รายงานวิจัย

ผลของสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว

Effect of Packaging Condition on Quality Change of Cooked Squid Stuffed with Sticky Rice Product

กมลทิพย์ กรรไพเราะ
ภารดี พละไชย
พลภัทร ไชยนิมิต

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปี 2565
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานวิจัย

ผลของสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของ
ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว

Effect of Packaging Condition on Quality Change of Cooked Squid Stuffed with Sticky Rice Product

กมลทิพย์ กรรไพเราะ
ภารดี พละไชย
พลภัทร ไชยนิมิต

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปี 2565
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หัวข้อวิจัย ผลของสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว
ชื่อผู้วิจัย กมลทิพย์ กรรไพเราะ ภารดี พละไชย และพลภัทร ไชยนิมิต
คณะ/หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัย ราชภัฏยะลา
ปีงบประมาณ 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการบรรจุผลของสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว 3 ชุดการทดลองคือ 1) การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ 2) การบรรจุแบบสุญญากาศ และ 3) การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศ 50%O_2 :25%CO_2 : 25%N_2 เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 วัน ผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่เก็บในสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวมีค่าพีเอช ค่า TVB-N ค่า TMA-N และค่า TBA เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น จากคุณสมบัติทางจุลชีวเคมีสรุปได้ว่า การบรรจุปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวในสภาวะบรรยากาศ มีอายุการเก็บรักษา 12 วัน การบรรจุปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวในสภาวะดัดแปรบรรยากาศ มีอายุการเก็บรักษา 18 วัน และสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวคือ บรรจุในสภาวะสุญญากาศ อายุการเก็บรักษาได้ถึง 21 วัน ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส โดยที่คุณภาพยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คนโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สีของปลาหมึก เนื้อสัมผัสของปลาหมึก ความนุ่มของข้าวเหนียว รสชาติและความชอบรวม เท่ากับ 7.10, 7.11, 7.05, 7.17, 7.40 และ 7.51 ตามลำดับ อยู่ในระดับชอบมาก

คำสำคัญ : ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว, บรรจุภัณฑ์, สภาวะการบรรจุ, การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

Research Title Effect of Packaging Condition on Quality Change of Cooked Squid Stuffed with Sticky Rice Product
Researchers Kamontip Kanpairo, Paradee Phalachai and Pollapat Chainimit
Faculty Science Technology and Agricultural
University Yala Rajabhat University
Year 2022

ABSTRACT

The objectives of this research were to study the effect of packaging conditions on quality change of cooked squid stuffed with sticky rice product; 1) atmospheric packing 2) vacuum packing, and 3) modified atmosphere packing under 50%O2, 25%CO2: 25% N2, were prepared and stored in cool (4±2 °C) for 30 days. The results showed that the storage period had a statistically significant effect on the total microbial content of cooked squid stuffed with sticky rice products (p<0.05). There was an increase in the total number of microorganisms at the end of the experiment when stored under atmospheric, vacuum and modified atmosphere packing. It showed that pH, TVB-N, TMA-N, and TBA increased with a longer storage period. From the microbiochemical properties, the shelf life of cooked squid stuffed with sticky rice product stored at 4±2 °C was 12 days in atmosphere packaging, and 18 days in modified atmosphere packaging, the optimum condition for storage of cooked squid stuffed with sticky rice product was vacuum packaging, which kept for 21 days at 4±2 °C and the quality was still within the standard. From the consumer acceptance test of 100 people using the 9-point hedonic scale method, it was found that the average liking scores for appearance, the color of cooked squid stuffed, the texture of cooked squid stuffed, the texture of sticky rice, taste, and overall liking of cooked squid stuffed with sticky rice product was 7.10, 7.11, 7.05, 7.17, 7.40 and 7.51, respectively, on a very like level.

Keywords : Cooked squid stuffed with sticky rice product, Packaging, Packaging Condition, Quality Change

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ซึ่งได้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย ส่งเสริมให้เกิดกระบวนการในการดำเนินการวิจัย ทำให้การวิจัยดำเนินไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ หลักสูตรการประกอบอาหารฮาลาลและหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ เพื่อใช้ในการดำเนินวิจัย

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลาในการเสนอแนะ ให้ข้อคิดเห็น และติดตามให้การทำวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้

การวิจัยครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จะได้นำไปเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัย หากมีข้อผิดพลาดประการใดในการทำวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอน้อมรับ เพื่อนำมาพัฒนาต่อไป

