

การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประเมินคุณภาพหอยแมลงภู่อบชีสเพื่อเพิ่มมูลค่า:

ผลกระทบของสูตรและการเก็บรักษา

Product Development and Quality Assessment of Value-added Baked Mussels with Cheese: Effect of Formulation and Storage

รติวรรณ มีทอง^{1*}, จรรตกร รอดอยู่¹, ธเนศ อินตัน¹, ภูบดินทร์ ทองพร้อม¹,ภาสกร กิ่งวัชรพงศ์² และทงนง เอี้ยวศิริ³Ratiwan Meethong^{1*}, Juntakorn Rodyoo¹, Thanate Intan¹, Phubadin Thongprom¹,Passakorn Kingwascharapong² and Tanong Aewsiri³

Received date: 1 ส.ค. 68 Revised date: 17 ธ.ค. 68 Accepted date: 19 ธ.ค. 68

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2026.268090>

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่อบชีสที่มีคุณภาพและเพิ่มมูลค่าตามมาตรฐาน Good Manufacturing Practice (GMP) เพื่อให้เกิดทางเลือกใหม่ที่หลากหลายสำหรับผู้บริโภค โดยพัฒนาสูตรหอยแมลงภู่อบชีส 4 สูตรที่มีส่วนผสมของเนยแตกต่างกัน ประกอบด้วย สูตร A (เนยจืดแท้) สูตร B (มาร์การีน) สูตร C (เนยผสม) และสูตร D (เนยเค็ม) ผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity; a_w) อยู่ระหว่าง 0.93-0.96 และมีค่าพลังงานสูงเกินกว่า 200 กิโลแคลอรี การประเมินความชอบของผู้บริโภคแสดงให้เห็นว่าสูตร A มีคะแนนความพึงพอใจสูงที่สุดในทุกด้าน ทั้งในเรื่องรูปลักษณ์ สี รสชาติ และความชื้นชอบโดยรวม การศึกษาการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุและสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าการใช้ถ้วยพลาสติกทรงกลมทึบแสงและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ให้ผลการเก็บรักษาที่ดีที่สุด จากการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์แสดงค่า pH ไม่เกิน 7 ปริมาณ TVB-N สูงสุดที่ 15.23 mg/100 g และ TBA อยู่ที่ 0.45 mgMDA/kg ซึ่งตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม ประกอบด้วย พลังงาน 246.01 กิโลแคลอรี ไขมันรวม 15.57 กรัม โปรตีน 17.28 กรัม คาร์โบไฮเดรต 4.94 กรัม และโซเดียม 526.35 มิลลิกรัม การศึกษานี้สรุปได้ว่าสามารถสร้างผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่อบชีสที่มีคุณภาพดี ปลอดภัยต่อการบริโภค และเพิ่มมูลค่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ บรรจุในถ้วยพลาสติกทึบแสงเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นแนวทางใหม่ที่นำเสนอสำหรับผู้บริโภคและภาคอุตสาหกรรมผลิตอาหาร

คำสำคัญ: หอยแมลงภู่อบชีส การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การเพิ่มมูลค่า

Abstract

This study aimed to develop a high-quality baked cheese mussel product with added value according to Good Manufacturing Practice (GMP) standards to provide diverse new alternatives for consumers. Four formulations of baked cheese mussels with different butter compositions were evaluated: Formula A (pure unsalted butter), Formula B (margarine), Formula C (blended butter), and Formula D (salted butter). The results showed that the products had water activity (a_w) values ranging from 0.90-0.95 and energy content exceeding 200 kilocalories. Consumer preference evaluation revealed that Formula A received the highest satisfaction scores in all aspects, including appearance, color, taste, and overall preference. The 30-day product storage study in different packaging containers and temperature conditions found that using opaque round plastic cups and storing at -20°C provided the best preservation results. Quality analysis of product showed pH values not exceeding 7, maximum TVB-N content of 15.23 mg/100 g, and TBA at 0.45 mgMDA/kg. Throughout the storage period, no microbial growth was detected. The final product contained nutritional values per 100 grams: 246.01

¹ สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระนอง 85120

² ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

³ สาขาวิทยาศาสตร์อาหารและนวัตกรรม สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช 80160

¹ Andaman Coastal Research Station for Development, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Ranong 85120

² Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

³ Food Science and Innovation, School of Agricultural Technology and Food Industry, Walailak University, Nakhon Si Thammarat 80160

*Corresponding author: Email: ratiwan.m@ku.th

kilocalories of energy, 15.57 grams of total fat, 17.28 grams of protein, 4.94 grams of carbohydrates, and 526.35 milligrams of sodium. This study concluded that it is possible to create a high-quality baked cheese mussel product that is safe for consumption and effectively adds value, presenting an interesting new approach for consumers and the food manufacturing industry.

Keywords: mussels, baked mussels with cheese, product development, value addition

