đặc biệt là qua trình ép đùn ở nhiệt độ cao làm tổn thất các chất phenolic và flavonoid (Walter, Marchesan, Massoni, da Silva, Sartori và Ferreira, 2013).

Bảng 7. Thành phần dinh dưỡng của bún

| STT | Thành phần | Bún từ 100% gạo xát | Bún từ 55% gạo lứt và 45% gạo xát |
|-----|--|----------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Độ ẩm (%) | 57,00 ± 1,23 ^a | 53,36 ± 1,27 ^b |
| 2 | Protein (% chất khô) | 5,18 ± 0,17 ^a | 5,23 ± 0,18 ^a |
| 3 | Lipid (% chất khô) | 0,13 ± 0,02 ^b | 0,95 ± 0,09 ^a |
| 4 | Xơ tổng (% chất khô) | 0,31 ± 0,01 ^b | 0,88 ± 0,02 ^a |
| 5 | Tro (% chất khô) | 0,29 ± 0,02 ^b | 1,38 ± 0,09 ^a |
| 6 | Tinh bột (% chất khô) | 62,38 ± 1,90 ^a | 61,89 ± 1,55 ^a |
| 8 | Carbohydrate (% chất khô) | 94,30 ± 0,17 ^a | 92,45 ± 0,13 ^a |
| 9 | Phenolic (mg GAE /100 g chất khô) | 76,44 ± 4,75 ^b | 106,73 ± 4,71 ^a |
| 10 | Flavonoid (mg QE/100 g chất khô) | 72,4 ± 4,3 ^b | 166,44 ± 7,43 ^a |
| 11 | Khả năng chống oxy hóa tính theo DPPH (µmol TE/100 g chất khô) | 99,33 ± 21,10 ^b | 168,35 ± 21,09 ^a |
| 12 | Khả năng chống oxy hóa tính theo FRAP (µmol FeSO ₄ /100 g chất khô) | 55,67 ± 6,22 ^b | 292,00 ± 81,74 ^a |

Các chữ cái khác nhau trên cùng 1 hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Bảng 8. Điểm cảm quan của các mẫu bún

| STT | Tính chất cảm quan | Mẫu bún từ 100% gạo xát | Mẫu bún từ 55% gạo lứt và 45% gạo xát | Năm mẫu bún thương mại |
|-----|-----------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 1 | Cấu trúc | 7,3 ± 1 ^a | 7,1 ± 0,7 ^a | 6,5 ± 1,3 - 8,1 ± 0,8 |
| 2 | Mùi | 7,6 ± 0,9 ^a | 6,6 ± 0,8 ^b | 6,1 ± 0,7 - 8,5 ± 0,6 |
| 3 | Vị | 7,4 ± 0,5 ^a | 7,2 ± 0,7 ^a | 7,2 ± 0,5 - 7,6 ± 0,9 |
| 4 | Màu | 7,8 ± 0,7 ^a | 5,0 ± 1,1 ^b | 6,9 ± 0,5 - 8,2 ± 0,4 |
| 5 | Mức độ ưa thích chung | 7,5 ± 0,6 ^a | 6,5 ± 0,6 ^b | 6,5 ± 0,7 - 8,1 ± 0,6 |

Các chữ cái khác nhau trên cùng 1 hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Bảng 8 trình bày điểm danh giá cảm quan của hai mẫu bún được sản xuất theo phương pháp ép đùn có gia nhiệt và các mẫu bún thương mại. Mẫu bún từ

100% gạo xát có điểm cảm quan về cấu trúc, màu sắc, mùi và vị nằm trong khoảng giá trị điểm số của các mẫu bún thương mại. Mẫu bún từ 55% gạo lứt và 45%

thương mại nên được chọn cho thí nghiệm tiếp theo. Để tạo ra mẫu bún chứa nhiều nhất các chất có hoạt tính sinh học thì chúng tôi sẽ không tăng tỉ lệ gạo xát cao hơn 45% mà sẽ thay đổi các thông số công nghệ khác như nhiệt độ và thời gian lưu của bột trong thiết bị ép đùn để tiếp tục cải thiện tính chất cấu trúc của bún.