ขอขอบคุณในความร่วมมืออันดียิ่ง

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และคณะ

(2565)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
วัสดุ/อุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือ และวิธีการ	14
วิธีดำเนินการวิจัย	15
การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้	17
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
ศึกษาการผลิตปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)	18
ผลการทดสอบผู้บริโภคทั่วไปเกี่ยวกับตูปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)	18
การประเมินอายุการเก็บรักษา	23
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
สรุป	34
ข้อเสนอแนะ	34
เอกสารอ้างอิง	35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ 39

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์คุณลักษณ์ทางเคมี 40

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์ 43

ภาคผนวก ง. แบบสอบถามทางประสาทสัมผัส 45

ประวัติผู้วิจัย 48

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)	19
4.2	ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)	20
4.3	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)	21
4.4	ผลของความพอดี (JAR) ของผู้บริโภคที่มีต่อปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)	22
4.5	ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ	33

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	กระบวนการผลิตปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)	15
4.1	ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)	18
4.2	การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)	23
4.3	ผลความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ	24
4.4	ผลค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ	26
4.5	ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ	27
4.6	ปริมาณไตรเมททิลเอมีน (TMA) ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ	29
4.7	ปริมาณปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ (TBA) ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ	30

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ผลิตภัณฑ์หมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) เป็นอาหารพื้นเมืองชนิดหนึ่งของจังหวัดชายแดนภาคใต้ของไทย ตะปะซูตง หรือ ตูปะซูตง เป็นภาษาถิ่นมาลายู ตูปะ (หรือ ตูป๊ะ, ตูปัต) หมายถึง ข้าวต้มใบกระพ้อ มีลักษณะเป็นข้าวเหนียวห่อใบกระพ้อแล้วนำไปต้มคล้ายข้าวต้มมัด, ซูตง หมายถึง ปลาหมึก เมื่อรวมกันจึงหมายถึงปลาหมึกยัดไส้ข้าวเหนียวต้มหวาน นิยมรับประทานเป็นอาหารกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีรสชาติดี และมีคุณค่าโภชนาการ ส่วนใหญ่มักผลิตรับประทานในครอบครัว เพื่อจำหน่ายปลีกหรือจัดเป็นอาหารในงานเลี้ยงเทศกาลต่างๆ โดยมักบริโภคทันทีหลังปรุงเสร็จ (อมมี เบญจมะและคณะ., 2559) จากการทำโครงการบริการวิชาการ ด้านการพัฒนาสินค้าผลิตภัณฑ์ชุมชน (ตามแนวทางคูปองวิทย์เพื่อโอทอป) ประจำปี 2564 ให้กับทางกลุ่มวิสาหกิจแปรรูปอาหารฮาลาล อ.ยะหา จ.ยะลา เรื่องการพัฒนาสูตรและสร้างมาตรฐานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว ทีมผู้วิจัยได้ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนากระบวนการผลิต การศึกษาข้อมูลโภชนาการ เพื่อสร้างแนวการผลิตปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่ได้มาตรฐาน รวมทั้งศึกษาอายุการเก็บรักษาให้กับกลุ่มผู้ประกอบการโดยใช้วิธีการแช่แข็ง ซึ่งวิธีดังกล่าวให้ผลดีในด้านระยะเวลาการเก็บรักษาที่สามารถเก็บได้มากกว่า 3 เดือน แต่เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาคืนรูปก่อนรับประทานพบว่า เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปจากเดิม ทีมผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นี้ในรูปแบบอื่น เมื่อพิจารณาถึงคุณลักษณะเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวพบว่า อาหารชนิดนี้มีอายุการเก็บรักษาสั้น การเสื่อมเสียส่วนใหญ่มีสาเหตุหลักมาจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนได้ตั้งแต่กระบวนการผลิต การขนส่ง และการจำหน่าย การเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิต่ำเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งการใช้อุณหภูมิที่ต่ำมากเกินไปจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค จึงต้องมีการใช้เทคนิคอื่นเข้ามาร่วมด้วย จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า การบรรจุภายใต้สภาวะการดัดแปรบรรยากาศในภาชนะบรรจุ เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่ใช้อย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท เช่น ผักและผลไม้ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ข้อดีของเทคนิคนี้คือ สามารถชะลอการเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ จากงานวิจัยของ สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และชุตินุช สุจริต, (2562) ที่ศึกษาผลของสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อหอยตลับลวก (*Meretrix casta,* Chemnitz, 1782) พบว่า เนื้อหอยตลับลวกที่เก็บในสภาวะสุญญากาศ, สภาวะดัดแปรบรรยากาศ และสภาพบรรยากาศปกติ (ตัวอย่างควบคุม) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา เคมี และประสาทสัมผัสสรุปได้ว่า เนื้อหอยตลับลวกที่บรรจุในสภาวะดัดแปรบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุในสภาวะบรรยากาศและสภาวะสุญญากาศ จากงานวิจัยข้างต้นจึงนำไปสู่แนวคิดการบรรจุภายใต้สภาวะการดัดแปรบรรยากาศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ได้นานที่สุด ซึ่งสามารถนำผลจากงานวิจัยไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาสภาวะการบรรจุและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาหมึกยัดไส้ข้าวเหนียว 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50% O_2 : 25% CO_2 : 25% N_2 ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ เพื่อหาระยะเวลาการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงระยะเวลาการการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาหมึกยัดไส้ข้าวเหนียวในสภาวะการเก็บรักษาในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์

