Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ
Phần B: Nông nghiệp, Thủy sản và Công nghệ Sinh học
website: ctujsvn.ctu.edu.vn

DOI:10.22144/ctu.jvn.2022.049

NGHIÊN CỨU QUY TRÌNH TẠO SOURDOUGH TỪ NƯỚC KHÓM LÊN MEN VÀ ỨNG DỤNG TRONG CHẾ BIẾN BÁNH MÌ

Nguyễn Ngọc Trang Thùy[1*], Lê Vũ Lan Phương[1] và Trần Thanh Mến[2]

[1]*Khoa Công nghệ sinh học - Công nghệ hóa học - Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ Cần Thơ*

[2]*Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Cần Thơ*

**Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Ngọc Trang Thùy (email: nntthuy@ctuet.edu.vn)*

Thông tin chung:
Ngày nhận bài: 03/11/2021
Ngày nhận bài sửa: 22/12/2021
Ngày duyệt đăng: 22/04/2022

Title:
Study on the making process of sourdough from fermented pineapple juice and application in bread making

Từ khóa:
Bánh mì, nước khóm lên men, levain, sourdough

Keywords:
Bread, fermented pineapple juice, levain, sourdough

ABSTRACT

This study was conducted to determine the optimal time for sourdough propagation from fermented pineapple juice as well as the optimal parameters of a breadmaking process from the resulted sourdough. Research contents included: (i) determining the optimal sourdough propagation time which was the time for mixing flour with fermented pineapple juice (5, 6 and 7 days); (ii) determining the optimal levain ratio (10%, 20% and 30%) and the first bread dough incubation time (1, 2 and 3 hours); and (iii) determining the optimal bread baking temperature (220°C, 230°C, 240°C). The results showed that the highest quality of bread was obtained by using the 6-day developed sourdough, the levain ratio of 20%, the first incubation time of 2 hours, and the baking temperature of 230°C.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm xác định thông số tối ưu của quy trình tạo sourdough từ nước khóm lên men cũng như thông số tối ưu của quy trình chế biến bánh mì từ sourdough để bánh mì có chất lượng tốt nhất. Nội dung nghiên cứu bao gồm: (i) xác định thời gian lên men sourdough tối ưu, là thời gian phối trộn bột mì với nước khóm lên men (5, 6 và 7 ngày); (ii) xác định tỷ lệ levain tối ưu (10%, 20% và 30%) cùng thời gian ủ bánh mì lần thứ nhất tối ưu (1 giờ, 2 giờ và 3 giờ); và (iii) xác định nhiệt độ nướng tối ưu (220°C, 230°C, 240°C) trong quy trình chế biến bánh mì. Kết quả nghiên cứu cho thấy bánh mì đạt chất lượng cao nhất khi sử dụng sourdough được lên men trong 6 ngày, tỷ lệ levain 20%, thời gian ủ lần thứ nhất là 2 giờ và nhiệt độ nướng 230°C.

1. GIỚI THIỆU

Sourdough (bột chua) là hỗn hợp của bột mì hoặc bột rye với nước, có thể thêm muối, được lên men tự nhiên nhờ lactic acid bacteria (LAB) và nấm men (Gobbetti & Gänzle, 2013). LAB có vai trò chính trong quá trình acid hóa môi trường lên men trong khi nấm men chuyển hóa đường sinh rượu và CO_2 và tạo độ nở cho bột. Sourdough được sử dụng phổ biến ở nhiều nước trên thế giới để chế biến bánh mì và một số loại bánh nướng khác. Quy trình lên men sourdough có thể thực hiện bằng nhiều cách khác nhau. Mục tiêu chính của quá trình này là thu được hỗn hợp vi sinh vật gồm LAB và nấm men đủ để thực hiện các quá trình chuyển hóa nhằm lên men

bột, sản xuất các acid hữu cơ và các sản phẩm chuyển hóa khác. Các sản phẩm này mang đến cho bánh mì chế biến từ sourdough có nhiều đặc điểm vượt trội hơn bánh mì chế biến từ nấm men công nghiệp như có cấu trúc và giá trị cảm quan tốt, đồng thời có khả năng tự bảo quản tốt hơn (Corsetti & Settanni, 2007).

Khóm là một trong những loại trái cây giàu dinh dưỡng và có lợi cho sức khỏe con người. Trong nhiều năm qua, khóm đã trở thành loại quả có giá trị xuất khẩu cao, được nhiều thị trường trong và ngoài nước ưa chuộng, đặc biệt là Châu Âu và các nước vùng ôn đới. Việt Nam là một trong những nước trồng khóm lớn ở Đông Nam Á, sản lượng năm 2013 đạt 590.000 tấn/ năm, đóng góp 2,38% sản lượng khóm thế giới (Food Agriculture Organization [FAO], 2014). Sản lượng khóm tăng cao trong những năm gần đây đã đặt ra những tiềm năng và thách thức cho ngành bảo quản và chế biến nguồn nguyên liệu quý giá này. Khi khóm bắt đầu chín sẽ nhanh bị hư hỏng, không còn thích hợp để sử dụng tươi nhưng có thể được lên men thành nước giải khát hoặc bổ sung vào một số sản phẩm thực phẩm khác. Vì vậy, việc nghiên cứu tạo sourdough từ nước khóm lên men và ứng dụng trong chế biến bánh mì sẽ góp phần tận dụng nguồn nguyên liệu khóm cũng như nâng giá trị kinh tế của cây khóm, nhất là đối với những trường hợp mùa chính vụ, đầu ra không ổn định.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Khóm được mua tại chợ An Hòa, phường An Hòa, Quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ. Khóm được chọn là những quả vừa chín tới, gai nở đều, cấu trúc quả cứng, tránh chọn những quả quá chín, không chọn những quả bị dập nát, khuyết tật do sâu bệnh gây ra. Bột mì được sử dụng là bột mì trắng Bakers' Choice, số 13 (Inter Flour, Việt Nam).

2.2. Các phương pháp phân tích

Giá trị độ brix được đo bằng brix kế (ATAGO, 0 – 33 ^{o}Brix, Japan), độ ẩm được xác định bằng cân phân tích ẩm nhanh (KERN DBS, Mỹ), độ nở được xác định bằng phương pháp thay thế thể tích (AACC10-05.01) với hạt mè thay cho hạt cải rapeseed, độ cứng được xác định bằng thiết bị đo cấu trúc (TMS – Pro, Mỹ) với giá trị lực tác động 10 mm/s và khoảng cách 2 mm, các chỉ tiêu cảm quan bao gồm cấu trúc, màu sắc, mùi và vị được xác định bởi các cảm quan viên bằng phương pháp cho điểm theo thang điểm mô tả (TCVN 3215 – 1979).

2.3. Bố trí thí nghiệm

Các thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên và lặp lại 3 lần.