3.2.3. Ảnh hưởng nhiệt độ ép đùn đến độ chín và tính chất cấu trúc của sợi bún

Như đã đề cập đến ở phần trên, sự gia nhiệt là cần thiết để làm trương nở hạt tinh bột gạo và giải phóng ra một số phân tử amylose và amylopectin để kết dính các thành phần nguyên liệu tạo hình sợi bún. Kết quả thực nghiệm trên bảng 5 cho thấy khi tăng nhiệt độ ép đùn từ 90 lên đến nhiệt độ T_{peak} , 95°C thì các tính chất về cấu trúc như độ cứng, độ dai, độ đàn hồi và độ dính đều tăng lên. Đó là do sự gia tăng nhiệt độ ép đùn sẽ thúc đẩy quá trình hồ hóa tinh bột, khối bột trở nên đặc quánh hơn, áp lực trong

buồng ép tăng cao hơn khiến cho các phân tử tinh bột được giải phóng kết dính tốt các thành phần của bột gạo để tạo hình cho sợi bún; từ đó độ cứng, độ dai, độ đàn hồi của bún sẽ tăng theo (L. Wang, Duan, Zhou, Qian, Zhang và Qi, 2016). Tuy nhiên, khi tăng nhiệt độ ép đùn từ 95 lên 100°C thì các tính chất cấu trúc của bún bị giảm đi. Khi nhiệt độ ép đùn cao qua nhiệt độ T_{peak} , một số phân tử tinh bột được giải phóng sẽ bị thủy phân làm giảm độ nhớt: độ đặc của khối bột giảm nên các tính chất như độ cứng, độ dai, độ đàn hồi của bún cũng giảm theo (Wu, Gunaratne, Gan, Bao, Corke và Jiang, 2018).

Xét về độ chín, giá trị này tăng dần theo nhiệt độ ép đùn. Khi so sánh với các mẫu bún thương mại, nhiệt độ ép đùn 100°C sẽ cho sản phẩm có các tính chất cấu trúc và độ chín tương đương. Do đó, giá trị nhiệt độ này được chọn để thực hiện thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ ép đùn đến độ chín và tính chất cấu trúc của sợi bún

| Nhiệt độ hơi nước | 90°C | 95°C | 100°C | Khoảng thay đổi của bún thương mại |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Độ ẩm của bún (%) | 46.4 ± 0.8 ^a | 57.4 ± 0.6 ^a | 56.7 ± 1.1 ^a | 69.3 ± 0.4 - 73.3 ± 0.8 |
| Độ chín của bún (%) | 71.5 ± 3.7 ^a | 88.1 ± 2.1 ^b | 104.5 ± 3.3 ^a | 98.2 ± 3.7 - 120.1 ± 2.6 |
| Độ cứng (N) | 28.3 ± 4.0 ^a | 30.1 ± 5.6 ^a | 6.9 ± 0.8 ^b | 7.6 ± 0.7 - 11.8 ± 0.6 |
| Độ dai (N) | 9.4 ± 1.9 ^b | 15.7 ± 1.5 ^a | 5.2 ± 0.4 ^a | 5.2 ± 0.5 - 25.3 ± 0.4 |
| Độ đàn hồi (mm) | 2.5 ± 0.5 ^b | 4.7 ± 0.4 ^a | 3.9 ± 0.6 ^a | 2.7 ± 0.2 - 3.5 ± 0.2 |
| Độ dính (mJ) | -0.8 ± 0.0 ^b | -0.4 ± 0.1 ^a | -0.5 ± 0.1 ^a | -1.0 ± 0.0 - -0.5 ± 0.1 |

Các chữ cái khác nhau trên cùng 1 hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%

3.2.4. Ảnh hưởng thời gian lưu trong buồng ép đến độ chín và tính chất cấu trúc của sợi bún

Kết quả trên bảng 6 cho thấy độ chín của bún tăng dần trong khoảng thời gian ép đùn đã khảo sát. Khi thời gian ép đùn là 45 hoặc 60 giây thì mẫu bún

sẽ có độ chín tương tự như các mẫu bún thương mại. Đối với các tính chất cấu trúc, khi tăng thời gian ép đùn từ 30 lên 45 giây thì độ cứng, độ dai và độ đàn hồi đều tăng theo. Nếu tiếp tục tăng thời gian ép đùn từ 45 lên 60 giây thì các tính chất cấu trúc bị giảm đi.

