



การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดนางฟ้าแผ่นอบกรอบ

กัญญา สอนสนิท^{1,3*} อูมาพร อาลัย² และ อานนท์ เรียงหนู³

¹สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม

³ศูนย์วิจัยเพื่อการพัฒนาพืชเกษตรหลักนครปฐม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม

*jkanya@windowslive.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดนางฟ้าแผ่นอบกรอบจากผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดนางฟ้า โดยการศึกษาความหนา อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในการอบ พบว่าความหนาของแหนมเห็ดแผ่น 1 มิลลิเมตร และการอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสม เนื่องจากมีค่าความกรอบมากที่สุด 9.5 ± 2.12 และคะแนนความชอบของผู้ประเมินมากที่สุด คือ 5.4 ± 0.84 เมื่อนำไปวัดค่าสี พบว่าเวลาการอบเพิ่มมากขึ้น ค่า L^* และ b^* มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า a^* มีแนวโน้มสูงขึ้น จึงทำให้มีสีเข้มขึ้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณเกลือ และปริมาณโซเดียม อยู่ที่ 0.31 ± 0.01 , 4.19 ± 0.00 , $2.73 \text{ g}/100\text{g}$ และ $2,145.78 \pm 0.52 \text{ mg/g}$. จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และ *E. coli* พบว่าผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และเมื่อศึกษาระยะเวลาเก็บรักษาแหนมเห็ดอบกรอบ เป็นเวลานาน 30 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดอบกรอบมีค่าความแข็งลดลงและค่า a_w เพิ่มขึ้น แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำสำคัญ: เห็ดนางฟ้า แหนม อบกรอบ

Development of Crispy Fermented Oyster-Mushroom

Kanya Sornsanit^{1,3*}, Aumaporn Arlai² and Anon Riangmoo³

¹Microbiology Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University

²Food Science and Technology Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University

³Research Center for Major Crop Production Development in Nakhon Pathom, Nakhon Pathom Rajabhat University

*jkanya@windowslive.com

Abstract

The objective of this research was to develop Crispy Fermented Mushroom (Name Het Krob) from fermented oyster-mushroom product. by studying the optimal of thickness, temperature and baking time, It was found that the optimum condition was Nham mushroom sheet thickness 1 mm. at the temperature of 120 °C for 30 min as the highest crispness value of 9.5 ± 2.12 and the highest liking score was 5.4 ± 0.84 . Measure the color It was found that the baking time increased, the L* and b* values tended to decrease, while the a* values tended to be higher. Therefore, it has a darker color. Water activity, pH, NaCl content and Na content were 0.31 ± 0.01 , 4.19 ± 0.00 , 2.73 g/100g , and $2,145.78 \pm 0.52 \text{ mg/g}$. Total count, yeast, mold and *E. coli* were analyzed and found that they passed the community product standard. And when studying the 30-day storage period for Nham Mushroom Crisps, it was found that the Nham Mushroom Crisps had decreased hardness and increased aw values, but were still within the community standard.

Keywords: Grey oyster mushroom, Nham, Crispy

1. บทนำ

การอบแห้งหรือการอบกรอบเป็นวิธีการถนอมอาหารรูปแบบหนึ่ง โดยการอบแห้งนั้นทำให้ปริมาณน้ำอิสระในอาหารลดลง ทำให้จุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของอาหารเน่าเสียไม่สามารถเจริญเติบโตได้ อีกทั้งยังช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์หรือชะลอปฏิกิริยาต่างๆทางเคมีและทางชีวเคมีได้ [1] ในปัจจุบันแหนมเป็นอาหารหมักที่เป็นที่รู้จักกันดีของคนไทยทุกภาค การทำแหนมเป็นการแปรรูปและถนอมอาหารที่แสดงถึงภูมิปัญญาของคนไทยที่สามารถเก็บอาหารประเภทเนื้อได้ในระยะหนึ่ง กระบวนการผลิตทำโดยปล่อยให้เกิดการหมัก เชื้อในธรรมชาติที่ต้องการออกซิเจนเพียงเล็กน้อยเพื่อการเจริญ การบรรจุจึงต้องเน้นความสะอาดและต้องไล่อากาศออกให้หมด เพื่อให้จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแลคติกซึ่งมีรสเปรี้ยวเจริญเติบโตได้เพียงอย่างเดียว ส่วนจุลินทรีย์อื่นที่ต้องการออกซิเจนจะไม่เจริญเติบโตและจุลินทรีย์พวกที่ไม่ชอบความเป็นกรดจะตายเพราะกรดที่สร้างออกมาจากจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก [2] การเรียกชื่อแหนมหมักเรียกตามชื่อของวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต เช่น แหนมไก่ แหนมข่อยไก่ แหนมเห็ด แหนมปลาหรือส้มผัก เป็นต้น [3] แหนมเห็ด เป็นอาหารหมักดองที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอย่างมาก เพราะมี