คำนำ

หอยแมลงภู่อีกเป็นอาหารทะเลที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความอุดมสมบูรณ์ด้วยโปรตีน คุณภาพสูง วิตามินหลายชนิด และแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการทำงานของร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินบี6 แคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิต เป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารทะเลของประเทศไทย อย่างไรก็ตาม หอยแมลงภู่นั้นมีสภาพเสื่อมโทรมจากการดองแช่เย็น เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค และรูปแบบการบริโภคที่ยังไม่สะดวกต่อผู้บริโภค ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้หอยแมลงภู่มิมีความเสี่ยงสูงต่อการเสื่อมเสียจากการเน่าเปื่อย รวมถึงการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย ดังนั้นการสร้างนวัตกรรมและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากหอยแมลงภู่อจึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม ลดการสูญเสียที่เกิดขึ้น และขยายโอกาสทางการตลาด (Ministry of Public Health, 2018) การพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปหอยแมลงภู่อบชีส เป็นหนึ่งในแนวทางที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับหอยแมลงภู่อ โดยการผสมผสานความหอมหวานจากเนยและชีสเข้าด้วยกันกับคุณค่าทางโภชนาการของหอยแมลงภู่อ ซึ่งส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารที่สะดวกต่อการบริโภค มีความพร้อมในการรับประทาน และตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ที่มีคุณภาพเป็นเลิศ รสชาติที่น่าพึงพอใจ และผ่านกระบวนการผลิตที่ได้มาตรฐานสากล เช่น Good Manufacturing Practice (GMP) ซึ่งเน้นหนักในการควบคุมความปลอดภัยและคุณภาพของอาหารอย่างเคร่งครัดในทุกขั้นตอน (Codex Alimentarius Commission, 2003) ส่วนผสมที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่ออบชีสคือชนิดของเนยที่นำมาใช้ โดยเนยแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และโภชนาการที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อรสชาติ เนื้อสัมผัส กลิ่นหอม และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ เนยจืดแท้ที่ผลิตจากน้ำมันวัวให้รสชาติที่เข้มข้นและหอมมน แต่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงและราคาแพง ในขณะที่เนยที่ผลิตจากน้ำมันพืชมีต้นทุนต่ำกว่าและมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่สูงกว่า แต่อาจส่งผลต่อรสชาติและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เนยผสมเป็นทางเลือกที่ผสมผสานข้อดีของทั้งสองชนิด ในขณะที่เนยเค็มมีโซเดียมเพิ่มเติมซึ่งส่งผลต่อรสชาติและอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ชนิดของเนยยังมีผลต่อพฤติกรรมการหลอมตัวระหว่างการอบ การเกาะติดของชีส และความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในสถานะแช่แข็ง (Patel and Dewettinck, 2016) การศึกษาเปรียบเทียบชนิดของเนยจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดทั้งในด้านคุณภาพ ต้นทุน และความพึงพอใจของผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะนำหอยแมลงภู่อ ซึ่งมีการผลิตสูงและคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยทดลองพัฒนาสูตรหอยแมลงภู่ออบชีส 4 สูตรที่มีส่วนผสมของเนยแตกต่างกัน ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และการยอมรับของผู้บริโภค รวมถึงทดสอบการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุและสถานะที่แตกต่างกัน เพื่อหาวิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสมที่สุด โดยการสร้างผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่ออบชีสที่มีความแตกต่างเด่นชัดจากผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในตลาดปัจจุบัน เช่น หอยลายทอดกรอบที่ทำซื้อได้ทั่วไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการปรุงรสสามารถอุ่นทานได้ทันทีและมีความสะดวกในการบริโภค นอกจากนี้ยังได้มีการควบคุมกระบวนการผลิตอย่างเข้มงวดในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การรับวัตถุดิบที่มีคุณภาพ กระบวนการผลิต การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อย่างถูกต้อง ไม่มีการใช้สีหรือวัตถุกันเสีย และได้ทำการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่อาจทำให้เกิดโรคตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 ซึ่งเกี่ยวกับอาหารพร้อมรับประทาน และอาหารปรุงสุกแล้วแช่แข็งที่ต้องอุ่นก่อนบริโภค (Ministry of Public Health, 2018) มีคุณภาพดีที่สุดในแง่ความปลอดภัย และสามารถขยายโอกาสทางการตลาดอย่างกว้างขวาง ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะช่วยเสริมศักยภาพในการแข่งขันและสร้างผลกำไรให้กับผู้ประกอบการ นอกจากนี้ยังช่วยยกระดับการใช้วัตถุดิบจากเกษตรไทยและมีรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับหอยแมลงภู่อได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง (Codex Alimentarius Commission, 2003)

วิธีการศึกษา

ศึกษาสูตรผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่ออบชีส

เจ้าหน้าที่ประจำอาคารผลิตอาหารแต่งกายเรียบร้อยโดย สวมหมวกคลุมผม สวมถุงมือ สวมผ้าปิดจมูก และผ้ากันเปื้อน หอยแมลงภู่อ ขนาดกลาง 100-150 ตัวต่อกิโลกรัม ขนส่งมายังอาคารผลิตอาหาร สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน โดยการบรรจุในถังแช่น้ำแข็งปิดฝาสนิท นำวัตถุดิบเข้าห้องเตรียมวัตถุดิบ ทำการล้างทำความสะอาด ขจัดสิ่งสกปรกและสิ่งแปลกปลอม

ออกให้หมด จดบันทึกขนาดและน้ำหนัก จากนั้นนำส่งหอยแมลงภู่น้ำจืด ไปยังห้องผลิต นำไปต้มในน้ำอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ตักขึ้นวางทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงนาน 5 นาที แล้วแกะเอาเฉพาะเนื้อหอยที่มีลักษณะที่สมบูรณ์ไม่ฉีก จดบันทึก น้ำหนักนำเนื้อหอยแมลงภู่น้ำจืด นำเนื้อหอยแมลงภู่น้ำจืดจากห้องเก็บวัตถุดิบ ไปยังห้องผลิต ทำการนำตั้ง Table 1 ผสมคลุกเคล้าเข้าด้วยกัน จากนั้นนำหอยแมลงภู่น้ำจืดที่เตรียมไว้ไปคลุกเคล้ากับส่วนผสมแล้วมาวางไว้บนภาชนะที่ทนความร้อนได้โดย Mozzarella cheese ตรา Dairygold ลงบนหอยแมลงภู่น้ำจืด นำไปอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จะได้หอยแมลงภู่น้ำจืดพร้อมบริโภค

Table 1 Baked mussels with cheese – ingredients

Ingredients	Weight in grams			
	Formula A	Formula B	Formula C	Formula D
Green mussels	100	100	100	100
Allowrie Premium Pure Butter	45	-	-	-
Blue Band Margarine	-	45	-	-
Allowrie Compound Butter	-	-	45	-
Allowrie Salted Butter	-	-	-	45
Minced garlic	15	15	15	15
salt	2	2	2	2
Dairygold Mozzarella cheese	50	50	50	50

การตรวจสอบค่าทางเคมี ทางกายภาพ และการยอมรับของผู้บริโภค

- ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, aw) ด้วยเครื่องวัด water activity
- ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis) วัดโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส
- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) นำตัวอย่างใส่ลงในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งภาชนะพร้อมตัวอย่างอบซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณปริมาณความชื้นตามสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)} = \frac{\text{ผลต่างน้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}}$$

- การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)
- การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)
- การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)
- การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000) การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต หาได้จาก 100 ลบด้วยผลรวมระหว่างปริมาณ ความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเส้นใยและปริมาณเถ้า

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่น้ำจืดอบชีส ทำการทดสอบโดยใช้แบบสอบถามในการรวบรวมข้อมูลผู้บริโภค ซึ่งดัดแปลงวิธีการจาก Kingwascharapong et al. (2022) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ที่มีอายุมากกว่า 18 ปี มีสุขภาพแข็งแรงและไม่มีประวัติการแพ้อะไรประกอบในผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่น้ำจืดอบชีส ซึ่งผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่น้ำจืดอบชีสจะถูกประเมินการยอมรับในคุณลักษณะ 6 ด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ และความชอบ โดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scales (คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด, คะแนน 8 = ชอบมาก, คะแนน 7 = ชอบปานกลาง, คะแนน 6 = ชอบเล็กน้อย, คะแนน 5 = เฉยๆ, คะแนน 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, คะแนน 3 = ไม่ชอบปานกลาง, คะแนน 2 = ไม่ชอบมาก, คะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่น้ำจืดอบชีสจะถูกบรรจุในถ้วยพลาสติกที่มีฝาครอบ และจะถูกนำเสนอโดยใช้เลขสุ่ม 3 หลัก เป็นชื่อแทนตัวอย่าง โดยมีการสุ่มลำดับการนำเสนอ แต่ละตัวอย่างจะถูกนำเสนอด้วยเวลาห่างกัน 3 นาที ผู้ทดสอบต้องดื่มน้ำคั่นระหว่างตัวอย่าง โดยสภาวะการทดสอบจะจัดภายใต้ห้องที่มีการจัดแสงไฟให้เพียงพอต่อการทดสอบ ตัวอย่างที่มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคมากกว่า 7 คะแนน จัดว่าเป็นตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากหอยแมลงภู่อบชีส

ทำการเตรียมตัวอย่างหอยแมลงภู่อบชีสตามสูตรที่ได้รับการพัฒนาและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดจากการทดลองข้างต้น โดยตัวอย่างหอยแมลงภู่อบชีสจะถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 3 ประเภท ได้แก่ 1.บรรจุด้วยพลาสติกกลมทึบแสงมีฝาปิดที่ทนความร้อน สามารถอุ่นทานด้วยไมโครเวฟได้ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส บรรจุในขวดแก้วใส่ปิดฝาสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน ในสภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ ทุกๆ 0 15 และ 30 วัน โดยทำการวิเคราะห์ทางกายภาพลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการเก็บรักษา การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนพื้นฐานที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) โดยใช้วิธี Conway's micro-diffusion method (Conway et al., 1933) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไทโอบาร์บิทรู (TBA) (Pearson, 1976) และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ รวมถึงการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 314 ปี พ.ศ. 2553 กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานหลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ของหอยปรุงรส (Thai Industrial Standards Institute, 2010) ไว้ดังนี้ จำนวนจุลินทรีย์ (Total Plate count) ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Escherichia coli*. โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 กรัมต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

การวางแผนการทดลองเป็นแบบ Completely Randomized Design (CRD) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพและเคมี ทดลอง 3 ซ้ำ การทดลองวางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางประสาทสัมผัสโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (IBM Corp., 2020) ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA Two-way Anova และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Tukey's HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพจากผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่อบชีสพร้อมบริโภค

ค่าปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์อาหารมีความสำคัญต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา เนื่องจากน้ำอิสระเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญที่มีแนวโน้มการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาเคมีและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จากการศึกษาค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของหอยแมลงภู่อบชีสทั้ง 4 สูตรการผลิต ดังแสดงใน Table 2 พบว่าค่าดังกล่าวมีช่วงระหว่าง 0.93-0.96 โดยไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าค่าปริมาณน้ำอิสระที่ได้สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์หอยปรุงรสพร้อมบริโภคที่กำหนดไว้ไม่เกิน 0.70 ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2551 (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2008) ลักษณะดังกล่าวเกิดจากคุณสมบัติของส่วนผสมหลักที่ใช้ในการผลิต โดยเฉพาะมอสซาเรลล่าชีสซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากนํ้านมโคสดที่ผ่านกระบวนการแปรรูปแบบดั้งเดิม ส่งผลให้มีปริมาณน้ำอิสระในช่วง 0.90-0.95 ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเสี่ยงต่อการเสื่อมเสียแม้จะผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้ว (Chanakot et al., 2022)

Table 2 Effect of formulation on water activity (a_w) of baked mussels with cheese

Formulations	Water Activity (a_w)
A	0.94 ± 0.0^a
B	0.96 ± 0.01^a
C	0.95 ± 0.01^a
D	0.93 ± 0.03^a
P-value	0.22

Mean $\pm$ standard deviation.

Different letters in the same column (^{a-c}) indicate statistically significant differences at the 95% confidence level ($p < 0.05$).

Values with the same letter (^a) are not significantly different ($p \geq 0.05$).

จากผลการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของหอยแมลงภู่อบชีสที่แสดง Table 3 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ค่าความแข็ง (Hardness) อยู่ระหว่าง 0.79-1.67 N ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความนุ่มระดับปานกลาง เนื่องจากการปรุงสุกของเนื้อสัตว์ทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า cohesiveness และ springiness ลดลง (Paredes et al., 2022) การอบด้วยชีสอาจส่งผลต่อโครงสร้างของโปรตีนในเนื้อหอยแมลงภู โดยชีสที่ละลายจะเข้าไปเติมเต็มช่องว่างระหว่างเส้นใยโปรตีน ทำให้เนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป (Lucey et al., 2003) ค่า cohesiveness ที่อยู่ระหว่าง 0.38-0.54 บ่งบอกถึงความสามารถในการรักษาโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ โดยความเชื่อมติดและความยืดหยุ่นมีความสัมพันธ์อย่างแข็งแกร่ง ค่าที่ได้นี้แสดงว่าผลิตภัณฑ์ยังคงรักษาความสมบูรณ์ของโครงสร้างได้ดี ส่วนค่า springiness ที่สูงระหว่าง 2.87-3.65 บ่งบอกถึงความสามารถในการคืนรูปของผลิตภัณฑ์ที่ดี ซึ่งอาจเกิดจากโครงสร้างของโปรตีนที่ยังคงความยืดหยุ่นหลังการปรุงสุก (Ishiwatari et al., 2013) สำหรับค่า gumminess และ chewiness ที่อยู่ระหว่าง 0.86-3.27 แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความเหนียวในระดับที่เหมาะสม สำหรับอาหารทะเลที่ผ่านความร้อน เนื่องจากอยู่ในช่วงเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อนุ่มแต่ยังคงความยืดหยุ่น เคี้ยวง่าย ไม่เหนียวหรือแห้งเกินไปเหตุผลที่สูตรต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในบางคุณลักษณะอาจเป็นเพราะองค์ประกอบหลักของผลิตภัณฑ์ทุกสูตรคือหอยแมลงภูที่มีคุณสมบัติพื้นฐานคล้ายกัน และวิธีการปรุงที่เหมือนกันทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Di Monaco et al. (2008) ที่พบว่าความแข็ง ความเชื่อมติด และความเปราะบางสามารถทำนายได้อย่างแม่นยำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าค่า hardness และ cohesiveness มีความสัมพันธ์มากกว่าค่า springiness ที่มีการแปรผันสูง การศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ทดแทนแสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์ texture profile (ความแข็ง การยืดเกาะ และความเชื่อมติด) ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียมที่เสริมด้วยน้ำมันพืชชนิดต่างชนิด ส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพที่แตกต่าง การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแสดงให้เห็นว่าการปรุงสุกส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีนและคุณลักษณะทางกายภาพอย่างมีนัยสำคัญ (Cheng et al., 2014) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับแนวโน้มดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่ค่า hardness และ cohesiveness มีความสัมพันธ์กับกระบวนการปรุงสุกที่ทำให้โปรตีนเปลี่ยนแปลงและส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Kanpairo, 2023)

Table 3 Texture analysis of baked mussels with cheese in 4 formulations

Formulations	Texture				
	Hardness (N)	Cohesiveness	Springiness (mm)	Gumminess (N)	Chewiness (N-mm)
A	1.67 ± 0.19 ^a	0.54 ± 0.07 ^a	3.65 ± 0.19 ^a	0.90 ± 0.08 ^a	3.27 ± 0.36 ^a
B	1.32 ± 0.05 ^a	0.41 ± 0.05 ^a	3.33 ± 0.02 ^a	0.52 ± 0.05 ^a	1.80 ± 0.17 ^a
C	0.79 ± 0.04 ^a	0.38 ± 0.04 ^a	2.88 ± 0.28 ^a	0.30 ± 0.02 ^a	0.86 ± 0.04 ^a
D	1.28 ± 0.24 ^a	0.40 ± 0.06 ^a	3.34 ± 0.06 ^a	0.51 ± 0.11 ^a	1.68 ± 0.34 ^a
P-value	0.79	0.60	0.64	0.92	0.99

Mean ± standard deviation.

Different letters in the same column (^{a-c}) indicate statistically significant differences at the 95% confidence level ($p < 0.05$).

Values with the same letter (^a) are not significantly different ($p \geq 0.05$).

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่อบชีส 4 สูตร (A, B, C และ D) ดังแสดงใน Table 4 พบว่ามีเพียงพลังงานเท่านั้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสูตร B ให้ค่าพลังงานสูงสุดที่ 272.94 กิโลแคลอรี รองลงมาคือสูตร D 268.76 กิโลแคลอรี สูตร C เท่ากับ 254.52 กิโลแคลอรี และสูตร A ต่ำสุดที่ 244.57 กิโลแคลอรี ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้น 15.61-19.12 กรัม แม้ค่าไขมันจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ก็ตาม เนื่องจากไขมันให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรีต่อกรัมเมื่อเทียบกับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่ให้เพียง 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม สำหรับองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ ได้แก่ โปรตีน (15.74-20.84 กรัม) คาร์โบไฮเดรต (4.87-9.37 กรัม) เกลือ (2.86-3.38 กรัม) และความชื้น (52.01-55.51 กรัม) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรจึงมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกัน ความชื้นในระดับ 52-55 กรัม ถือว่าค่อนข้างสูงสำหรับผลิตภัณฑ์อบ ซึ่งอาจส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาและความปลอดภัยทางจุลชีววิทยา เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่มีค่า water activity สูงกว่า 0.93 ซึ่งเอื้อต่อการเจริญของแบคทีเรีย ยีสต์ และราได้ (U.S. Food and Drug Administration, 2022) ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้ควรเก็บรักษาในอุณหภูมิเย็นหรือแช่แข็งเพื่อควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่อบชีสทั้ง 4 สูตรจัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่ให้พลังงานปานกลางถึงสูง (244.57-272.94 กิโลแคลอรีต่อ

100 กรัม) ไม่เหมาะสำหรับผู้ที่มีความน้ำหนัก แต่เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้บริโภคทั่วไปที่ต้องการสารอาหารครบถ้วน โดยสูตร B และ D เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการพลังงานสูง ขณะที่สูตร A และ C อาจเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมการรับพลังงาน

การประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่ออบชีสทั้ง 4 สูตร แสดงไว้ใน Table 5 โดยใช้เกณฑ์ประเมินแบบ Hedonic 9-point scale ดำเนินการกับกลุ่มผู้บริโภคที่ชื่นชอบการบริโภคชีสและไม่มีอาการแพ้เนม พบว่าสูตร A ซึ่งใช้เนยจืดแท้ 100% ได้รับการยอมรับสูงสุดในเกือบทุกด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ (7.50), สี (7.40), รสชาติ (7.40) และเนื้อสัมผัส (7.40) ขณะที่กลิ่นไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ แม้ว่าผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และลักษณะเนื้อสัมผัสของทั้ง 4 สูตรจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คะแนนความชอบจากผู้บริโภคกลับมีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากชนิดของเนยที่ใช้ โดยเฉพาะสูตร A ที่ใช้เนยจืดแท้ ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มกลิ่นหอมและรสชาติที่กลมกล่อมเป็นพิเศษ เนื่องจากไขมันจากเนยนี้มีทั้งชนิดอิ่มตัว (saturated) และไม่อิ่มตัว (unsaturated) ซึ่งทำให้เนยมีจุดหลอมเหลวต่ำ จึงละลายในปากได้ดี ให้ความรู้สึกนุ่มและเคลือบลิ้น (mouthfeel) อย่างพอดี ส่งผลให้รสชาติ “กลมกล่อม” กว่าไขมันพืชทั่วไป (De Roos, 2003) ส่งผลให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรอื่น อย่างไรก็ตาม ผลผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่ออบชีส มีปริมาณไขมันและพลังงานสูง ซึ่งอาจไม่เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ควบคุมอาหาร ดังนั้นควรบริโภคในปริมาณที่เหมาะสมควบคู่กับการออกกำลังกาย เพื่อรักษาสมดุลด้านสุขภาพและโภชนาการ