Bảng 6. Ảnh hưởng thời gian lưu trong buồng ép đùn đến độ chín và tính chất cấu trúc của sợi bún

| Thời gian ép đùn | 30 giây | 45 giây | 60 giây | Khoảng thay đổi của bún thương mại |
|---------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Độ ẩm bún (%) | 50.4 ± 1.0 ^c | 53.4 ± 1.3 ^b | 56.7 ± 1.1 ^a | 69.3 ± 0.4 - 73.3 ± 0.8 |
| Độ chín của bún (%) | 89.2 ± 3.8 ^c | 99.4 ± 2.3 ^b | 104.5 ± 3.3 ^a | 98.2 ± 3.7 - 120.1 ± 2.6 |
| Độ cứng (N) | 6.4 ± 0.6 ^b | 12.8 ± 2.1 ^a | 6.9 ± 0.8 ^b | 7.6 ± 0.7 - 11.8 ± 0.6 |
| Độ dai (N) | 3.1 ± 0.7 ^c | 7.4 ± 1.0 ^a | 5.2 ± 0.4 ^b | 5.2 ± 0.5 - 25.3 ± 0.4 |
| Độ đàn hồi (mm) | 2.6 ± 0.0 ^c | 4.4 ± 0.1 ^a | 3.9 ± 0.6 ^b | 2.7 ± 0.2 - 3.5 ± 0.2 |
| Độ dính (mJ) | -0.3 ± 0.1 ^a | -0.4 ± 0.0 ^{ab} | -0.5 ± 0.1 ^b | -1.0 ± 0.0 - -0.5 ± 0.1 |

Các chữ cái khác nhau trên cùng 1 hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Thời gian ép đùn càng lâu thì năng lượng sử dụng trong quá trình sẽ càng lớn. Năng lượng ép đùn chủ yếu gồm có nhiệt năng do hơi bão hòa cấp vào buồng ép và cơ năng do ma sát và lực đẩy của trục vít

tao ra. Mức năng lượng sử dụng càng nhiều thì quá trình hồ hóa và giải phóng các phân tử tinh bột sẽ càng cao khiến cho độ chín và các tính chất cấu trúc tăng theo (N. Wang, Maximuk và Toews, 2012). Tuy nhiên, nếu thời gian lưu trong buồng ép kéo dài, các phân tử amylose và amylopectin được giải phóng khỏi hạt tinh bột bị thủy phân; từ đó làm giảm đi khả năng kết dính của chúng và khiến cho các tính chất cấu trúc của bún bị giảm đi (Wu, Gunaratne, Gan, Bao, Corke và Jiang, 2018). Khi thời gian ép đùn là 45 giây, mẫu bún thu được có độ chín và nhiều tính chất cấu trúc gắn với các mẫu bún thương mại nhất. Thời gian này được chọn cho thí nghiệm tiếp theo.

3.3. Thành phần dinh dưỡng và chất lượng cảm quan của sản phẩm bún gạo lứt

Bảng 7 trình bày thành phần hóa học của mẫu bún từ 100% gạo xát và mẫu bún từ hỗn hợp 55% gạo lứt và 45% gạo xát; nhiệt độ và thời gian ép đùn lần lượt là 100°C và 45 giây. So với mẫu bún từ gạo xát,

mẫu bún từ hỗn hợp gạo lứt và gạo xát có hàm lượng chất xơ, tro và lipid cao hơn trong khi hàm lượng tinh bột và carbohydrate thấp hơn. Đặc biệt, hàm lượng phenolic tổng, flavonoid tổng của mẫu bún cơ sử dụng gạo lứt lần lượt cao hơn 1,4 và 2,3 lần so với mẫu bún từ gạo xát. Bên cạnh đó, hoạt tính kháng oxy hóa của mẫu bún cơ sử dụng gạo lứt theo phương pháp DPPH và FRAP lần lượt cao hơn 1,7 và 5,2 lần khi so sánh với mẫu bún từ gạo xát. Khi so sánh các số liệu của bảng 1 và 7 ta thấy hàm lượng các chất dinh dưỡng và kháng oxy hóa trong bún thấp hơn so với trong gạo. Quy trình chế biến đã làm tổn thất đi một phần các hợp chất này. Hiện tượng này cũng được ghi nhận trong nghiên cứu trước đây; đặc biệt là quá trình ép đùn ở nhiệt độ cao làm tổn thất các chất phenolic và flavonoid (Walter, Marchesan, Massoni, da Silva, Sartori và Ferreira, 2013).