นิยามศัพท์เฉพาะ

ตูปะซูตง เป็นภาษาถิ่นมาลายู ตูปะ (หรือ ตูป๊ะ, ตูปัต) หมายถึง ข้าวต้มใบกระพ้อ มีลักษณะเป็นข้าวเหนียวห่อใบกระพ้อแล้วนำไปต้มคล้ายข้าวต้มมัด, ซูตง หมายถึง ปลาหมึก เมื่อรวมกันจึงหมายถึงปลาหมึกยัดไส้ข้าวเหนียวต้มหวาน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

ผลิตภัณฑ์หมึกสอดไส้ข้าวเหนียว เป็นอาหารพื้นเมืองชนิดหนึ่งของจังหวัดชายแดนภาคใต้ของไทย ตะปะซูตง หรือ ตูปะซูตง เป็นภาษาถิ่นมาลายู ตูปะ (หรือ ตูป๊ะ, ตูปัต) หมายถึง ข้าวต้มใบกระพ้อ มีลักษณะเป็นข้าวเหนียวห่อใบกระพ้อแล้วนำไปต้มคล้ายข้าวต้มมัด,ซูตง หมายถึง ปลาหมึก เมื่อรวมกันจึงหมายถึงปลาหมึกยัดไส้ข้าวเหนียวต้มหวาน นิยมรับประทานเป็นอาหารกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมี รสชาติดี และมีคุณค่าโภชนาการ ส่วนใหญ่มักผลิตรับประทานในครอบครัว เพื่อจำหน่ายปลีกหรือจัดเป็น อาหารในงานเลี้ยงเทศกาลต่างๆ โดยมักบริโภคทันทีหลังปรุงเสร็จ (อมมี เบญจมะและคณะ., 2559) ส่วนผสมที่ใช้คือ ปลาหมึก ข้าวเหนียว กะทิ น้ำตาลปี๊บ/น้ำตาลทราย และเกลือ ซึ่งอาหารชนิดนี้มีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากส่วนผสมที่ใช้เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์

วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

1. ปลาหมึกกล้วย หมึกกล้วย (*Loligo* spp.) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังจัดอยู่ในไฟลัม Mollusca อาศัยอยู่ในทะเลทั้งหมด รูปร่างแบ่งออกเป็นส่วนหัวและลำตัว ไม่มีเปลือกหุ้มภายนอก ตาอยู่บริเวณส่วนหัว มีรยางค์รอบปาก 4-5 คู่ เรียกว่า หนวด (tentacle) เป็นสัตว์น้ำที่ได้รับความนิยมในการบริโภค เนื่องจากให้คุณค่าทางโภชนาการสูง มีรสชาติ และเนื้อสัมผัสที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว โดยในปี2559 ประเทศไทยมีผลผลิตโดยรวมจากหมึกมากถึง 109 ตัน สร้างมูลค่า สูงถึง 11,709.5 ล้านบาท (สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2563) ปลาหมึกเป็นเนื้อสัตว์อีกประเภทหนึ่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเช่น เกลือแร่ กรดไขมันโอเมก้า 3 วิตามินอี docosahexaenoic acid (DHA) และ Eicosapentanoic (EPA) ในปริมาณสูง และมีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลายประเภทเช่น ปลาหมึกบรรจุกระป๋อง ปลาหมึกแช่แข็ง ปลาหมึกแห้ง ปลาหมึกทอด และปลาหมึกกรอบปรุงรส เป็นต้น