Table 4 Chemical composition of cheese-baked mussels with 4 formulations per 100 grams

Chemical elements	Formulations				P-value
	A	B	C	D	
Total energy(K cal)	244.57 ± 0.71 ^a	272.94 ± 1.66 ^d	254.52 ± 0.46 ^b	268.76 ± 0.61 ^c	0.03
Total fat (g)	15.61 ± 0.35 ^a	18.90 ± 0.09 ^a	17.12 ± 0.08 ^a	19.12 ± 0.01 ^a	0.35
Protein (g)	17.22 ± 0.01 ^a	20.84 ± 0.11 ^a	15.74 ± 0.11 ^a	17.64 ± 0.18 ^a	0.79
Carbohydrate (g)	8.80 ± 0.11 ^a	4.87 ± 0.08 ^a	9.37 ± 0.03 ^a	6.53 ± 0.07 ^a	0.65
Ash (g)	2.86 ± 0.09 ^a	3.38 ± 0.13 ^a	3.02 ± 0.06 ^a	3.97 ± 0.01 ^a	0.77
Moisture (g)	55.51 ± 0.09 ^a	52.01 ± 0.03 ^a	54.75 ± 0.08 ^a	52.74 ± 0.06 ^a	0.94

Mean ± standard deviation.

Different letters in the same column (^{a-c}) indicate statistically significant differences at the 95% confidence level ($p < 0.05$).

Values with the same letter (^a) are not significantly different ($p \geq 0.05$).

Table 5 Sensory test scores of cheese-baked mussels with 4 formulations

Formulations	Appearance	Color	Aroma	Taste	Texture
A	7.50 ± 0.53 ^a	7.40 ± 0.70 ^b	7.00 ± 0.67 ^a	7.40 ± 0.79 ^b	7.40 ± 0.52 ^a
B	6.70 ± 0.48 ^a	6.50 ± 0.53 ^a	6.50 ± 0.53 ^a	6.40 ± 0.52 ^a	6.70 ± 0.48 ^a
C	7.40 ± 0.52 ^a	7.30 ± 0.48 ^b	7.10 ± 0.74 ^a	7.20 ± 0.52 ^b	7.20 ± 0.42 ^a
D	7.20 ± 0.42 ^a	7.40 ± 0.52 ^b	7.10 ± 0.57 ^a	6.10 ± 0.88 ^a	7.10 ± 0.57 ^a
P-value	0.35	0.04	0.12	0.008	0.53

Mean ± standard deviation.

Different letters in the same column (^{a,b}) indicate statistically significant differences at the 95% confidence level ($p < 0.05$).

Values with the same letter (^a) are not significantly different ($p \geq 0.05$).

การศึกษาการเก็บรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากหอยแมลงภู่ออบชีสในสภาวะที่เหมาะสม

ผลจากการทดลอง การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่ออบชีส พบว่า สูตร A การใช้เนยจืดแท้ 100 % คือสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด จึงเป็นสูตรที่ได้รับการคัดเลือกมาศึกษาถึงคุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และจุลชีววิทยา การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่ออบชีสดังแสดงใน Table 6 ภายใต้การบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ การเก็บรักษาโดยบรรจุในถ้วยพลาสติกกลมทึบแสง บรรจุใส่ถุงโพลีโพรพิลีนสุญญากาศ ทั้ง 2 ตัวอย่างถูกเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และบรรจุในขวดแก้วปิดฝาสนิทถูกเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0, 15 และ 30 วัน พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่า pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในวันที่ 15 และ 30

หอยแมลงภู่อบซีสที่บรรจุในขวดแก้วปิดฝาสนิทที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดต่างมีแนวโน้มลดลง มีค่าเท่ากับ 4.24 และ 3.14 ในขณะที่หอยแมลงภู่อบซีสที่บรรจุในถ้วยพลาสติกกลมทึบแสง บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เท่ากับ 7.12 และ 7.06 ในวันที่ 15 และมีค่าเท่า 7.08 และ 7.04 ในวันที่ 30 ตามลำดับ ในวันที่ 0 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Thanakrich (2020) ที่กล่าวว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง ช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์และจุลินทรีย์ ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์คงที่ และ Wongwichian et al. (2019) ที่รายงานว่าการบรรจุสุญญากาศช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแช่แข็ง ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งร่วมกับการบรรจุที่เหมาะสมมีค่า pH ที่ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเย็น

Table 6 pH values

Baked Mussels with Cheese	Day		
	0	15	30
Packed in opaque round plastic cups (temperature -20°C)	7.10±0.02 ^a	7.12±0.02 ^b	7.08±0.07 ^b
Packed in tightly sealed glass bottles (temperature 5°C)	7.12±0.50 ^a	4.24±0.23 ^a	3.14±0.04 ^a
Packed in vacuum polypropylene bags (temperature -20°C)	7.18±0.03 ^a	7.06±0.09 ^b	7.04±0.13 ^b
P-value	0.07	0.006	0.008

Mean ± standard deviation.

Different letters in the same column ^(a,b) indicate statistically significant differences at the 95% confidence level ($p < 0.05$).

Values with the same letter ^(a) are not significantly different ($p \geq 0.05$).