Bảng 7. Thành phần dinh dưỡng của bún

| STT | Thành phần | Bún từ 100% gạo xát | Bún từ 55% gạo lứt và 45% gạo xát |
|-----|--|----------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Độ ẩm (%) | 57,00 ± 1,23 ^a | 53,36 ± 1,27 ^b |
| 2 | Protein (% chất khô) | 5,18 ± 0,17 ^a | 5,23 ± 0,18 ^a |
| 3 | Lipid (% chất khô) | 0,13 ± 0,02 ^b | 0,95 ± 0,09 ^a |
| 4 | Xơ tổng (% chất khô) | 0,31 ± 0,01 ^b | 0,88 ± 0,02 ^a |
| 5 | Tro (% chất khô) | 0,29 ± 0,02 ^b | 1,38 ± 0,09 ^a |
| 6 | Tinh bột (% chất khô) | 62,38 ± 1,90 ^a | 61,89 ± 1,55 ^a |
| 8 | Carbohydrate (% chất khô) | 94,30 ± 0,17 ^a | 92,45 ± 0,13 ^a |
| 9 | Phenolic (mg GAE /100 g chất khô) | 76,44 ± 4,75 ^b | 106,73 ± 4,71 ^a |
| 10 | Flavonoid (mg QE/100 g chất khô) | 72,4 ± 4,5 ^b | 166,44 ± 7,43 ^a |
| 11 | Khả năng chống oxy hóa tinh theo DPPH (μmol TE/100 g chất khô) | 99,33 ± 21,10 ^b | 168,35 ± 21,09 ^a |
| 12 | Khả năng chống oxy hóa tinh theo FRAP (μmol FeSO ₄ /100 g chất khô) | 55,67 ± 6,22 ^b | 292,00 ± 81,74 ^a |

Các chữ cái khác nhau trên cùng 1 hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Bảng 8. Điểm cảm quan của các mẫu bún

| STT | Tính chất cảm quan | Mẫu bún từ 100% gạo xát | Mẫu bún từ 55% gạo lứt và 45% gạo xát | Năm mẫu bún thương mại |
|-----|-----------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 1 | Cấu trúc | 7,3 ± 1 ^a | 7,1 ± 0,7 ^a | 6,5 ± 1,3 - 8,1 ± 0,8 |
| 2 | Mùi | 7,6 ± 0,9 ^a | 6,6 ± 0,8 ^b | 6,1 ± 0,7 - 8,5 ± 0,6 |
| 3 | Vị | 7,4 ± 0,5 ^a | 7,2 ± 0,7 ^a | 7,2 ± 0,5 - 7,6 ± 0,9 |
| 4 | Màu | 7,8 ± 0,7 ^a | 5,0 ± 1,1 ^b | 6,9 ± 0,5 - 8,2 ± 0,4 |
| 5 | Mức độ ưa thích chung | 7,5 ± 0,6 ^a | 6,5 ± 0,6 ^b | 6,5 ± 0,7 - 8,1 ± 0,6 |

Các chữ cái khác nhau trên cùng 1 hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Bảng 8 trình bày điểm đánh giá cảm quan của hai mẫu bún được sản xuất theo phương pháp ép đùn có gia nhiệt và các mẫu bún thương mại. Mẫu bún từ