2. น้ำกะทิ กะทิเป็นของเหลวสีขาวขุ่นที่ได้จากการบีบคั้นเนื้อมะพร้าวขูด อาจเติมน้ำหรือไม่เติมก็ได้กะทิมีลักษณะเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion) ซึ่งหมายถึง ของเหลวที่มีลักษณะของอนุภาคน้ำมัน กระจายอยู่ในส่วนที่เป็นน้ำ และถูกล้อมรอบหรือห่อหุ้มด้วยโปรตีน สภาพอิมัลชันดังกล่าวแสดงถึงระบบที่มีแรงตึงผิว (interfacial tension) ต่ำ ระหว่างโมเลกุลของน้ำ และน้ำมัน เพราะมีโปรตีนเป็นตัวลดแรงตึงผิว สัดส่วนองค์ประกอบได้จากการ บีบเนื้อมะพร้าวโดยไม่เติม

น้ำ ประกอบไปด้วย โปรตีนร้อยละ 2.6-4.4 น้ำร้อยละ 50-54 ไขมันร้อยละ 32-40 และเถ้าร้อยละ 1-1.5 (เอกสิทธิ์ อ่อนสะอาด, 2540) นิยมนำมาใช้ในส่วนผสมหนึ่ง ของการประกอบอาหารทั้งคาวและหวาน โดยเฉพาะในแถบทวีปเอเชียนิยมใช้กะทิอย่างมากในประเทศไทย กะทิถือเป็นสัญลักษณ์ของไทย ซึ่งสามารถนำไปประกอบอาหารคาวหวาน

กะทิเป็นผลิตผลที่สำคัญจากมะพร้าวที่ได้จากการบีบหรือคั้นเนื้อมะพร้าวขูด โดยอาจมีการเติมน้ำหรือไม่ก็ได้ กะทิมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวขุ่นคล้ายนม มีกลิ่นรสเฉพาะตัวของมะพร้าว สัดส่วนขององค์ประกอบในกะทิขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น สายพันธ์ อายุสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโต กระบวนการเตรียมและวิธีการแยกกะทิ องค์ประกอบของกะทิที่ได้มาจากการบีบเนื้อมะพร้าวขูดโดยไม่เติมน้ำประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 50.0-54.0 ไขมันร้อยละ 32.0-40.0 โปรตีนร้อยละ 2.8-4.4 เถ้าร้อยละ 1.0-1.5 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5.5-8.3 Buccat *et al.* (1973) รายงานค่า pH ของน้ำกะทิอยู่ระหว่าง 5.8-6.39 โดยวัดที่ช่วงอุณหภูมิ 10-80 องศาเซลเซียส จึงถือว่ากะทิเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low-acid food)

3. ข้าวเหนียว ข้าวเหนียว (Glutinous Rice) เป็นข้าวชนิดหนึ่ง เป็นพืชตระกูลหญ้า มีอายุสั้นเพียงฤดูเดียว เจริญเติบโตได้ง่ายๆ เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก ลำต้นตั้งตรง ลำต้นมีลักษณะกลมเล็กๆ มีข้อและปล้องกลวง ช่วงโคนต้นมีข้อและปล้องสั้นกว่า และยาวขึ้นเรื่อยๆ มีเปลือกหนา มีขนหยาบๆปกคลุม ต้นมีสีเหลืองนวล สีเขียว ผลเป็นเมล็ด อยู่เป็นช่อ มีลักษณะทรงรีเล็กๆ มีเปลือกแข็งแห้งหุ้มเมล็ด เปลือกเมล็ดอ่อนมีสีเขียว เปลือกเมล็ดแก่มีสีเหลืองทอง สีม่วงแดง ตามสายพันธุ์ ข้างในมีเมล็ดแข็งมาก มีสีขาวขุ่น สีดำ ตามสายพันธุ์ ข้าวเหนียวหุงสุกแล้ว เมล็ดจะเหนียวติดกันเหมือนกาว มีกลิ่นหอม มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย มีปลูกกันในเขตร้อนหลายประเทศทั่วโลก ในประเทศไทยมีปลูกหลายสายพันธุ์ มีประโยชน์และสรรพคุณ ทางยาหลายอย่าง นำมารับประทาน นำมาประกอบอาหารต่างๆ หลายเมนู

การเสื่อมเสียของอาหาร (สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2558)

การที่อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะและคุณภาพในทางที่ไม่ต้องการซึ่งรวมถึงสี กลิ่น รส รูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร และคุณค่าทางโภชนาการ ตลอดจนความปลอดภัยของผู้บริโภค หรือในบางกรณีอาหารที่เสื่อมเสียอาจจะเป็นอาหารที่มีอันตรายต่อผู้บริโภคขั้นเจ็บป่วยหรือเสียชีวิต สาเหตุหลักที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียแบ่งได้ 3 ประเภท คือ การเสื่อมเสียทางกายภาพ การเสื่อมเสียทางเคมี และการเสื่อมเสียทางจุลชีววิทยา