คุณค่าทางโปรตีนสูงและมีปริมาณไขมันต่ำ แหนมเห็ด เป็นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนามาจากแหนมที่ใช้วัตถุดิบเป็นเนื้อสัตว์ เนื่องจากเห็ดมีกลิ่นคาวคล้ายเนื้อสัตว์จึงมักนำมาทำเป็นแหนมเห็ด เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ที่ไม่บริโภคเนื้อสัตว์ หรือเพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคอาหารที่มีเส้นใยสูงและให้พลังงานน้อย แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์แหนมนี้มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นาน หากเก็บนานเกินไปจะทำให้มีรสเปรี้ยวจากกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) ของแบคทีเรียในกลุ่มแลคติก โดยผลผลิตที่ได้จากกระบวนการเมตาบอลิซึม คือกรดแลคติกที่ได้จากการหมักน้ำตาล [4] ดังนั้นจึงนำแหนมเห็ดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดดอกรอบโดยการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และได้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารคบเคี้ยวรูปแบบใหม่ที่ตรงต่อความต้องการของผู้บริโภค สามารถเก็บรักษาและรับประทานได้ง่าย อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่แหนมเห็ดอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดนางฟ้าแผ่นดอกรอบ

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การศึกษาความหนา อุณหภูมิ และเวลาในการอบที่เหมาะสมในการอบแหนมเห็ดดอกรอบ

นำแหนมเห็ด 100 กรัม ผสมกับน้ำ 10 มิลลิลิตรมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น ศึกษาความหนาโดยกำหนดปริมาณแหนมเห็ด 2 และ 3 มิลลิเมตร ใส่ถุงพลาสติกแล้วรีดเป็นแผ่นบางแล้ว ขนาด 12x12 เซนติเมตร นำไปแช่ในช่องแช่แข็ง แล้วนำมาตัดแบ่งให้ได้ขนาด 4x4 เซนติเมตร จำนวน 9 ชิ้น/แผ่น นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100, 110, 120 และ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที เพื่อเปรียบเทียบและเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่สุดจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพร่วมกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกลุ่มผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 10 คนให้คะแนนความชอบแบบ 7 point hedonic scale โดยทำการประเมินประสาทสัมผัสในด้าน สี ความแข็ง ความกรอบ และความชอบโดยรวม

3.2 การศึกษาระยะเวลาเก็บรักษาของแหนมเห็ดดอกรอบ

ศึกษาระยะเวลาเก็บรักษาของแหนมเห็ดโดยการเก็บใส่ในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทแล้วนำตัวอย่างในวันที่ 0, 10, 20 และ 30 ไปวิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส และค่าปริมาณน้ำอิสระ

3.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของแหนมเห็ดดอกรอบ

3.3.1 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสตามวิธีของ [1] ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer) รุ่น TAXZ2i ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Typical Texture Expert™ โดยใช้วิธีการวัดแบบ Measure Force in Compression ใช้หัววัดขนาด P0.25S และกำหนดสภาวะในการทำงานของเครื่อง ดังแสดงในตารางที่ 1 แล้วทำการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของตัวอย่างแสดงผลเป็นค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความกรอบ (Crispness)