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TVB-N (Table 7) ในหอยแมลงภู่อบซีสที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์และสภาวะต่างกัันมีสาเหตุหลัก 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ ชนิดบรรจุภัณฑ์ และระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bekhit et al. (2021a) ที่อธิบายว่า TVB-N เป็นดัชนีสำคัญในการติดตามความเสื่อมสลายของเนื้อสัตว์ที่เพิ่มขึ้นตามการเก็บรักษา และมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะเวลา อุณหภูมิ และบรรจุภัณฑ์ (Bekhit et al., 2021b) ผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงของ TVB-N แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C ส่งผลให้ค่า TVB-N เพิ่มขึ้นอย่างมากจาก 18.23 mg/100g เป็น 40.98 mg/100g ในวันที่ 30 ขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C ค่า TVB-N เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นเอื้อต่อการทำงานของเอนไซม์ภายในเนื้อสัตว์และการเติบโตของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน ผลิตภัณฑ์ประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ออกมา การศึกษาของ Bekhit et al. (2021a) ยืนยันว่า การปนเปื้อนของแบคทีเรียและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่เหมาะสม เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยการศึกษาบรรจุภัณฑ์สุญญากาศแสดงประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการควบคุมค่า TVB-N โดยให้ค่าเริ่มต้นที่ 12.54 mg/100g และเพิ่มขึ้นเป็น 17.11 mg/100g ในวันที่ 30 ซึ่งต่ำกว่าการบรรจุในถ้วยพลาสติกทึบแสง หลักการนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Goulas et al., (2005) ที่ศึกษาหอยแมลงภู่ว่า บรรจุภัณฑ์สุญญากาศและบรรจุภัณฑ์ชนิดดัดแปลงบรรยากาศสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและชะลอการเสื่อมสลายได้ดีกว่าการบรรจุแบบทั่วไป เนื่องจากการลดปริมาณออกซิเจนทำให้ลดการเติบโตของจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจน (Goulas et al., 2005)

Table 7 Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) (mg/100g)

Baked Mussels with Cheese	Day		
	0	15	30
Packed in opaque round plastic cups (temperature -20°C)	13.50±0.07 ^a	14.21±0.06 ^a	15.23±0.04 ^a
Packed in tightly sealed glass bottles (temperature 5°C)	18.23±0.04 ^a	30.67±0.08 ^c	40.98±0.08 ^c
Packed in vacuum polypropylene bags (temperature -20°C)	12.54±0.09 ^a	15.62±0.13 ^b	17.11±0.12 ^b
P-value	0.78	0.015	0.009

Mean ± standard deviation.

Different letters in the same column ^(a-c) indicate statistically significant differences at the 95% confidence level ($p < 0.05$).

Values with the same letter ^(a) are not significantly different ($p \geq 0.05$).

ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทริก (TBA) เป็นตัวชี้วัดความหืนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ จากผลของการวัดค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ หอยแมลงภู่อุปซีสที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์และสภาวะที่ต่างกัน แสดงดัง Table 8 พบว่าในวันที่ 0 ในบรรจุภัณฑ์ ทั้ง 3 ชนิดและทุกสภาวะการเก็บรักษามีผลต่อค่า TBA ซึ่งค่า TBA เริ่มต้นอยู่ที่ 0.53 -0.69 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่า TBA พบว่าหอยแมลงภู่อุปซีสบรรจุในถ้วยพลาสติกกลมทึบแสงและบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ในวันที่ 15 มีค่า 0.55-0.57 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม และในวันที่ 30 มีค่า 0.45-0.53 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$). ซึ่งค่า TBA ที่ลดลงในช่วงท้ายของการเก็บรักษา อาจเนื่องจากสารมาโลนัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารที่เป็นองค์ประกอบเบื้องต้นของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเข้าไปรวมตัวกับสารอื่น เช่น ออกซิเจนเปอร์ออกไซด์ สารประกอบคาร์บอนิล กรดนิวคลีอิก โปรตีน คาร์โบไฮเดรต หรือองค์ประกอบของอัลดีไฮด์ ทำให้เกิดปฏิกิริยา cross reaction จึงเป็นสาเหตุให้ TBA ในระหว่างการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่งและลดลง ในช่วงท้ายของการเก็บรักษา (Yuangyai et al., 2023) ในขณะที่หอยแมลงภู่อุปซีสที่บรรจุในขวดแก้วปิดฝาสนิทเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในวันที่ 15 มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 3.15 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมและเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 30 อยู่ที่ 5.74 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม เนื่องจากค่า TBA เป็นดัชนีการวัดการเสื่อมเสียคุณภาพของไขมันในผลิตภัณฑ์ เมื่อ TBA 0.1-0.3 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม พบว่าไขมันมีการเสื่อมเสียเล็กน้อย แต่ถ้า TBA มีค่ามากกว่า 3 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม มีผลให้ผู้บริโภคได้รับรู้ถึงกลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้ แต่ถ้ามีค่ามากกว่า 7 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ไขมันมีการเสื่อมสภาพอย่างรุนแรง (Lohalagsanadet and Kachenphakdee, 2011)

Table 8 thiobarbituric acid (TBA) values (mgMDA/kg)

Baked Mussels with Cheese	Day		
	0	15	30
Packed in opaque round plastic cups (temperature -20°C)	0.55±0.02 ^a	0.57±0.03 ^a	0.45±0.06 ^a
Packed in tightly sealed glass bottles (temperature 5°C)	0.69±0.03 ^a	3.15±0.04 ^b	5.74±0.22 ^b
Packed in vacuum polypropylene bags (temperature -20°C)	0.61±0.06 ^a	0.55±0.04 ^a	0.53±0.09 ^a
P-value	0.40	0.009	0.038

Mean ± standard deviation.

Different letters in the same column ^(a-b) indicate statistically significant differences at the 95% confidence level ($p < 0.05$).

Values with the same letter ^(a) are not significantly different ($p > 0.05$).