การเสื่อมเสียทางกายภาพ

อาหารนอกจากเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์และทางเคมีแล้ว ยังสามารถเกิดการเสื่อมเสียทางกายภาพได้อีกทางหนึ่งด้วย โดยลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไปของอาหารนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญ ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงการเสื่อมเสียทางกายภาพได้ เนื้อสัมผัสเป็นกลุ่มของคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งเกิด

จากโครงสร้างภายในของอาหาร โดยเกิดจากความรู้สึกของการสัมผัสเป็นอย่างแรก ซึ่งสัมพันธ์กับการเสียรูป การแตกตัว และการไหลของอาหารภายใต้แรงกด ซึ่งสามารถชี้ให้เห็นถึง ความสำคัญสามประการของเนื้อสัมผัสได้ คือคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส โครงสร้างพื้นฐานของอาหาร และคุณสมบัติอื่นๆ ซึ่งประกอบไปด้วยความอ่อนนุ่ม ความเหนียว ความกรอบ ความฉ่ำ ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้ริโภคเป็นอย่างมาก

การเสื่อมเสียทางเคมี

อาหารที่มีการเสื่อมเสียทางเคมีส่วนใหญ่นั้น มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารตามธรรมชาติภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม อาหารทุกชนิดที่มีแหล่งมาจากพืชและสัตว์นั้นมี เอนไซม์เป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย เอนไซม์จะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพของอาหาร โดยจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีในอาหาร ถ้าในกระบวนการแปรรูปอาหารต่างๆ ไม่มีการทำลายปฏิกิริยาของเอนไซม์แล้ว จะมีผลนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เป็นสภาพที่เกี่ยวกับการเน่าเสียของอาหารได้อย่างชัดเจน ดังนั้นถ้าต้องการเก็บรักษาอาหารไว้ได้เป็นเวลานาน ควรทำลายเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารนั้นเสียก่อน

ในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาของอาหาร นอกจากจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหลายอย่างเกิดขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับส่วนประกอบภายในของอาหาร และปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมภายนอก การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นสาเหตุของการเน่าเสียและอายุการเก็บรักษาลดลง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่สำคัญที่สุดจะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาที่อาศัยเอนไซม์ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะลิปิดออกซิเดชันที่ก่อให้เกิดการเหม็นหืนระหว่างการเก็บรักษาซึ่งนำไปสู่ผลที่ไม่พึงประสงค์เช่น การสูญเสียวิตามิน การเปลี่ยนแปลงสี และการเสื่อมค่าของโปรตีน อัตราของออกซิเดชันของไขมันเกิดได้จากหลายปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจน และน้ำอิสระ (a_w)

การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสีย ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์และรา ซึ่งจะพบอยู่ทั่วไปในดิน น้ำ และอากาศ รวมทั้งในอาหาร เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตอาหาร เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม กล่าวคือ มีอุณหภูมิ ความชื้น ระดับ pH และอาหารของจุลินทรีย์เพียงพอ ก็จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตจนทำให้อาหารเสื่อมเสียได้ การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากสาเหตุทางจุลินทรีย์มี ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่องค์ประกอบของอาหารซึ่งเป็นตัวกำหนดชนิดของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ วิตามิน และสารช่วยเจริญก็ยังเป็นตัวช่วยให้จุลินทรีย์ชนิดใดชนิดหนึ่งเจริญหรือไม่เจริญในอาหารนั้นๆ ด้วย สามารถแบ่งชนิดของจุลินทรีย์ตามการใช้ออกซิเจนได้เป็น 3 กลุ่ม คือจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ (Obligate Aerobe) จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ (Obligate Anaerobe) และจุลินทรีย์ที่ใช้และไม่ใช้อากาศ

(Facultative Anaerobe) ดังนั้น หากเก็บอาหารไว้ในสภาวะที่มีปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนต่างกัน ชนิดของจุลินทรีย์ที่จะเจริญ และทำให้อาหารเสื่อมเสียย่อมแตกต่างกันไปด้วย ด้านอุณหภูมิสามารถแบ่งจุลินทรีย์ตามความชอบในการเจริญที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ดังนี้ เทอร์โมไฟล์ (Thermophile) เจริญได้ที่อุณหภูมิสูง มีโซไฟล์ (Mesophile) เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง และไซโครไฟล์ (Psychrophile) เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำและไซโครโทรพ (Psychrotroph) เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำมากที่อุณหภูมิสูงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารจะสั้นกว่าสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้เพราะอัตราการเจริญของจุลินทรีย์จะสูงกว่า และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมีจะสูงถึง 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส ปัจจัยทั้งนี้มีอิทธิพลร่วมกันในการกำหนดชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่เจริญขึ้นในอาหาร