Thí nghiệm 1: khảo sát ảnh hưởng của thời gian lên men sourdough đến chất lượng bánh mì

Nguyên liệu khóm được gọt và rửa sạch, ép lấy dịch quả. Đường (25 g) được bổ sung vào 200 mL dịch khóm, khuấy đều để độ Brix hỗn hợp đạt 20. Sau đó, hỗn hợp được cho vào hủ thủy tinh đậy kín, mỗi ngày mở nắp, lắc đều và lên men trong 2 ngày. Dịch khóm sau lên men được phối trộn với bột mì theo tỷ lệ 1:1. Hỗn hợp được trộn kỹ và ủ kín ở nhiệt độ phòng. Sau 24 giờ, một nửa hỗn hợp được thay bằng bột mì và dịch khóm lên men mới (tỷ lệ 1:1). Hỗn hợp được tiếp tục thay bột như vậy mỗi ngày cho đến ngày thứ 5, 6 và 7 để tạo sourdough tương ứng.

Sau đó, sourdough được dùng để chế biến bánh mì theo quy trình sau: Levain được chuẩn bị bằng cách phối trộn sourdough với bột mì và nước ở tỷ lệ 1:2:2, sau đó ủ trong 4 giờ ở nhiệt độ phòng. Đồng thời, bột mì và nước được phối trộn riêng ở tỷ lệ 10:7 để autolyse trong 2 giờ. Levain được bổ sung vào hỗn hợp autolyse trên ở tỷ lệ 20%. Muối được bổ sung ở tỷ lệ 2,5%. Khối bột được nghỉ 45 phút và được gập 3 lần, mỗi lần cách nhau 30 phút. Sau đó, khối bột được ủ lần thứ nhất (lần 1) trong thời gian 2 giờ ở nhiệt độ phòng. Khối bột đã ủ lần 1 được định hình và ủ lần thứ hai (lần 2) trong thời gian 15 giờ ở 4^{o}C. Sau khi ủ lần 2, khối bột được mang trở lại nhiệt độ phòng trong 10 phút trước khi được nướng ở 230^{o}C trong 35 phút. Sản phẩm được phân tích độ cứng, độ nở, độ ẩm và chỉ tiêu cảm quan để chọn thời gian (ngày) lên men sourdough tối ưu.

Thí nghiệm 2: khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 đến chất lượng bánh mì

Thí nghiệm được tiến hành tương tự như trên với sourdough được chuẩn bị trong thời gian đã chọn từ thí nghiệm 1, tỷ lệ levain bổ sung vào hỗn hợp autolyse là 10, 20 và 30%, thời gian ủ lần 1 là 1, 2 và 3 giờ. Sản phẩm được phân tích độ cứng, độ nở, độ ẩm và chỉ tiêu cảm quan để chọn tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 tối ưu.

Thí nghiệm 3: khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ nướng đến chất lượng bánh mì

Thí nghiệm được tiến hành tương tự như trên với sourdough đã chọn từ thí nghiệm 1, tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 đã chọn từ thí nghiệm 2, nhiệt độ nướng bánh là 220, 230 và 240°C. Sản phẩm được

phân tích độ cứng, độ nở, độ ẩm, màu sắc và chỉ tiêu cảm quan để chọn nhiệt độ nướng tối ưu.

2.4. Xử lý số liệu

Phần mềm Microsoft Excel và Statgraphics XV.1 được sử dụng để nhập dữ liệu và xử lý. Các số liệu trình bày kết quả của 3 lần lặp lại, kiểm định phương sai theo ANOVA và so sánh sự khác biệt theo LSD ở mức ý nghĩa 5%.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của thời gian lên men sourdough đến chất lượng bánh mì

3.1.1. Ảnh hưởng của thời gian lên men sourdough đến độ cứng, độ nở và độ ẩm của sản phẩm

Sourdough có thành phần chứa ngũ cốc, nước hoặc nước trái cây lên men và các vi sinh vật hoạt động (vi khuẩn lactic và nấm men). Sourdough là một hệ thống phức tạp và phụ thuộc nhiều nhân tố. Ngoài số lượng và chất lượng hệ vi sinh vật, quá trình lên men còn ảnh hưởng bởi nhiệt độ, mức độ khuấy trộn và thời gian lên men (Diowksz & Ambroziak, 2006). Mặc dù mùi vị và hương thơm cuối cùng được tạo ra trong lò nướng, những đặc điểm này lại được quyết định bởi quá trình lên men sourdough. Giai đoạn chuẩn bị sourdough ảnh hưởng hương vị độc đáo của bánh mì sourdough (Hansen & Hansen, 1996; Gobbetti, 1998; Seitz et al., 1998).

Độ cứng là một trong những thông số đặc trưng cho cấu trúc của các loại bánh nướng bao gồm bánh mì. Độ cứng là lực cần thiết để làm mẫu biến dạng đến một mức xác định (Szczesniak, 2002). Thành phần nguyên liệu và các thông số của quá trình chế biến đều ảnh hưởng đến độ cứng của bánh mì. Bánh mì thường được đánh giá cao hơn khi ruột bánh mềm mại. Kết quả khảo sát ở Bảng 1 cho thấy bánh mì sử dụng sourdough lên men trong thời gian 6 ngày có độ cứng thấp hơn bánh mì với sourdough lên men trong 5 và 7 ngày, sự khác biệt này có ý nghĩa về mặt thống kê. Điều này có thể giải thích do giá trị pH của bột mì và bánh mì giảm theo thời gian lên men (Szczesniak, 2002), sự acid hóa trong lên men sourdough và một phần sự acid hóa trong lên men bánh mì tác động đến các thành phần hình thành cấu trúc bánh mì như gluten và tinh bột (Rolland et al., 2002). Thời gian lên men sourdough quá dài làm tăng độ cứng bánh mì do pH quá thấp tác động đến mạng lưới gluten – tinh bột và ảnh hưởng đến quá trình giãn nở của khí trong bánh mì (Gómez et al., 2003; Scheuer et al., 2015).

Độ nở cũng là một thông số đặc trưng cho chất lượng bánh mì, được xác định thông qua thể tích riêng của bánh. Độ nở chịu ảnh hưởng bởi các thành phần nguyên liệu và các thông số trong quá trình chế biến (Scheuer et al., 2015; Solagi et al., 2017). Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng khi sourdough được sử dụng đã tạo ra những thay đổi trong đặc tính lưu biến cơ bản của bột nhào, làm cho bột mềm, ít đàn hồi và do đó dễ kéo dài (Clarke et al., 2002). Tác động làm thay đổi tính lưu biến của bột nhào cần được lưu ý để chọn thời gian lên men thích hợp và chế biến được bánh mì chất lượng tốt. Bột nhào cần chứa một thể tích lớn khí và có thể dự trữ khí góp phần làm tăng nhiệt độ lò nướng (Bloksma, 1990). Theo kết quả khảo sát thể hiện ở Bảng 1, thời gian lên men sourdough tăng thì độ nở của bánh tăng. Tuy nhiên, độ nở không có khác biệt thống kê giữa nghiệm thức 6 ngày và nghiệm thức 7 ngày. Theo Rolland et al. (2002), trong thời gian ủ bột chua và lên men bột nhào, những biến đổi sinh hóa đã xảy ra trong thành phần carbohydrate và protein của bột mì do hoạt động của vi sinh vật và các enzyme nội sinh. Đồng thời những biến đổi này sinh ra những tác động tích cực đến thể tích bánh (độ nở) và cấu trúc ruột bánh mì (Arendt et al., 2007). Tuy nhiên, giá trị pH của bột nhào và bánh mì giảm theo thời gian lên men (Szczesniak, 2002) sẽ tác động đến sự giãn nở của khí trong bánh mì và ảnh hưởng đến thể tích bánh mì.