100% gạo xát có điểm cảm quan về cấu trúc, màu sắc, mùi và vị nằm trong khoảng giá trị điểm số của các mẫu bún thương mại. Mẫu bún từ 55% gạo lứt và 45%

gạo xát có điểm cảm quan về cấu trúc và vị không khác biệt có ý nghĩa so với mẫu bún từ 100% gạo xát. Tuy nhiên, điểm cảm quan về mùi của mẫu bún từ hỗn hợp gạo lứt và gạo xát thì thấp hơn so với mẫu bún từ 100% gạo xát nhưng vẫn nằm trong khoảng giá trị điểm số của các mẫu bún thương mại. Nguyên nhân của hiện tượng này là do mẫu bún từ gạo lứt và gạo xát thoảng nhẹ mùi béo vì gạo lứt chưa hàm lượng chất béo cao vượt trội so với gạo xát: các sản phẩm bún truyền thống được làm từ gạo xát thường không có mùi béo. Về màu sắc, mẫu bún từ 55% gạo lứt và 45% gạo xát có điểm cảm quan thấp hơn hẳn mẫu bún từ 100% gạo xát và nằm ngoài khoảng giá trị điểm số của các mẫu bún thương mại. Đó là do gạo lứt làm cho mẫu bún có màu vàng sẫm trong khi các mẫu bún thương mại đều có màu trắng. Nhược điểm này có thể được người tiêu dùng chấp nhận khi nhà sản xuất ghi rõ trên bao bì sản phẩm là bún từ gạo lứt chứa các hợp chất flavonoid có hoạt tính kháng oxy hóa và tốt cho sức khỏe. Gần đây, khi nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ gạo lứt đó này thêm vào gạo xát để sản xuất bún, Nguyen và Chutamat (2018) cũng nhận thấy nếu tăng tỷ lệ gạo lứt đó này thêm so với gạo xát thì điểm cảm quan về màu sắc, mùi, vị và cấu trúc sẽ giảm đi; điểm cảm quan của mẫu bún từ 40% gạo lứt đó này thêm và 60% gạo xát vẫn được người tiêu dùng chấp nhận.

4. KẾT LUẬN

Khi sử dụng thiết bị ép đùn có gia nhiệt để sản xuất bún, sợi bún từ gạo lứt dễ bị đứt và thiết bị ép đùn dễ bị nghẹt hơn so với việc sử dụng gạo xát. Nếu tăng tỷ lệ gạo xát trong hỗn hợp gạo lứt và gạo xát để làm bún, tăng nhiệt độ ép đùn từ 90 lên 95°C ($T_{p,30}$) và tăng thời gian ép đùn từ 30 lên 45 giây, độ chun và các tính chất cấu trúc của bún tươi sẽ tăng theo. Khi tiếp tục tăng nhiệt độ từ 95 lên 100°C và tăng thời gian ép đùn từ 45 lên 60 giây thì độ chun và độ dính của bún sẽ tăng tiếp nhưng độ cứng, độ dai và độ đàn hồi sẽ bị giảm đi. Với tỷ lệ gạo xát bổ sung là 45%, nhiệt độ ép đùn 100°C và thời gian ép đùn 45 giây thì sản phẩm bún tạo thành có độ chun và tính chất cấu trúc tương tự như những mẫu bún thương mại nhưng lại có hàm lượng các chất dinh dưỡng và hoạt tính sinh học cao vượt trội. Phương pháp ép đùn có gia nhiệt được xem là giải pháp nâng để ứng dụng vào thực tiễn vì mức độ cơ giới hóa cao và thời gian sản xuất rút ngắn so với phương pháp làm bún truyền thống.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (Nafosted), mã số đề tài: 09/2018/TN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bag, G., Devi, P. G., & Bhaigvabatu, T. (2015). Assessment of total flavonoid content and antioxidant activity of methanolic rhizome extract of three *Hedychium* species of Manipur valley. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review Research*, 30(1), 154-159.
2. Bhattacharya, M., Zee, S., & Corke, H. (1999). Physicochemical properties related to quality of rice noodles. *Cereal Chemistry*, 76(6), 861-867.
3. Charutugon, C., Jitpapakdee, J., Namsree, P., & Rungsardthong, V. (2008). Effects of processing conditions and the use of modified starch and monoglyceride on some properties of extruded rice vermicelli. *LWT-Food Science and Technology*, 41(4), 642-651.
4. Fitzgerald, M., Martin, M., Ward, R., Park, W., & Shead, H. (2003). Viscosity of rice flour: A rheological and biological study. *Journal of agricultural food chemistry*, 51(8), 2295-2299.
5. Hoàng, H. H., & Ngô, X. M. (2006). Kết quả điều tra một số loại gạo được sử dụng trong chế biến bún, bánh phở tại miền Bắc Việt Nam và đặc tính chất lượng của chúng. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp 4 - 5*, 183 - 191.
6. Marti, A., Seetharaman, K., & Pagani, M. A. (2010). Rice-based pasta: A comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking. *Journal of Cereal Science*, 52(3), 404-409.
7. Nguyen, T. T. T., & Chutamat, N. (2018). Effect of Germinated Colored Rice on Bioactive Compounds and Quality of Fresh Germinated Colored Rice Noodle. *Applied Science Engineering Progress*, 11(1), 27-37.
8. Sutharat, J., & Sudarat, J. J. I. F. R. J. (2012). Total anthocyanin content and antioxidant activity of germinated colored rice. *IJCI*.
9. Udachan, I. S., & Sahoo, A. (2017). Effect of hydrocolloids in the development of gluten free brown rice pasta. *International Journal of ChemTech Research*, 10, 407-415.