เทคโนโลยีเฮอร์เดิล (hurdle technology) (ชิดชนก ศุขศรีไพศาล, 2559)

เทคโนโลยีเฮอร์เดิล (hurdle technology) เป็นการนำปัจจัยหรือวิธีการต่างๆ มาใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสมในอาหารแต่ละชนิด เพื่อเพิ่มความคงตัว (stability) ความปลอดภัย และคุณภาพของอาหาร เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร และยังสามารถคง คุณลักษณะที่ดีทางประสาทสัมผัสไว้ได้ เฮอร์เดิลหรือปัจจัย เช่น การใช้ความร้อน การทำแห้ง การใช้สารกันเสีย การหมัก การลดปริมาณน้ำอิสระ การฉายรังสี รวมถึงการใช้เทคโนโลยีด้านบรรจุภัณฑ์ที่ ยืดอายุการเก็บรักษา ต้องสามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ปกติในอาหารแต่ละชนิดนั้นได้ การใช้ผลของเฮอร์เดิลอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถก้าวข้ามปัจจัยที่นำมาใช้ ไม่เช่นนั้นอาหารจะเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และอาจทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้ โดยปัจจัยที่มีผลต่อจุลินทรีย์ และนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยเทคโนโลยีเฮอร์เดิล ส่วนใหญ่จะสามารถยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ รวมทั้งการทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตช้าลง แบ่งออกได้ดังนี้

- ปัจจัยภายใน (intrinsic factors) ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพและเคมีที่อยู่ในตัวอาหาร ซึ่งสัมผัสกับจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ โดยที่จุลินทรีย์ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้
- ปัจจัยกระบวนการผลิต (processing factors) ได้แก่วิธีการต่างๆ ที่จงใจนำมาใช้กับอาหาร เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร
- ปัจจัยภายนอก (extrinsic factors) ได้แก่ ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อจุลินทรีย์ในอาหาร ที่ใส่เข้าไปจากภายนอกอาหารและมีประสิทธิภาพในระหว่างการเก็บรักษาอาหาร
- ปัจจัยที่มีอยู่ (implicit factors) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวของกับธรรมชาติของจุลินทรีย์ที่ปรากฏและมีปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน ภายในสภาพแวดล้อมที่จุลินทรีย์นั้นสัมผัสในระหว่างการเจริญเติบโต
- ปัจจัยของผลโดยรวม (net effects) ซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการมีปัจจัยหลายปัจจัยที่ มีผลซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดการรวมกัน (combinations) ของปัจจัยที่อาจจะไม่สามารถทำนายผลได้แน่นอน แต่คาดว่าอาจจะมีผลมากกว่าปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงปัจจัยเดียว

การเลือกใช้เฮอร์เดิลที่เหมาะสม นอกจากจะช่วยปรับปรุงความคงตัวและความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังช่วยทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ และความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์เพิ่มขึ้นอีกด้วย

การแช่เย็นอาหาร (ธีรวัฒน์ อภิปรัชญาฐิติกุล, 2554; สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2549)

อุณหภูมิต่ำจะมีผลในการลดปฏิกิริยาทางเคมีและการทำงานของเอนไซม์ ลดอัตราเมตาบอลิซึมของเซลล์จุลินทรีย์ ทำให้ยับยั้งการเจริญแต่ไม่ได้ฆ่าหรือทำลายจุลินทรีย์ วิธีนี้จึงใช้ในการถนอมผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อให้เก็บรักษาได้นานขึ้น การใช้อุณหภูมิต่ำสามารถควบคุมจุลินทรีย์ โดยแบ่งออกได้หลายช่วงคือ การใช้ช่วงอุณหภูมิ 10-20 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่อยู่ที่ 15 องศาเซลเซียส มักใช้กับอาหารพวกผักผลไม้ การใช้ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 4-12 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่อยู่ที่ 8 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิของตู้เย็นทั่วไป ความเย็นระดับนี้จุลินทรีย์ที่เจริญได้ คือ แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (psychrophiles) ซึ่งตามปกติอาหารแช่เย็น ไม่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียประเภทที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (mesophiles) แต่เหมาะสมกับแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (psychrophiles) หรือแบคทีเรียที่ปรับตัวเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ (psychrotrophs)