Bảng 1. Ảnh hưởng của thời gian lên men sourdough đến độ cứng, độ nở và độ ẩm của sản phẩm

Thời gian lên men (ngày)	Độ cứng (N)	Độ nở (mL/g)	Độ ẩm (%)
5	4,06^{b}	1,98^{a}	40,15^{b}
6	3,20^{a}	2,10^{b}	41,58^{b}
7	4,70^{b}	2,17^{b}	37,10^{a}
	P = 0,0057	P = 0,0169	P = 0,0276

Các số liệu trong bảng là kết quả trung bình của ba lần lặp lại. Các giá trị trung bình có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức ý nghĩa 5% theo phép thử LSD.

Độ ẩm của bánh mì có ảnh hưởng đến khả năng bảo quản sản phẩm. Hiện nay, chúng ta chưa có quy định nào cụ thể về độ ẩm cần đạt được của sản phẩm bánh mì sau khi nướng nhưng theo một số nghiên cứu trên nhiều loại bánh mì, giá trị độ ẩm đạt trung bình 35% (Czuchajowska et al., 1989; Yen et al., 2015) và không vượt qua 43% (Mẫn và ctv., 2011). Kết quả khảo sát ở Bảng 1 cho thấy các nghiệm thức với thời gian lên men sourdough khác nhau có độ ẩm cao hơn giá trị này và có xu hướng giảm độ ẩm

bánh mì theo thời gian ủ bột chua. Ảnh hưởng của giá trị độ ẩm đến thời hạn bảo quản và sự thay đổi các thông số chất lượng của bánh mì sourdough trong thời gian bảo quản cần được nghiên cứu thêm.

3.1.2. Ảnh hưởng của thời gian lên men sourdough đến giá trị cảm quan của sản phẩm

Giá trị cảm quan của sản phẩm bánh mì được đánh giá qua cấu trúc, màu sắc, mùi và vị. Kết quả được thể hiện ở Bảng 2.

Theo Gocmen et al. (2007) và Thiele et al. (2002), việc sử dụng sourdough trong chế biến bánh mì sinh ra nhiều tác động bao gồm vai trò tạo độ nở, tạo sự acid hóa, cải thiện tính chất bột nhào và mùi vị cũng như cấu trúc của bánh mì, làm chậm quá trình khô cứng và thoái hóa của bánh, tăng khả năng chống lại hư hỏng do vi sinh vật, đồng thời cải thiện chất dinh dưỡng sẵn có trong ngũ cốc. Nhiều nghiên cứu cho rằng tất cả những lợi ích này đến từ vi khuẩn lactic và nấm men hiện diện tự nhiên trong bột chua (Seitz et al., 1998; Moroni et al., 2009; Gobbetti & Gänzle, 2013).

Bảng 2. Ảnh hưởng của thời gian lên men sourdough đến giá trị cảm quan của sản phẩm

Thời gian lên men (Ngày)	Cấu trúc	Màu sắc	Mùi	Vị
5	3,60[a]	3,43[a]	3,43[a]	3,60[a]
6	4,33[b]	4,47[b]	4,23[b]	4,70[b]
7	3,37[a]	3,30[a]	3,33[a]	3,67[a]
	P = 0,0000	P = 0,0000	P = 0,0000	P = 0,0000

Các số liệu trong bảng là kết quả trung bình của ba lần lặp lại. Các giá trị trung bình có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức ý nghĩa 5% theo phép thử LSD.

Bảng 2 cho thấy thời gian lên men bột chua có ảnh hưởng đến giá trị cảm quan của sản phẩm. Với thời gian lên men bột chua 6 ngày, bánh đạt giá trị cảm quan cao nhất ở cả 4 chỉ tiêu và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với hai nghiệm thức còn lại. Ở nghiệm thức này, bánh có cấu trúc mềm, mịn, xốp, vỏ bánh giòn mỏng, độ nở đều, mùi vị bánh hài hòa, thơm nhẹ men tự nhiên và bột mì, có vị chua nhẹ hài hòa đặc trưng cho loại bánh mì sourdough. Khi giảm thời gian lên men (5 ngày) thì bánh ít nở, không có độ đàn hồi tốt, bánh có mùi vị không hài hòa đặc trưng cho sản phẩm. Còn ở thời gian lên men 7 ngày, bánh nở lỗ khí to, không đồng đều, mùi men hơi nồng và vị bánh mì chua nhiều.

3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 đến chất lượng bánh mì

3.2.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 đến độ cứng sản phẩm

Levain là phần bột được lên men bởi sourdough để tạo ra một lượng lớn vi khuẩn lactic và nấm men nhằm kích hoạt cho toàn bộ khối bột nhào nở nhanh hơn. Bên cạnh đó, việc tạo levain trước khi làm bánh thay vì sử dụng sourdough trực tiếp nhằm giảm vị chua của bánh mì.

Chất lượng của bánh mì được đặc trưng bởi hương vị, giá trị dinh dưỡng, cấu trúc và thời hạn sử dụng. Trong ngành công nghiệp bánh mì, những đặc điểm này được cải thiện bằng cách bổ sung các phụ gia hoặc enzyme. Ngoài ra, việc bổ sung sourdough có tác động đến tất cả các đặc điểm của chất lượng bánh mì và vì vậy đáp ứng nhu cầu người tiêu dùng trong việc giảm sử dụng chất phụ gia (Gobbetti & Gänzle, 2013).

Vì sourdough là sản phẩm trung gian không phải là sản phẩm cuối nên hoạt động của vi sinh vật được xác định dựa trên tác động của chúng đối với chất lượng bánh mì. Các biến đổi sinh hóa trong quá trình lên men bột chua xảy ra trong thành phần protein và carbohydate của bột. Tỷ lệ và mức độ của những biến đổi này làm thay đổi rất nhiều các đặc tính của bột chua và do đó ảnh hưởng chất lượng bột và cấu trúc bánh mì. Các tác động này liên quan đến chất chuyển hóa tạo ra bởi LAB và nấm men trong quá trình lên men, bao gồm các acid hữu cơ, exopolychaccharides (EPS), enzyme và CO_2 (Gobbetti & Gänzle, 2013).

Kết quả đo độ cứng của sản phẩm theo tỷ lệ levain và thời gian ủ lần thứ nhất khác nhau được trình bày ở Bảng 3.