3.3.2 ค่าสีด้วยเครื่อง color meter

ทำการวัดค่าสีด้วย color meter แสดงผลเป็นค่า L^* , a^* , และ b^* โดย L^* คือ ค่าความสว่าง (lightness) มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100, a^* คือ ค่าสีแดงและสีเขียว (redness/greenness) เมื่อ a^* มีค่าเป็นบวกคือสีแดงและเมื่อมีค่าเป็นลบคือสีเขียว, b^* คือ ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness/blueness) เมื่อ b^* มีค่าเป็นบวกคือสีเหลืองและเมื่อมีค่าเป็นลบคือสีน้ำเงิน

3.3.3 ปริมาณน้ำอิสระ

ตรวจวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่อง water activity meter

3.3.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของแหนมเห็ดและแหนมเห็ดดอกรอบด้วยเครื่อง pH meter

3.3.5 ความเค็ม

วัดค่าความเค็มของแหนมเห็ดและแหนมเห็ดดอกรอบตามวิธีของ [5] ด้วยเครื่อง salt meter แล้วนำมาคำนวณเป็นค่าปริมาณ Na (mg/100 g)

3.3.6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

ด้วยวิธีการ pour plate ตามวิธีของ [6] นำตัวอย่างมาบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม [7]

3.3.7 ปริมาณยีสต์และรา

ด้วยวิธีการ spread plate ตามวิธีของ [6] นำตัวอย่างมาบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน โดยจำนวนโคโลนีทั้งหมดต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม [7]

3.3.8 ปริมาณ *Escherichia coli*

ด้วยวิธี MPN ตามวิธีของ [8] ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม [7]

3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS version 23 แสดงข้อมูลเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน [9]

4. ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาความหนาและสภาวะที่เหมาะสมในการอบแหนมเห็ดดอกรอบ

4.1.1 ผลของความหนาและสภาวะที่เหมาะสมในการอบต่อลักษณะทางเนื้อสัมผัสของแหนมเห็ดดอกรอบ

จากการศึกษาความหนาของแผ่นแหนมเห็ดดอกรอบโดยกำหนดให้ความหนาของแผ่นแหนมเห็ดเท่ากับปริมาณแหนมเห็ด 1 และ 2 มิลลิเมตร แหนมเห็ดขนาด 4x4 เซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100, 110, 120, และ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 10, 20, 30, และ 40 นาที จากนั้นนำไปทดสอบลักษณะทางเนื้อสัมผัสแสดงผลเป็นค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความกรอบ (Crispness) พบว่าความหนาที่ 1 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีความกรอบมากที่สุดคือ 9.5 ± 2.12 รองลงมาคือ ความหนา 2 มิลลิเมตร ที่อบที่อุณหภูมิ 120 และ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีค่าความความกรอบอยู่ที่ 9 ± 0.00 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ค่าความแข็งที่พบว่าอุณหภูมิและความหนานั้นไม่ส่งผลต่อค่าความกรอบของแผ่นแหนมเห็ดดอกรอบ ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการอบส่งผลต่อค่าความกรอบของแผ่นแหนมเห็ดดอกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยความหนา 2 มิลลิเมตร ที่อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีความแข็งมากที่สุดรองลงมาคือแผ่นแหนมเห็ดที่อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีความแข็งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ที่ 631.20 ± 16.05 และ 630.64 ± 10.48 นิวตัน (ตารางที่ 2) แตกต่าง



กับงานวิจัยของ [10] ที่พบว่าเมื่ออบด้วยอุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยออกไปเกิดการแข็งที่ผิวหน้ามากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีลักษณะแข็งและแน่นขึ้น

ตารางที่ 1 ค่าความกรอบ (Crispness) ของแหมมเห็ดคอบกรอบที่อบในอุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