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา (Table 9) พบว่า หอยแมลงภู่อุปซีสที่บรรจุในถ้วยพลาสติกทึบแสงและซีลสุญญากาศด้วยถุงโพลีโพรพิลีน สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 30 วัน โดยไม่พบการเจริญเติบโตของ Total Plate Count, Yeasts and Molds และ *Escherichia coli* ค่าจุลินทรีย์ที่ตรวจพบอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 314 (พ.ศ. 2553) (Thai Industrial Standards Institute, 2010) ที่กำหนดให้ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อ 1 กรัม *Escherichia coli* ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม Yeasts and Molds ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพ ได้แก่ การควบคุมกระบวนการผลิต การคัดเลือกวัตถุดิบ การรักษาสุขลักษณะในสถานที่ผลิต การฆ่าเชื้อบรรจุภัณฑ์ก่อนบรรจุ และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ในทางตรงกันข้าม ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในขวดแก้วและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 15-30 วัน มีปริมาณจุลินทรีย์เกินเกณฑ์มาตรฐาน

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่อุปซีสที่เก็บรักษาในสภาวะแช่แข็ง (Table 10) พบว่า ในปริมาณ 100 กรัม ให้พลังงานรวม 166.01 กิโลแคลอรี โดยมีพลังงานจากไขมันคิดเป็น 77.13 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 8.57 กรัม และไขมันอิ่มตัว 5.08 กรัม ซึ่งเป็นไขมันที่ควรบริโภคในปริมาณจำกัดตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก (WHO) เพื่อป้องกันภาวะไขมันในเลือดสูงและโรคหัวใจ อย่างไรก็ตาม เมื่อคำนวณจากปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภค (70 กรัม) พบว่าพลังงานรวมอยู่ที่เพียง 50 กิโลแคลอรี ในด้านโปรตีน พบว่ามีปริมาณ 17.28 กรัมต่อ 100 กรัม และ 4 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่สูงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อาหารทั่วไป ขณะที่คาร์โบไฮเดรตและใยอาหารอยู่ที่ 4.94 และ 2.33 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบปริมาณโซเดียมสูงถึง 526.3 มิลลิกรัม ซึ่งควรพิจารณาโดยเฉพาะสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่จำกัดการ

บริโภคเกลือ ปริมาณแร่ธาตุอื่น ๆ เช่น แคลเซียม (137.14 มิลลิกรัม), ธาตุเหล็ก (14.98 มิลลิกรัม) และโพแทสเซียม (81.11 มิลลิกรัม) อยู่ในระดับที่ช่วยเสริมสร้างระบบกระดูกและการไหลเวียนโลหิตได้เป็นอย่างดี ผลิตภัณฑ์นี้จึงจัดเป็นแหล่งโปรตีน คุณภาพดีที่มีรสชาดอร่อยเหมาะสำหรับเป็นอาหารว่างหรืออาหารมื้อเบา แต่ควรบริโภคในปริมาณที่พอเหมาะเพื่อควบคุมการรับไขมันและโซเดียม

Table 9 Table of microbial count

Types of Microorganisms	Baked Mussels with Cheese								
	Packed in opaque round plastic cups			Packed in tightly sealed glass bottles			Packed in vacuum polypropylene bags		
	(temperature -20°C)			(temperature 5°C)			(temperature -20°C)		
	Day 0	Day 15	Day 30	Day 0	Day 15	Day 30	Day 0	Day 15	Day 30
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	<3	<3	<3	<3	<10	<10	<3	<3	<3
Total Plate Count (log CFU/g)	<2.40	<2.40	<2.40	<2.40	7.57	9.20	<2.40	<2.40	<2.40
Yeasts and Molds (log CFU/g)	<0.70	<0.70	<1	<0.70	3.67	8.53	<0.70	<0.70	<1

Table 10 Nutritional analysis of cheese-baked mussels stored under frozen conditions

Nutrient	Amount per 100 g	Amount per Serving (70 g)
Total Energy	246.01 K.cal	50 K.cal
Energy from Fat	77.13 K.cal	0 K.cal
Total Fat	15.57 g	0 g
Saturated Fat	5.08 g	0 g
Cholesterol	71.13 mg	5 mg
Protein (%N x 6.25)	17.28 g	4 g
Carbohydrate	4.94 g	9 g
Dietary Fiber	2.33 g	<1 g
Sugar	0.55 g	<1 g
Sodium	526.3 mg	125 mg
Vitamin A (μg)	Not detected	0.00 (μg)
Vitamin B1	Not detected	0.00 mg
Vitamin B2	0.20 mg	0.00 mg
Calcium	137.142 mg	37.03 mg
Iron	14.975 mg	0.39 mg
Potassium	81.111 mg	
Ash	2.52 g	-
Moisture	66.69 g	-

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่อบชีสเพื่อเพิ่มมูลค่า โดยเปรียบเทียบผลของเนย 4 ชนิด ได้แก่ สูตร A (Premium Pure Butter), สูตร B (Margarine), สูตร C (Compound Butter) และ สูตร D (Salted Butter) พบว่า ชนิดของเนยมีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ในด้านประสาทสัมผัส สูตร A (Premium Pure Butter) ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้าน ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ทั้งนี้เนยจืดแท้มีกรดไขมันสายสั้นให้กลิ่นหอมธรรมชาติมากกว่า จึงช่วยเพิ่มรสชาติที่กลมกล่อมและกลิ่นหอมของชีสได้ดีกว่าสูตรที่ใช้เนยเทียมหรือเนยผสม ในด้านคุณภาพทางกายภาพและเคมี พบว่าผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่อบชีสทุกสูตรมีค่า water activity (aw) อยู่ระหว่าง 0.90–0.95 ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์บางชนิดยังสามารถเจริญได้ จึงจำเป็นต้องเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ การเก็บผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่บดแสงที่อุณหภูมิ -20°C ช่วยคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีที่สุด โดยเฉพาะสูตร A ซึ่งคงลักษณะเนื้อสัมผัสและสีได้ดี ไม่เกิดกลิ่นหืน และมีค่าดัชนีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ TVB-N 15.23 mg/100 g และ TBARS 0.45 mg MDA/kg หลังเก็บรักษา 30 วัน อีกทั้งปริมาณจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 314 ปี พ.ศ. 2553 หอยปรุงรส ตลอดจนการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน เนื่องจากมีการควบคุมกระบวนการผลิตให้ถูกสุขลักษณะในทุกขั้นตอนตามมาตรฐาน GMP นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่อบชีส เป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานสูงถึง 166.01 กิโลแคลอรี จัดเป็นอาหารที่ไม่ใช่พลังงานต่ำ ดังนั้นผู้บริโภคจึงควรบริโภคแต่น้อยและออกกำลังกายเพื่อสุขภาพที่ดี

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะประมง คณะผู้วิจัยขอขอบคุณที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้รวมถึงคณาจารย์และเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามันที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: รติวรรณ มีทอง. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: จรรตกร รอดอยู่, ธนศ อินตัน, ภูดินทร์ ทองพร้อม ภาสกร กิ่งวัชรพงศ์, ทนง เอี้ยวศิริ. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: รติวรรณ มีทอง, ทนง เอี้ยวศิริ. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิมและการมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: รติวรรณ มีทอง. การให้การสนับสนุนเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ และ ครุภัณฑ์: ทนง เอี้ยวศิริ.