Kết quả Bảng 3 cho thấy độ cứng của các mẫu ở các tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 khác nhau có khác biệt ý nghĩa với nhau ở mức ý nghĩa 5% theo phép thử LSD. Đồng thời, tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 có tương tác với nhau và ảnh hưởng đến độ cứng của sản phẩm.

Dựa vào kết quả Bảng 3, khi tăng tỷ lệ levain và tăng thời gian ủ thì độ cứng của sản phẩm có chiều hướng giảm. Điều này có thể được giải thích khi tăng tỷ lệ levain và thời gian ủ thì tăng quá trình chuyển hóa tạo ra bởi LAB và nấm men trong quá

trình lên men. Nghiên cứu cho thấy rằng việc tạo ra các acid hữu cơ và kết quả là làm giảm độ pH trong bột chua có ảnh hưởng chính đến các thành phần hình thành cấu trúc như tinh bột, gluten và arabinoxylan (Gray & Bemiller, 2003) và do đó tác động đến độ cứng bánh mì. Cụ thể, sự giảm của pH tác động đến hoạt động của protease nội sinh cùng với hoạt động của các enzyme thủy phân của vi khuẩn lên gluten và dẫn đến giảm độ cứng của bột nhào (Onno & Roussel, 1994). Ở cùng tỷ lệ levain khi tăng thời gian ủ thì độ cứng của sản phẩm có chiều hướng giảm. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu trước đây chỉ ra rằng ngoài tác động của pH thấp thì tác động thứ cấp của quá trình acid hóa và thời gian lên men bao gồm sự thay đổi trong hoạt động enzyme bột mì cũng ảnh hưởng đến thành phần bột nhào (Thiele et al., 2002). Sự gia tăng hoạt động của enzyme phân giải protein (protease) bột mì tỷ lệ thuận với thời gian lên men. Hệ quả của sự phân giải gluten là làm giảm đáng kể độ đàn hồi và độ cứng của bột chua và bột nhào, do đó tác động đến độ cứng bánh mì (Clarke et al., 2004; Thiele et al., 2004; Galle et al., 2011).

Bảng 3. Ảnh hưởng của tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 đến độ cứng của sản phẩm

Tỷ lệ men (%)	Thời gian ủ lần 1 (giờ)	Độ cứng (N)
10	1	8,38^{e}
	2	6,20^{d}
	3	3,97^{bc}
20	1	4,86^{cd}
	2	3,53^{abc}
	3	3,18^{ab}
30	1	3,72^{bc}
	2	3,65^{bc}
	3	2,12^{a}
		P = 0,0461

Các số liệu trong bảng là kết quả trung bình của ba lần lặp lại. Các giá trị trung bình có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức ý nghĩa 5% theo phép thử LSD.

3.2.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 đến độ nở sản phẩm

Nhiều nghiên cứu cho thấy độ acid và mạng gluten có tác động tích cực hay tiêu cực đến thể tích bánh mì (độ nở) và thời hạn sử dụng của bánh. Do lên men bột chua tạo ra những biến đổi lý hóa trong mạng protein như làm tăng một số amino acid (Thiele et al., 2002), tăng trương nở và độ hòa tan của protein (Axford et al., 1979; Takeda et al., 2001) và xác định một tổ chức mới của gluten (Pagani et al., 2013), qua đó làm bột nhào mềm và co giãn tốt hơn và kết quả là giúp tăng cường khả năng giữ khí và giãn nở của bột (Corsetti et al., 2000; Galle et al., 2011).

Kết quả thí nghiệm cho thấy tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 có ảnh hưởng đến độ nở của sản phẩm, tuy nhiên giữa hai nhân tố này không có sự tương tác với nhau. Kết quả đo độ nở của sản phẩm theo tỷ lệ levain khác nhau được trình bày ở Bảng 4. Kết quả đo độ nở của sản phẩm theo các thời gian ủ lần 1 được trình bày ở Bảng 5.

Bảng 4 cho thấy khi tăng tỷ lệ levain bổ sung thì độ nở sản phẩm tăng, do trong quá trình ủ bột nhào, lượng men nhiều hoạt động mạnh, chuyển hóa đường sinh ra khí CO_2 nhiều, khối bột nhào tích trữ khí càng nhiều thì bánh mì càng nở. Kết quả thống kê về tỷ lệ levain ảnh hưởng đến độ nở có sự khác biệt ở mức ý nghĩa 5%.

Bảng 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ levain đến độ nở của sản phẩm

Tỷ lệ men (%)	Độ nở (mL/g)
10	1,85^{a}
20	2,11^{b}
30	2,25^{c}
	P = 0,0000

Các số liệu trong bảng là kết quả trung bình của ba lần lặp lại. Các giá trị trung bình có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức ý nghĩa 5% theo phép thử LSD.

Tương tự, kết quả thí nghiệm cho thấy độ nở bánh mì tăng khi tăng thời gian ủ lần 1 (Bảng 5). Điều này có thể được giải thích do sự gia tăng hoạt động của enzyme phân giải protein bột mì tỷ lệ thuận với thời gian lên men. Hệ quả của sự phân giải gluten là làm giảm đáng kể độ đàn hồi và độ cứng của bột chua và bột nhào (Clarke et al., 2004; Thiele et al., 2004; Galle et al., 2011) và do đó tăng độ nở sản phẩm. Ngoài ra, gluten trong bột nhào có chứa sourdough có bản chất vô định hình và có nhiều diện tích tập hợp vật liệu bao gồm các chuỗi protein dày hơn (Clarke et al., 2004). Sự hiện diện của các chuỗi protein dày hơn cũng góp phần làm tăng đáng kể thể tích bánh (Kieffer & Stein, 1999). Thể tích tăng tương quan với sự cải thiện độ mềm ruột bánh và có liên quan đến việc giảm tốc độ thoái hóa bánh (Corsetti et al., 2000; Crowley et al., 2002).

Tuy nhiên, nếu độ acid của sourdough tăng nhiều quá thì thể tích bánh sẽ giảm (Barber et al., 1992; Kaditzky et al., 2008; Galle et al., 2011). Phân tích định lượng gluten trong sourdough và bột nhào đã được acid hóa về mặt hóa học cho thấy glyadin và glutenin bị thủy phân (Thiele et al., 2003; Loponen

et al., 2004). Đặc biệt glutenin cao phân tử bị phân hủy hoàn toàn, dẫn đến mạng gluten bị kéo dãn quá mức. Mạng gluten yếu hơn làm tăng độ nở bột nhào, nhưng cũng làm giảm khả năng giữ khí. Do đó, độ acid của bột chua và bột nhào cần được kiểm soát để đạt được thể tích bánh tăng (Clarke et al., 2003). Hay nói cách khác, chọn mức thời gian lên men phù hợp ảnh hưởng quan trọng đến chất lượng bánh mì.