จุลินทรีย์สามารถเจริญที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากองค์ประกอบของไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์ ส่วนมากประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวและกรดไขมันโมเลกุลสั้น กรดไขมันเหล่านี้มีจุดหลอมเหลวต่ำ จึงคงสภาวะเป็นของเหลวแม้ว่าจะมีอุณหภูมิต่ำก็ตาม เป็นผลให้เยื่อหุ้มเซลล์ยังทำงานได้และยอมให้สารอาหารและเอนไซม์บางชนิดผ่านเข้าสู่เซลล์ ในการทำลายจุลินทรีย์ โปรตีนและเอนไซม์มักเป็นเป้าหมายสำคัญ เพราะเป็นส่วนที่ไวต่อความร้อน ยกเว้นแบคทีเรียบางชนิดที่ทนความร้อน เช่น แบคทีเรียจำพวก pseudomonads จะสร้างเอนไซม์ไลเปส (lipase) และ โปรตีเอส (protease)ที่ทนความร้อนขึ้นมา นับเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้นมสดพาสเจอไรซ์ที่เก็บไว้นานเสื่อมคุณภาพ สำหรับแบคทีเรียจำพวก mesophiles แม้ว่าจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลางก็ตาม แต่ที่อุณหภูมิต่ำ แบคทีเรียกลุ่มดังกล่าวจะเจริญช้าหรือหยุดเจริญโดยที่ยังไม่ตาย การแช่เย็นแบบเร็ว (rapid cooling) มีผลทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า cold shock หรือการได้รับความเย็นจัดในทันทีทันใด ทำให้แบคทีเรียบาดเจ็บและตายได้มากกว่าการแช่เย็นแบบค่อยเป็นค่อยไป ซึ่งแบคทีเรียมีโอกาสปรับตัวได้มากกว่า

เนื่องจากเทคนิคการแช่เย็นแบบธรรมดาไม่ได้มุ่งทำลายแบคทีเรีย ดังนั้นจึงมีแบคทีเรียจำนวนหนึ่งรอดชีวิตอยู่ได้ ด้วยเหตุนี้การใช้วัตถุดิบที่มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนมาน้อยและการเคลื่อนย้ายอาหารอย่างถูกหลักสุขอนามัย จึงมีความจำเป็นต่อการผลิตอาหารแช่เย็นที่มีความปลอดภัย แบคทีเรียจำพวก mesophiles ที่รอดชีวิตจากกระบวนการแช่เย็นอาจบาดเจ็บและต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งในการพักฟื้นกว่าจะแข็งแรงมีจำนวนมากพอที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค จึงต้องใช้เวลานาน และต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมด้วย ดังนั้นการแช่เย็นจึงเป็นเทคนิคหนึ่งในการถนอมอาหาร ที่สามารถป้องกันความเสี่ยงจากโรคอาหารเป็นพิษได้ในระดับหนึ่ง จากแบคทีเรียจำพวก mesophiles มิให้เพิ่ม

จำนวนขึ้นจนก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ แต่การแช่เย็นอาหารไม่สามารถประกันได้ว่าจะปลอดภัยจากแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ เพราะไม่สามารถกำจัดแบคทีเรียออกไปได้หมด นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียบางสายพันธุ์ที่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำด้วย ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตอาหารแช่เย็นจะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ และนำมาเป็นข้อพิจารณาในการจัดการความเสี่ยงสำหรับการจัดทำระบบคุณภาพ เพื่อเข้าถึงความปลอดภัยของอาหารในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมีประเด็นที่ต้องคำนึงถึงอีก เช่น ธรรมชาติของอาหารบางชนิดเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ หรือเกิดลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ขึ้น อาทิ การช้ำเนื่องจากความเย็น (cold injury) การฉีกขาดของเนื้อเยื่อหรือการสูญเสียความคงตัวของอาหาร ซึ่งจะมีผลให้จุลินทรีย์เข้าทำลายได้ง่าย

การยืดอายุการเก็บรักษา (สมหวัง เล็กจริง และสุนิสา ศิริพงศ์วุฒิกร, 2557)