ความหนา (mm.)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิที่ใช้อบ (°C)			
		100	110	120	130
1	0	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
	10	0.30±0.58 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	1.30±0.58 ^a
	20	1.00±0.00 ^b	1.30±0.58 ^a	8.50±0.71 ^c	8.30±2.12 ^c
	30	4.50±0.12 ^b	7.30±2.83 ^b	9.50±2.12 ^c	6.30±0.71 ^b
	40	5.00±0.00 ^b	7.00±2.00 ^b	6.50±0.71 ^b	6.00±0.00 ^b
2	0	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
	10	0.70±0.58 ^a	0.70±0.58 ^a	1.00±0.00 ^a	0.70±0.58 ^a
	20	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	1.30±0.58 ^a	1.30±0.58 ^a
	30	6.00±0.00 ^b	3.30±0.58 ^a	2.70±0.58 ^a	2.00±1.00 ^a
	40	2.50±0.71 ^a	7.70±1.15 ^b	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรแนวตั้งที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าความแข็ง (Hardness, N) ของแหมมเห็ดคอบกรอบที่อบในอุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

ความหนา (mm)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิที่ใช้อบ (°C)			
		100	110	120	130
1	0	8.38±0.91 ^a	8.38±0.91 ^a	8.38±0.91 ^a	8.38±0.91 ^a
	10	15.17±2.96 ^a	24.94±8.90 ^a	46.18±10.99 ^a	47.59±3.12 ^a
	20	86.85±4.16 ^b	127.72±23.61 ^b	197.70±2.92 ^b	157.02±14.25 ^b
	30	233.05±15.11 ^c	243.79±17.16 ^c	140.68±4.48 ^b	136.34±4.48 ^b
	40	90.43±8.32 ^b	237.45±39.21 ^b	138.48±1.52 ^b	183.41±0.56 ^b
2	0	8.90±0.96 ^a	8.90±0.96 ^a	8.90±0.96 ^a	8.90±0.96 ^a
	10	16.68±1.04 ^a	18.52±1.04 ^a	22.98±3.36 ^a	15.34±2.64 ^a
	20	32.11±1.60 ^a	24.45±2.08 ^a	80.02±1.60 ^a	103.39±12.08 ^b
	30	314.92±8.24 ^b	235.41±25.29 ^b	630.64±10.48 ^c	631.20±16.05 ^c
	40	217.11±29.04 ^b	350.31±11.40 ^b	233.77±3.08 ^b	308.61±17.01 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรแนวตั้งที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.1.2 ผลของความหนาและสภาวะที่เหมาะสมในการอบต่อสีของแหวนหีตอกรอบ

เมื่อนำแหวนหีตอกรอบที่อบในสภาวะต่างๆ ไปวัดค่าสี พบว่าเมื่อเวลาการอบเพิ่มมากขึ้น ค่า L^* และ b^* มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า a^* มีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานทำให้แหวนหีตอซึ่งมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและปฏิกิริยาการเมลลาร์ดได้ ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น [11]

4.1.3 ผลของความหนาและสภาวะที่เหมาะสมในการอบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อพิจารณาค่าความกรอบเป็นหลักจึงได้ทำการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการอบแหวนหีตอกรอบเพื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยประเมินประสาทสัมผัสในด้าน สี ความแข็ง ความกรอบ และความชอบ โดยรวมพบว่าความหนา 1 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาทีที่มีคะแนนความชอบของผู้ประเมินมากที่สุด คือ 5.4 ± 0.84 จัดอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับแผ่นแหวนหีตอกรอบที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 40 นาที (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของแหวนหีตอกรอบ

สภาวะแหวนหีตอกรอบ (ความหนา:อุณหภูมิ:เวลา)	คะแนนทางด้านประสาทสัมผัส			
	สี	ความแข็ง	ความกรอบ	ความชอบโดยรวม
1 mm : 120°C : 20 min	4.6 ± 1.43^b	4.9 ± 1.52^b	5.4 ± 1.07^b	5.1 ± 0.88^b
1 mm : 120°C : 30 min	4.0 ± 1.05^b	3.6 ± 1.71^a	3.9 ± 1.66^a	5.4 ± 0.84^b
1 mm : 130°C : 20 min	5.5 ± 0.97^c	5.0 ± 1.76^b	5.1 ± 2.02^b	4.9 ± 1.45^b
2 mm : 120°C : 40 min	2.7 ± 1.83^a	5.0 ± 0.82^b	6.0 ± 0.94^c	4.8 ± 1.14^b
2 mm : 130°C : 40 min	4.4 ± 1.07^b	5.2 ± 1.40^b	5.8 ± 0.79^{bc}	3.4 ± 1.17^a