Bảng 5. Ảnh hưởng của các thời gian ủ lần 1 đến độ nở của sản phẩm

Thời gian ủ lần 1 (giờ)	Độ nở (mL/g)
1	1,98[a]
2	2,06[b]
3	2,18[b]
	P = 0,0151

Các số liệu trong bảng là kết quả trung bình của ba lần lặp lại. Các giá trị trung bình có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức ý nghĩa 5% theo phép thử LSD.

3.2.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 đến độ ẩm sản phẩm

Kết quả đo độ ẩm của sản phẩm theo tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 khác nhau được trình bày ở Bảng 6.

Các số liệu trong bảng là kết quả trung bình của ba lần lặp lại. Các giá trị trung bình có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức ý nghĩa 5% theo phép thử LSD.

Theo kết quả Bảng 6, các tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 khác nhau không ảnh hưởng lớn đến độ ẩm của sản phẩm, do kết quả thống kê chỉ có khác biệt ý nghĩa ở một nghiệm thức. Ngoại trừ nghiệm thức có tỷ lệ levain 30% và thời gian ủ lần 1 trong 3 giờ tất cả các nghiệm thức còn lại đều đáp ứng yêu cầu độ ẩm trong bánh mì không được phép vượt quá 43% (Mẫn và ctv., 2011).

Bảng 6. Ảnh hưởng của tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 đến độ ẩm của sản phẩm

Tỷ lệ men (%)	Thời gian ủ lần 1 (giờ)	Độ ẩm (%)
10	1	41,12[a]
	2	42,13[a]
	3	41,70[a]
20	1	40,55[a]
	2	41,95[a]
	3	42,68[a]
30	1	42,51[a]
	2	41,16[a]
	3	52,16[b]
		P = 0,0461

3.2.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 đến giá trị cảm quan của sản phẩm

Kết quả điểm đánh giá cảm quan của sản phẩm ở tỷ lệ levain bổ sung và thời gian ủ lần 1 khác nhau được trình bày ở Bảng 7.

Bảng 7. Ảnh hưởng của tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 đến các chỉ tiêu cảm quan của sản phẩm

Tỷ lệ men (%)	Thời gian ủ lần 1 (giờ)	Điểm cảm quan			
		Cấu trúc	Màu sắc	Mùi	Vị
10	1	2,83[a]	3,73[bc]	3,37[bc]	3,47[d]
	2	3,13[abc]	3,83[c]	3,33[abc]	3,53[d]
	3	3,00[ab]	3,53[ab]	3,43[bc]	3,63[d]
20	1	3,27[bc]	3,63[abc]	3,47[bc]	3,70[d]
	2	4,63[e]	4,30[d]	4,37[d]	4,67[e]
	3	3,90[d]	3,77[bc]	3,60[c]	3,43[cd]
30	1	3,20[bc]	3,63[abc]	3,00[a]	3,13[bc]
	2	3,00[ab]	3,57[abc]	3,40[bc]	2,93[b]
	3	3,43[c]	3,43[a]	3,13[ab]	2,23[a]
		P = 0,0000	P = 0,0053	P = 0,0021	P = 0,0000

Các số liệu trong bảng là kết quả trung bình của ba lần lặp lại. Các giá trị trung bình có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức ý nghĩa 5% theo phép thử LSD.

Kết quả đánh giá cảm quan các chỉ tiêu ở Bảng 7 cho thấy nghiệm thức ở tỷ lệ levain 20% và thời gian lên men 2 giờ đạt điểm cảm quan cao nhất ở 4 chỉ tiêu, tạo sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% so với các nghiệm thức còn lại. Ở nghiệm thức này bánh có cấu trúc mềm, mịn, xốp, vỏ bánh giòn mỏng, độ nở đều, có màu đẹp hấp dẫn, mùi vị bánh hài hòa, thơm nhẹ men tự nhiên và bột mì, có vị chua nhẹ hài hòa đặc trưng cho loại bánh mì sourdough. Khi tăng tỷ lệ levain 30%, bánh kém đàn hồi, bề mặt bánh không mịn, mùi men nồng, ăn có vị chua không hài hòa đạt giá trị cảm quan trung

bình. Còn ở tỷ lệ levain thấp hơn 10% bánh có cấu trúc cứng, bánh không xốp và lỗ khí trong bánh ít nở, độ đàn hồi kém, bánh đạt giá trị cảm quan thấp nhất. Hai nhân tố tỷ lệ levain và thời gian ủ lần 1 có sự tương tác với nhau ảnh hưởng đến giá trị cảm quan của bánh mì.

3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ nướng đến chất lượng bánh mì

Nướng là giai đoạn quan trọng trong sản xuất bánh vì dưới tác dụng của nhiệt trong khối bột nhào diễn ra các biến đổi vật lý, hóa học, hóa lý, sinh học và hóa sinh. Ngoài ra, nhiệt làm hồ hóa tinh bột và đông tụ protein. Khi protein đông tụ thì nước được giải phóng và tinh bột bị hồ hóa liên kết với nước tự do có trong bột nhào. Quá trình này giúp tạo cấu trúc xốp và hình thành vỏ bánh (Thủy và ctv., 2013).

Trong quá trình nướng bánh, khối bột xảy ra rất nhiều biến đổi. Khi bột mới vào lò nướng, nhiệt độ tăng dần làm hệ enzyme tăng cường hoạt động. Khi nhiệt độ đạt đến 40^{o}C, các mầm khí CO_2 sẽ tách ra tạo thành các bong bóng khí nhỏ, các bong bóng khí này sẽ tiếp tục giãn nở làm bánh nở. Khi nhiệt độ khối bột khoảng 50^{o}C thì các chuỗi phân tử protein phía bên ngoài của bột bắt đầu biến tính, giải phóng nước, duỗi mạch và liên kết lại với nhau tạo thành khung của bánh mì. Nhiệt độ càng tăng, khung bánh bị mất nước, trở nên cứng và cố định hình dạng của bánh mì, đồng thời ruột bánh cũng trở nên khô và đàn hồi hơn (Mẫn và ctv., 2011). Ở nhiệt độ 140 - 150^{o}C, đường khử và các amino acid sẽ tham gia phản ứng Maillard tạo màu và mùi đặc trưng cho bánh (Gobbetti & Gänzle, 2013).

Nhiệt độ nướng bánh phù hợp, khả năng làm giãn nở bột cao hơn, tạo lớp vỏ bánh mỏng, giải phóng một lượng khí có trong bánh. Bên trong bánh khô ráo, bánh nở đều, tạo cấu trúc mềm mịn, độ xốp tốt, làm cho bánh chín hoàn toàn tạo hương thơm hấp dẫn cho sản phẩm (Hợi và ctv., 2009).

3.3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ nướng đến giá trị L, b, độ cứng, độ ẩm và độ nở của sản phẩm

Kết quả đo giá trị L, b, độ cứng, độ ẩm và độ nở của sản phẩm theo các nhiệt độ nướng khác nhau được trình bày ở Bảng 8.