เอกสารอ้างอิง

- AOAC International. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 17th Ed. AOAC International, USA.
- Bekhit, A. E. D., Giteru, S. G., Holman, B. W. B., & Hopkins, D. L. (2021a). Total volatile basic nitrogen and trimethylamine in muscle foods: potential formation pathways and effects on human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 3620-3666. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12764>.
- Bekhit, A. E. D., Giteru, S. G., Holman, B. W. B., & Hopkins, D. L. (2021b). Total volatile basic nitrogen (TVB-N) and its role in meat spoilage: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 109(1), 280-302. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.006>.
- Chanakot, B., Wichchukit, S., & Nakthong, S. (2022). Study on quality and shelf life of mozzarella cheese made in small scale enterprise. *Agricultural Science and Management*, 5(2), 28-37. (in Thai). <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/JASM/article/view/137>.
- Codex Alimentarius Commission. (2003). *Guidelines for the Production, Processing, and Distribution of Seafood*. FAO/WHO.
- Cheng, J. H., Sun, D. W., Zeng, X. A., & Han, Z. (2014). Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(1), 52-61. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12043>.
- Conway, E. J., & Byrne, A. (1933). An absorption apparatus for the micro-determination of certain volatile substances: The micro-determination of ammonia. *Biochemical Journal*, 27(2), 419-429. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1252897/>.
- De Roos, K. B. (2003). Effect of texture and microstructure on flavour retention and release. *International Dairy Journal*, 13(8), 593-605. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00108-0).

- Di Monaco, R., Cavella, S., & Masi, P. (2008). Predicting sensory cohesiveness, hardness and springiness of solid foods from instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*, 39(2), 129-149. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2008.00134.x>.
- Goulas, A. E., Chouliara, E., Nessi, E., Kontominas, M. G., & Savva, I. N. (2005). Microbiological, biochemical and sensory assessment of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) stored under modified atmosphere packaging. *Journal of Applied Microbiology*, 98(3), 752-760. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02512.x>.
- IBM Corp. (2020). *IBM SPSS Statistics (Version 27) (Computer Software)*. <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>.
- Ishiwatari, N., Fukuoka, M., & Sakai, N. (2013). Effect of protein denaturation degree on texture and water state of cooked meat. *Journal of Food Engineering*, 117(3), 361-369. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.03.013>.
- Kanpairo, K. (2023). Effect of cooking methods on quality and shelf life of ready-to-eat cooked betong chicken meat during refrigerated storage. *Ubon Ratchathani Journal of Science and Technology*, 25(3), 34-44. (in Thai). https://li01.tci-thaijo.org/index.php/sci_ubu/article/view/257778/177043.
- Kingwascharapong, P., Petsong, K., Karnjanapratum, S., & Pongsetkul, J. (2022). Development and characterization of Thai fish cake (Tod Mun Pla) fortified with sago palm weevil larvae (*Rhynchophorus ferrugineus*). *Current Applied Science and Technology*, 22(6), 1-10. <https://doi.org/10.55003/cast.2022.06.22.011>.
- Lohalagsanadet, S., & Kachenphakdee, N. (2011). Study on shelf life of seasoned fried soft shell crab products. *Journal of Fisheries Technology Research*, 5(2), 105-110. (in Thai).
- Lucey, J., Johnson, M., & Horne, D. (2003). Invited review: perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86(9), 2725-2743. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73869-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73869-7).
- Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2008). *Agricultural Commodity Standards ACFS 7018-2550*, pp. 2-9. National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. (in Thai).
- Ministry of Public Health. (2018). *Ministry of Public Health Announcement no. 416 on Ready-to-eat Food, Pre-cooked Frozen Food that Must be heated before Consumption*. Food Division. (in Thai).
- Paredes, J., Cortizo-Lacalles, D., Miren Imaz, A., Aldazabal, J., & Vila, M. (2022). Application of texture analysis methods for the characterization of cultured meat. *Scientific Reports*, 12(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07785-1>.
- Patel, A. R., & Dewettinck, K. (2016). Edible oil structuring: an overview and recent updates. *Food & Function*, 7(1), 20-29. <https://doi.org/10.1039/C5FO01006C>.
- Pearson, D. (1976). *The Chemical Analysis of Foods*. 7th Ed. Churchill Livingstone.
- Thai Industrial Standards Institute. (2010). *Community Product Standard: Ready-to-eat Seasoned Mollusks (TIS 314/2010)*. Ministry of Industry. (in Thai).
- Thanakrich. (2020). *Food and Beverage Shelf-life Extension Techniques: Appropriate and Consistent with Current Situation and Future Trends*. Retrieved from: <https://humanecology.stou.ac.th/blog/fbnutr5/>. (in Thai).
- U.S. Food and Drug Administration. (2022). *Water Activity (a_w) in Foods*. Food and Drug Administration.
- Wongwichian, C., Nounmusig, J., & Sungpud, J. (2019). Effects of vacuum packaging and low temperature storage on the quality of cooked blue swimming crab meat (*poranus pelagicus*). *Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal*, 11(1), 1-17. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsvrj/article/view/178193/126742>. (in Thai).
- Yuangyai, W., Chansombon, C., Thanasrisutarat, A., & Pattaravivat, J. (2023). *Optimization of Process Conditions for Fried Salted Walking Catfish Stick (NIH Publication No. 64 1 0704 64078 02)*. Department of Fisheries. https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20230427102456_1_file.pdf. (in Thai).