หมายเหตุ ตัวอักษรแนวตั้งที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.1.4 ผลของความหนาและสภาวะที่เหมาะสมในการอบต่อปริมาณน้ำอิสระ

จากการวัดค่าปริมาณน้ำอิสระในแหวนหีตอกรอบทั้ง 5 สภาวะที่ถูกคัดเลือกพบว่า แหวนหีตอกรอบทั้ง 5 สภาวะนั้นมีค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 515/2547 ที่กำหนดให้ค่า a_w ไม่เกิน 0.6 โดยแหวนหีตอแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาทีที่มีค่า a_w น้อยที่สุดคือ 0.25 ± 0.01 (ตารางที่ 4) ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งที่สูงขึ้นจะมีโอกาสกำจัดปริมาณน้ำได้มาก และส่งผลต่อปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์ ทำให้ค่า a_w ลดลง [11]

4.1.5 ผลของความหนาและสภาวะที่เหมาะสมในการอบต่อค่าความเป็นกรด-ต่างและค่าความเค็ม

จากการวัดค่าความเป็นกรด-ต่างของแหวนหีตอพบว่ามีค่าเท่ากับ 4.13 ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับค่าความเป็นกรด-ต่างของแหวนหีตอกรอบทั้ง 5 สภาวะที่นำมาศึกษา แตกต่างกับการวัดค่าความเค็มที่พบว่าแหวนหีตอกรอบมีปริมาณโซเดียมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแหวนหีตอก่อนการแปรรูป โดยแหวนหีตอแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาทีที่มีปริมาณโซเดียมมากที่สุดคือ $2,310.84$ mg/100 ml รองลงมาคือแหวนหีตอแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และแหวนหีตอหนา 1 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ตามลำดับ



ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำอิสระ ค่าความเป็นกรดต่าง และค่าความเค็ม (NaCl, Na) ในแฮมเห็ดดอกรอบ

สถานะแฮมเห็ดดอกรอบ (ความหนา:อุณหภูมิ:เวลา)	a_w	pH	NaCl (g/100g)	Na (mg/g)
ผลิตภัณฑ์เดิมก่อนแปรรูป	0.88±0.01 ^c	4.14±0.02 ^{ab}	1.63±0.01 ^{ab}	1,281.18±0.27 ^{ab}
1 mm : 120°C : 20 min	0.35±0.00 ^b	4.22±0.03 ^b	1.48±0.01 ^a	1,163.28±0.33 ^a
1 mm : 120°C : 30 min	0.32±0.00 ^b	4.22±0.06 ^b	2.30±0.01 ^{bc}	1,803.87±0.05 ^{bc}
1 mm : 130°C : 20 min	0.31±0.01 ^b	4.19±0.00 ^{ab}	2.73±0.02 ^c	2,145.78±0.52 ^c
2 mm : 120°C : 40 min	0.35±0.01 ^b	4.21±0.04 ^b	2.74±0.01 ^c	2,153.64±0.17 ^c
2 mm : 130°C : 40 min	0.25±0.01 ^a	4.12±0.02 ^a	2.94±0.02 ^c	2,310.84±0.03 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรแนวตั้งที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.1.6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และ *E. coli*

จากการทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และ *E. coli* พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา มีจำนวนน้อยจนไม่สามารถนำไปหาค่าได้ (จำนวนโคโลนีที่เจริญที่ความเจือจางน้อยที่สุด 10 เท่า พบจำนวนโคโลนีน้อยกว่า 25 โคโลนี) จึงผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli* ผลิตภัณฑ์จึงผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [7]