Bảng 8. Ảnh hưởng của nhiệt độ nướng đến giá trị L, b, độ cứng, độ ẩm và độ nở của sản phẩm

Nhiệt độ nướng (^{o}C)	Giá trị L	Giá trị b	Độ cứng (N)	Độ ẩm (%)	Độ nở (mL/g)
220	46,72^c	11,67^a	2,30^a	43,26^c	2,14^a
230	34,58^b	16,64^b	3,31^b	40,34^b	2,23^b
240	27,85^a	19,43^c	5,05^c	38,09^a	2,12^a
	P = 0,0000	P = 0,0003	P = 0,0000	P = 0,0033	P = 0,0207

Các số liệu trong bảng là kết quả trung bình của ba lần lặp lại. Các giá trị trung bình có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức ý nghĩa 5% theo phép thử LSD.

Theo kết quả Bảng 8, nhiệt độ nướng có ảnh hưởng đến giá trị L, b, độ cứng, độ ẩm và độ nở của sản phẩm và có sự khác biệt ý nghĩa với nhau ở mức ý nghĩa 5% theo phép thử LSD.

Trong quá trình nướng bánh gần 70 hợp chất gây hương vị được tạo thành, phần lớn các chất này thuộc nhóm carbonyl (aldehyde và ketone), các ester phức tạp, rượu và các acid hữu cơ. Các chất gây hương vị được tạo thành trong quá trình lên men. Aldehyde và ketone (fururol, oxymethyl furfurol diacetyl…) gây nên mùi thơm của bánh, các chất này xuất hiện do tác dụng oxy hóa khử tương hỗ giữa các sản phẩm thủy phân protein và đường khử (đồng thời tạo thành các chất có màu tối (phản ứng tạo thành các melanoidin) (Hợi và ctv., 2009).

Kết quả Bảng 8 cho thấy khi tăng nhiệt độ nướng thì giá trị độ sáng (L) của bánh giảm và cường độ màu vàng nâu (b) tăng. Theo Hợi và ctv. (2009), phản ứng tạo thành các melanoidin và các chất thơm xảy ra ở vỏ bánh vì ở đó nhiệt độ cao hơn. Các chất thơm từ vỏ bánh khuếch tán vào ruột bánh và một phần thoát ra môi trường xung quanh. Bánh mì có vỏ chặt và nhẵn thì giữ được mùi thơm lâu hơn. Như vậy, màu sắc vỏ bánh và sự tạo thành các chất thơm có liên quan với nhau. Bánh mì vỏ màu nhạt thì chứa ít các hợp chất carbonyl gây hương. Ngoài ra, cường độ màu của vỏ bánh phụ thuộc vào hàm lượng các amino acid và đường khử trong bột nhào và còn phụ thuộc vào nhiệt độ nướng, độ thưa dày của bánh trong lò nướng, thời gian nướng (Hợi và ctv., 2009).

Kết quả đo độ cứng và độ ẩm của sản phẩm cho thấy khi nhiệt độ nướng tăng thì độ cứng tăng và ngược lại độ ẩm giảm. Theo Hợi và ctv. (2009), tinh bột khi nướng bánh bị hồ hóa một phần và hút nước, lượng nước này do protein biến tính ở nhiệt độ cao sinh ra, vì vậy ruột bánh khi nướng sẽ khô lại. Tương tự, khi bị đông tụ, protein giải phóng nước ra và chặt lại, mất tính đàn hồi. Protein bị biến tính tạo thành bộ khung cho bánh mì, cố định hình dáng của bánh

(Hợi và ctv., 2009). Sự mất ẩm phụ thuộc vào diện tích bề mặt bánh, diện tích bề mặt càng lớn thì khả năng mất ẩm càng nhiều. Ngoài ra, sự mất ẩm còn phụ thuộc vào nhiệt độ và thời gian nướng bánh, nhiệt độ nướng thấp, thời gian nướng dài, lớp vỏ bánh hình thành chậm, lượng ẩm mất càng lớn (Dũng & Liễu., 2017).

Mặt khác, nhiệt độ nướng khác nhau có ảnh hưởng đến độ nở của sản phẩm. Trong quá trình nướng, những thay đổi rõ ràng nhất là sự giãn nở thể tích, hình thành lớp vỏ, sự bất hoạt của nấm men và hoạt động của enzyme, đông tụ protein, và hồ hóa tinh bột trong bột nhào (Chang, 2006). Thể tích bánh mì thành phẩm lớn hơn thể tích bột nhào lúc đưa vào buồng nướng 10 – 30%. Sự tăng thể tích làm cho bánh có đủ độ xốp cần thiết, hoàn thiện mặt ngoài của bánh và nâng cao khả năng tiêu hóa. Sự tăng thể tích này có tốc độ thay đổi. Thể tích bánh tăng nhanh nhất là ở những phút đầu của quá trình lên men rượu trong bột nhào, khi lượng CO_2 đã thoát ra đủ số cần thiết. Sự tăng thể tích bánh còn do không khí và hơi giãn nở dưới tác dụng của nhiệt và do sự chuyển rượu thành trạng thái hơi (Hợi và ctv., 2009). Khi lớp vỏ cứng được tạo thành, bao phủ lấy bề mặt của bánh thì quá trình tăng thể tích chấm dứt. Thể tích bánh phụ thuộc vào vận tốc tạo vỏ, nghĩa là phụ thuộc vào nhiệt độ và độ ẩm của không khí trong buồng nướng. Ngoài ra, động học của quá trình biến tính protein trong các lớp bột nhào có ý nghĩa quan trọng đối với chất lượng sản phẩm. Protein đông tụ chậm có thể dẫn đến sự giảm thể tích của bánh (Hợi và ctv., 2009). Kết quả thí nghiệm cho thấy độ nở tăng khi nhiệt độ nướng tăng từ 220°C đến 230°C nhưng lại giảm xuống khi nhiệt độ nướng tiếp tục tăng đến 240°C. Điều này là do khi nướng ở 240°C, sự hoàn thiện của vỏ bánh có thể đạt được nhanh hơn nên không tăng thêm thể tích.

3.3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ nướng đến giá trị cảm quan của sản phẩm

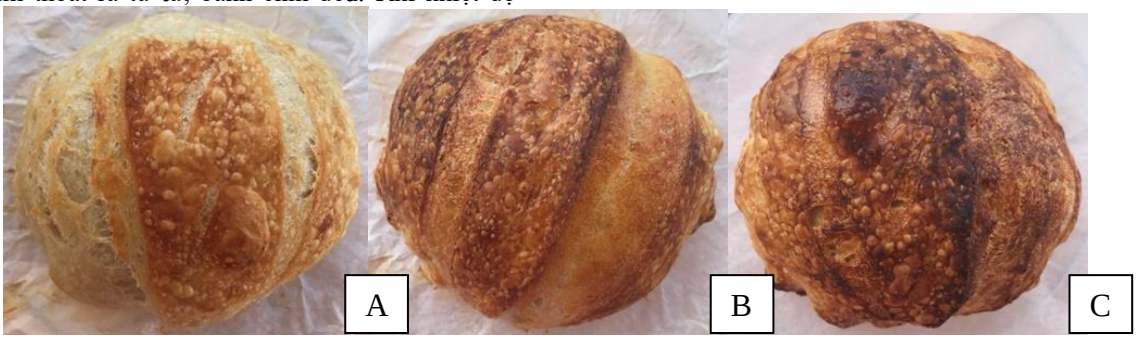
Kết quả đánh giá cảm quan của sản phẩm theo các nhiệt độ nướng khác nhau được trình bày ở Bảng 9.