10. Walter, M., Marchesan, E., Massoni, P. F. S., da Silva, L. P., Sartori, G. M. S., & Ferreira, R. B. (2013). Antioxidant properties of rice grains with light brown, red and black pericarp colors and the effect of processing. *Food research international*, 50(2), 698-703.
11. Wang, L., Duan, W., Zhou, S., Qian, H., Zhang, H., & Qi, X. (2016). Effects of extrusion conditions on the extrusion responses and the quality of brown rice pasta. *Food Chemistry*, 204, 320-325.
12. Wang, N., Maximiuk, L., & Toews, R. J. F. C. (2012). Pea starch noodles: Effect of processing variables on characteristics and optimisation of twin-screw extrusion process. *133(3)*, 742-753.
13. Wu, K., Gunaratne, A., Gan, R., Bao, J., Corke, H., & Jiang, F. (2018). Relationships Between Cooking Properties and Physicochemical Properties in Brown and White Rice. *Starch Stärke*, 70(5-6), 1700167.
14. Zarzycki, P., Sobota, A., Kuzawińska, E., Wirkijowska, A., & Sykut-Domańska, E. J. A. A. (2017). Estimation of degree of starch gelatinisation in instant pasta using measurements of viscosity and water absorption of ground instant pasta dispersions. *24(4)*, 625-632.

EFFECTS OF TECHNOLOGICAL FACTORS OF THE COOKING EXTRUSION ON THE DEGREE OF STARCH GELATINIZATION AND STRUCTURAL PROPERTIES OF BROWN RICE VERMICELLI

Trinh Thi Kieu Oanh, Ho Anh Tuan, Nguyen Ngoc Son,

Tran Doan Son, Tran Thi Thu Tra, Ton Nu Minh Nguyet, Le Van Viet Man

Summary

Brown rice is rich in nutrients due to the bran layer and the content of dietary fiber, vitamins and minerals of brown rice is higher than that of polished rice. Current tendency of consumers is to utilize brown rice products because of their health benefits. In this study, the effects of technological factors of the cooking extrusion including total content of rice suspension, ratio of polish rice and brown rice in the rice suspension, extrusion temperature and time on the degree of starch gelatinization and structural properties of brown rice vermicelli were investigated. The obtained results showed that the brown rice vermicelli had lower degree of starch gelatinization and less elastic than the polished rice vermicelli. The vermicelli sample from 55% brown rice and 45% polish rice suspension with total solid content of 45%, extrusion temperature of 100°C and extrusion time of 45 sec had similar degree of starch gelatinization as well as hardness, springiness, adhesiveness and gumminess to the selected commercial vermicelli from polish rice. In addition, the vermicelli sample from brown and polished rice mixture had significantly higher content of nutrients and bioactive compounds including phenolics, flavonoids, dietary fiber and ash than that from polished rice.

Keywords: *Brown rice, extrusion, texture, vermicelli.*

Người phản biện: PGS.TS. Tôn Thất Minh

Ngày nhận bài: 29/10/2019

Ngày thông qua phản biện: 29/11/2019

Ngày duyệt đăng: 6/12/2019