4.2 ผลการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษา

จากการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาของแฮมเห็ดดอกรอบพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน แฮมเห็ดดอกรอบมีค่าความแข็งลดลงและค่า a_w เพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาอื่นที่นำมาศึกษา แต่อย่างไรก็ตามค่า a_w ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน นั้นยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 515/2547 ซึ่งกำหนดให้ค่า a_w ไม่เกิน 0.6 (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ค่าความแข็ง ค่าความกรอบ และค่า a_w ของแฮมเห็ดดอกรอบที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 10, 20 และ 30 วัน

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ค่าความแข็ง (N)	ค่าความกรอบ	a_w
0	246.55±11.98 ^b	9.00±0.00 ^a	0.32±0.003 ^a
10	241.60±13.64 ^b	8.67±0.58 ^a	0.36±0.004 ^b
20	226.66±27.27 ^b	8.33±0.58 ^a	0.39±0.001 ^c
30	184.71±114.46 ^a	8.00±1.00 ^a	0.44±0.008 ^d

หมายเหตุ ตัวอักษรแนวตั้งที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5. สรุปผลการวิจัย

การผลิตแฮมเห็ดดอกรอบโดยการกำหนดขนาดความหนาของแฮมเห็ดเป็น 1 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำให้ผลิตภัณฑ์แฮมเห็ดดอกรอบมีคุณภาพดีที่สุดในเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 30 วัน คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนจากทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน (วช.) ปีงบประมาณ 2562 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

เอกสารอ้างอิง

- [1] นิภาพร จรทะผา และ อารดา โสภณอัมพรนารา. (2558). รายงานการวิจัยเรื่อง กระบวนการผลิตกระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [2] อารี วิบูลยพงศ์ ทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต ยาวเรศ เขาวนพูนผล วิมล อารยะรัตน์ และนันทิยา ห้วนทอก. (2545). รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาสภาพการผลิตหมม ภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [3] ปิ่นมณี ขวัญเมือง. (2554). รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาการหมักหมมซี่โครงหมูและหมมปกกลางโกโดยใช้กล้าเชื้อและสมุนไพรในครัวเรือน. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [4] นิษฐกานต์ ประดิษฐ์ศรีกุล เสน่ห์ บัวสนิท ทศพร นามโอง ศิริัญญา โพธิ์คำ, และสุจิตรา แจ่มมงคล. (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมมเห็ดนางฟ้า. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 1 สาขาบทความเกษตรศาสตร์และอุตสาหกรรมอาหาร. กรุงเทพฯ: บริษัท สิริอักษร จำกัด, 480-492.
- [5] วิชช์ เกษมทรัพย์, และสุกฤตา พุ่มดวง. (2560). รายงานการวิจัยเรื่อง การทดสอบความแม่นยำของเครื่องตรวจปริมาณเกลือในตัวอย่างอาหารและปัสสาวะเพื่อประเมินการบริโภคเกลือในคนและการประยุกต์ใช้เพื่อช่วยลดการบริโภคเกลือในประชากร. กรุงเทพฯ: โรงพยาบาลรามาริบัติ
- [6] กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2557). วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร เล่มที่ 2. (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- [7] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). ระเบียบรสรพร้อมบริโภค เลขที่ มผช.303/2547. ค้นเมื่อ 5 เมษายน 2563 จาก https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps303_47.pdf.
- [8] กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2558). วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร เล่มที่ 3. (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- [9] Ihaka, R. and Gentleman. R. (1996). R: A Language for Data Analysis and Graphics. *Computational and Graphical Statistics*, 5 (3): 299-314.
- [10] วิชฌณี ยืนยงพุทธกาล และพรนภา น้อยพันธ์. (2553). ผลของการเตรียมขั้นต้นและสภาวะการอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้นต่อคุณภาพของกล้วยน้ำว้าอบแห้ง. *วิทยาศาสตร์เกษตร*, 41 (พิเศษ), 229-232.
- [11] วิชฌณี ยืนยงพุทธกาล, สิริมา ชินสาร และนิสานารถ กระแสร์ชล. (2557). ผลของสภาวะการอบแห้งแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้นต่อคุณภาพของขนุนอบกรอบ. *วิทยาศาสตร์เกษตร*, 45 (2), 105-108.