Bảng 9. Ảnh hưởng của nhiệt độ nướng đến giá trị cảm quan của sản phẩm

Nhiệt độ nướng (°C)	Cấu trúc	Màu sắc	Mùi	Vị
220	3,53^{a}	3,30^{b}	3,67^{a}	3,83^{a}
230	4,57^{b}	4,70^{c}	4,27^{b}	4,4^{b}
240	3,80^{a}	2,37^{a}	3,43^{a}	3,77^{a}
	P = 0,0000	P = 0,0000	P = 0,0000	P = 0,0000

Các số liệu trong bảng là kết quả trung bình của ba lần lặp lại. Các giá trị trung bình có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức ý nghĩa 5% theo phép thử LSD.

Kết quả Bảng 9 cho thấy ở nhiệt độ nướng 230°C, sản phẩm đạt điểm cảm quan cao nhất ở 4 chỉ tiêu tạo sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%. Ở nhiệt độ nướng 230°C, vỏ bánh giòn mỏng, bề mặt bánh nhẵn, ruột bánh mềm, xốp, độ nở đều, bánh không bị cháy khét, có màu vàng nâu đặc trưng cho bánh mì sourdough (Hình 1), vị chua nhẹ đặc trưng cho loại bánh này, mùi hài hòa do trong quá trình nướng lượng nước bên trong sản phẩm thoát ra từ từ, bánh chín đều. Khi nhiệt độ nướng là 220°C thì cấu trúc bánh tương đối mềm, độ ẩm cao, vỏ bánh nhợt nhạt kém hấp dẫn, độ đàn hồi và độ xốp kém do nhiệt độ nướng thấp các phân tử nước bên trong bánh bốc hơi ít làm cho bánh bị mềm nhưng giá trị dinh dưỡng của bánh mì không bị biến đổi nhiều. Ở nhiệt độ nướng 240°C, bánh đạt giá trị cảm quan về màu sắc thấp nhất do bánh có màu nâu sẫm, có chỗ bị cháy khét, vỏ bánh ngoài khô cứng, bánh ít nở, không xốp, độ đàn hồi kém.



Hình 1. Sản phẩm bánh mì nướng ở các nhiệt độ (A) 220°C, (B) 230°C và (C) 240°C

3.4. Chất lượng vi sinh của sản phẩm

Mật số các vi sinh vật có ảnh hưởng đến chất lượng và khả năng bảo quản sản phẩm bánh mì được phân tích và kết quả được thể hiện ở Bảng 10. Kết quả cho thấy các mẫu sản phẩm đều phù hợp với quy định về giới hạn ô nhiễm vi sinh vật đối với sản phẩm ngũ cốc không qua xử lý nhiệt trước khi sử dụng (QĐ46-2007/BYT).

Bảng 10. Mật số vi sinh vật sản phẩm bánh mì sourdough

Vi sinh vật	Giới hạn	Kết quả (CFU/g)	Kết luận
Tổng số vi sinh vật hiếu khí	10^4	< 10	Đạt
Tổng số bào tử nấm men, nấm mốc	10^2	< 10	Đạt
Coliforms	10	< 10	Đạt
Escherichia coli	3	0	Đạt
Staphylococcus aureus	10	< 10	Đạt
Clostridium perfringens	10	< 10	Đạt

(Kết quả được phân tích tại Trung tâm Chất lượng Nông Lâm Thủy sản Vùng 6 (NAFIQAD))

4. KẾT LUẬN

Các kết quả nghiên cứu cho thấy thời gian lên men sourdough (phối trộn bột mì với nước khóm lên men) là 6 ngày, tỷ lệ levain bổ sung vào là 20%, thời gian ủ lần 1 là 2 giờ và nhiệt độ nướng bánh là 230^{o}C cho sản phẩm bánh mì sourdough có chất lượng tốt nhất. Nghiên cứu này đã cho thấy được tiềm năng của việc sử dụng nước khóm lên men trong quá trình chuẩn bị sourdough và ứng dụng sourdough đó vào chế biến bánh mì, mở ra hướng phát triển cho dòng bánh mì sourdough ở Việt Nam. Các nghiên cứu tiếp theo nên khảo sát chi tiết các thông số hóa lý và vi sinh của sourdough chuẩn bị theo phương pháp này cùng với tối ưu hóa quy trình chế biến bánh mì sourdough.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Arendt, E. K., Ryan, L. A. M., & Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiol., 24*, 165–174. https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.011

Axford, D. W. E., McDermott, E. E., & Redman, D. G. (1979). Note on the sodium dodecyl sulfate test of breadmaking quality: comparison with Pelshenke and Zeleny tests. *Cereal Chem*, 56, 582 -583.

Barber, B., Ortolá, C., Barber, S., & Fernández, F. (1992). Storage of packaged white bread. *Z Lebensm Forsch, 194*, 442–449. https://doi.org/10.1007/BF01197726

Bloksma, A. H. (1990). Dough structure, dough rheology, and baking quality. *Cereal Food World, 135(2)*, 237-244.

Chang, M. H. (2006). Baking. In Hui, Y. H. (Ed), *Bakery Products: Science and Technology*. Blackwell Publishing.

Clarke, C. I., Schober, T. J., & Arendt, E. K. (2002). Effect of single strain and traditional mixed strain starter cultures in rheological properties of wheat dough and bread quality. *Cereal Chem., 79*, 640–647. https://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.5.640

Clarke, C. I., Schober, T. J., Angst, E., & Arendt, E. K. (2003). Use of response surface methodology to investigate the effects of processing conditions on sourdough wheat bread quality. *Eur Food Res Tech, 217*, 23–33. https://doi.org/10.1007/s00217-003-0724-1

Clarke, C. I, Schober, T., Dockery, P., O'Sullican, K., & Arendt, E. K. (2004). Wheat sourdough fermentation: effects of time and acidification on fundamental rheological properties. *Cereal Chem, 81*, 409–417. https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.3.409

Corsetti, A., Gobbetti, B., De Marco, B., Balestrieri, F., Paoletti, F., & Rossi, J. (2000). Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread fi rmness and staling. *J Agric Food Chem, 48*, 3044–3051. https://doi.org/10.1021/jf990853e

Corsetti A., & Settanni L. (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation: a review. *Food Res Int, 40*, 539–558. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.11.001

Crowley P., Schober T., Clarke C. I., & Arendt E. K. (2002). The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. *Eur Food Res Tech, 214*, 489–496. https://doi.org/10.1007/s00217-002-0500-7

Czuchajowska, Z., Pomeranz, Y., & Jeffers, H. C. (1989). Water activity and moisture content of dough and bread. *Cereal Chem., 66*, 128–132.

Diowksz, A., & Ambroziak, W. (2006). Sourdough. In Hui, Y. H. (Ed*). Bakery Products: Science and Technology*. (pp.365–380). Blackwell

Publishing. https://doi.org/10.1002/9780470277553.ch20

Dũng, N. C., & Liễu, N. T. B. (2017). Ảnh hưởng tỷ lệ hạt sen bổ sung và điều kiện chế biến cơ bản lên chất lượng bánh humburger. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 49*, 18–26. https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2017.018

FAO Regional Office for Asia and the Pacific. (2014). *FAO Statistical Yearbook* (2014): Asia and the Pacific Food and Agriculture. Bangkok, Thailand.

Galle, S., Schwab, C., Arendt, E. K., & Gänzle, M. G. (2011). Structural and rheological characterisation of heteropolysaccharides produced by lactic acid bacteria in wheat and sorghum sourdough. *Food Microbiol, 26*, 547–553. https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.11.006

Gobbetti, M., & Gänzle, M. (2013). *Handbook on Sourdough Biotechnology*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5425-0

Gobbetti, M. (1998). The sourdough microflora, interactions of lactic acid bacteria and yeasts. *Trends Food Sci Tech, 9*, 267–274. https://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00053-3

Gocmen, D., Gurbuz, O., Kumral, A. Y, Dagdelen, A. F., & Sahin, I. (2007). The effects of wheat sourdough on glutenin patterns, dough rheology and bread properties. *Eur. Food Res. Technol., 225 (5-6)*, 821-830. https://doi.org/10.1007/s00217-006-0487-6

Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A., & Apesteguía, A. (2003). Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *Eur Food Res Technol., 216*, 51–56. https://doi.org/10.1007/s00217-002-0632-9

Gray, J. A., & Bemiller, J. N. (2003). Bread staling: molecular basis and control. *Compr Rev Food Sci Food Safety, 2*, 1–20. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00011.x

Hansen, A., & Hansen, B. (1996). Flavour of sourdough wheat bread crumb. *Z. Lebensm.-Unters. Forsch., 202*, 244–249. https://doi.org/10.1007/BF01263548

Hợi, B. Đ., Khanh, L. H., Lề, M. V., Cúc, L. T., Châu, H. T. N., Tú, L. N., & Nga, L. H. (2009). *Kỹ thuật chế biến lương thực*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Tập 2.

Kaditzky, S., Seitter, M., Hertel, C., & Vogel, R. F. (2008). Performance of *Lactobacillus sanfranciscensis* TMW 1.392 and its levansucrase deletion mutant in wheat dough and comparison of their impact on bread quality. *Eur Food Res Tech, 227*, 433–442. https://doi.org/10.1007/s00217-007-0738-1

Kieffer, R., & Stein, N. (1999). Demixing in wheat doughs-its in fluence on dough and gluten rheology. *Cereal Chem, 76*, 688–693. https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.5.688

Loponen, J., Mikola, M., Katina, K., Sontag-Strohm, T., & Salovaara, H. (2004). Degradation of HMW glutenins during wheat sourdough fermentations. *Cereal Chem, 81*, 87–90. https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.1.87

Mẫn, L. V. V., Đạt, L. Q., Hiền, N. T., Nguyệt, T. N., & Trà, T. T. T. (2011). *Công nghệ chế biến thực phẩm*. Nhà xuất bản Đại học quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.

Moroni, A. V., Dal Bello, F., & Arendt, E. K. (2009). Sourdough in gluten-free bread-making: an ancient technology to solve a novel issue. *Food Microbiol, 26*, 676–684. https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.001

Onno, B., & Roussel, P. (1994) Technologie et microbiologie de la pani fi cation au levain. In: De

Roissart H, Luquet FM (eds) *Bactéries lactiques*, vol 11. Lorica, Uriage, France, cap. V-5

Pagani, M. A., Bottega, G. & Mariotti, M. (2013). Technology of Baked Goods. In Gobbetti, M., & Gänzle, M. (Eds). *Handbook on Sourdough Biotechnology*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5425-0_3

Rolland, F., Winderickx, J., & Thevelein, J. M. (2002). Glucose-sensing and–signalling mechanisms in yeast. *FEMS Yeast Res, 2*, 183–201. https://doi.org/10.1016/S1567-1356(02)00046-6

Scheuer, P. M., Luccio, M. Di, Zibetti, A. W., de Miranda, M. Z., & de Francisco, A. (2015). Relationship between Instrumental and Sensory Texture Profile of Bread Loaves Made with Whole-Wheat Flour and Fat Replacer. *J Texture Stud., 47*, 14–23. https://doi.org/10.1111/jtxs.12155

Seitz, L. M., Chung, O. K., & Rengarajan, R. (1998). Volatiles in selected commercial breads. *Cereal Chem, 75(6)*, 847-853. https://doi.org/10.1094/CCHEM.1998.75.6.847

Solagi, I., Shaikh, N., Marri, A., Soomro, A., & Khaskheli, S. (2017). Loaf Characteristics and Sensory Properties of whole Wheat Bread Fortified with Sorghum and Rice Flour. *J Basic Appl Sci., 13*, 606–610. https://doi.org/10.6000/1927-5129.2017.13.97

Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Qual Prefer., 13*, 215–225. https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8

Takeda, K., Matsumura, & Y., Shimizu, M. (2001). Emulsifying and surface properties of wheat gluten under acidic conditions. *J Food Sci*, 66,

393–399. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb16116.x

Thiele, C., Grassl, S., & Gänzle, G. (2004). Gluten hydrolysis and depolymerization during sourdough fermentation. *J Agric Food Chem, 52*, 1307–1314. https://doi.org/10.1021/jf034470z

Thiele, C., Gänzle, M., & Vogel, R. F. (2003). Fluorescence labeling of wheat proteins for determination of gluten hydrolysis and depolymerization during dough processing and sourdough fermentation. *J Agri Food Chem, 51*, 2745–2752. https://doi.org/10.1021/jf020897e

Thiele, C., Gänzle M. G., & Vogel R. F. (2002). Contribution of sourdough lactobacilli, yeast and cereal enzymes to the generation of amino acids in dough relevant for bread flavour. *Cereal Chem, 79*, 45–51. https://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.1.45

Thủy, N. M., Ngân, T. T. K., Dinh, Đ. C., & Hương, H. T. (2013). Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chế biến bánh nướng nhân khóm. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 27*, 40 – 47.

Yen, M. T., Tseng, Y. H., Chen, C. H., & Mau, J. L. (2015). Changes of Anka-enriched Bread during storage at 25ºC. *Am J Adv Food Sci Technol*. https://doi.org/10.7726/ajafst.2015.1003