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เป็นการบ่งบอกถึงระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์และมีความปลอดภัยจากการบริโภครวมถึงยังมีลักษณะทางประสาทสัมผัส เคมี กายภาพ และชีวภาพเป็นที่พึ่งพอใจและคงไว้ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการตามที่ได้ระบุไว้ในฉลากโภชนาการทั้งนี้ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขของการเก็บรักษาตามสภาวะที่เหมาะสม การควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นในขนมเป็นวิธีหนึ่งที่จะยืดอายุของขนมได้ แต่การใช้ระบบบรรจุภัณฑ์ที่สามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุ ของการเน่าเสียเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าจะสามารถเพิ่มอายุการเก็บได้อีก การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging, MAP) หมายถึง รูปแบบของการบรรจุแก๊สภายในภาชนะบรรจุมีอัตราส่วนเปลี่ยนแปลงไปจากอากาศปกติ ซึ่งในสภาวะดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุในอากาศปกติ จะทำให้มีผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ โดยเฉพาะการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ การเน่าเสียและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการสัมผัสกับออกซิเจน สภาวะเหมาะสมภายในบรรจุภัณฑ์ที่ปรับสภาพบรรยากาศ เพื่อชะลอการเจริญของเชื้อและชะลอการเสื่อมเสียจะแตกต่างกันตามชนิดของผลิตภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

บรรจุภัณฑ์คือ ภาชนะหรือโครงสร้างใดๆ ที่ใช้บรรจุหรือห่อหุ้มและรวบรวมผลิตภัณฑ์ให้เป็นหน่วย เพื่อนำส่งผลิตภัณฑ์ถึงผู้บริโภคในสภาพที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสื่อให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์แก่ผู้บริโภค และสามารถคุ้มครองผลิตภัณฑ์จากปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุในการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื่องจากเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะช่วยรักษาคุณภาพของอาหาร ป้องกันการปนเปื้อนภายนอก ยืดอายุการเก็บรักษาและใช้ในการโฆษณาทางการตลาด โดยบรรจุภัณฑ์ต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ ไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณค่าหรือด้อยคุณภาพลง ตัวบรรจุภัณฑ์ต้องไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร

สามารถป้องกันผลิตภัณฑ์จากความชื้น แสง อากาศ ฝุ่นละออง การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังช่วยเก็บรักษากลิ่นของผลิตภัณฑ์อาหารและไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของอาหารที่อาจเกิดจากสิ่งแปลกปลอมจากบรรยากาศซึมผ่านผิวของบรรจุภัณฑ์เข้าไปทำปฏิกิริยาหรืออาจเกิดจากกลิ่นที่อยู่ในอาหารถูกดูดซึมโดยบรรจุภัณฑ์หรือกลิ่นซึมผ่านออกสู่บรรยากาศภายนอก โดยการบรรจุควรทำทันทีหลังจากที่ผลิตภัณฑ์ออกจากการทำแห้งเพื่อป้องกันการดูดความชื้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์จับตัวเป็นก้อนทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง

ชนิดของบรรจุภัณฑ์

1. พลาสติกพอลิเอทิลีน (polyethylene: PE)

พลาสติกพอลิเอทิลีนเป็นพลาสติกที่ผลิตขึ้นมาจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของเอทิลีนมอนอเมอร์ มี 2 ชนิด ได้แก่ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) พลาสติกพอลิเอทิลีนเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุด ในอุตสาหกรรมการบรรจุเนื่องจากมีราคาถูก และมีสมบัติทางการบรรจุที่ดีหลายประการ พลาสติกพอลิเอทิลีนมีความเฉื่อยต่อสารเคมีค่อนข้างสูง มีความเป็นขั้วต่ำ ทำให้ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี แต่ยอมให้ออกซิเจนซึมผ่านได้ง่าย และป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ต่ำ

2. พลาสติกพอลิโพรพิลีน (polypropylene: PP)

พลาสติกพอลิโพรพิลีนทำมาจากเม็ดพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนยอมให้แสงผ่านได้ดี สามารถมองเห็นอาหารที่บรรจุอยู่ภายในได้ ทนความร้อนได้สูงกว่าพลาสติก พอลิเอทิลีนถึง 300 องศาฟาเรนไฮต์รับแรงดึงได้ถึง 100,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมีความเหนียว ทนทาน ในประเทศไทยใช้เม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีนเป่าเป็นถุงบรรจุเอนกประสงค์ ทั้งถุงร้อนและถุงเย็น เป็นต้น รูปแบบที่นิยมใช้คือ ถุงร้อน ฟิล์มใส ห่อหุ้มอาหารกันอากาศเข้ากล่องบรรจุอาหาร เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่น คือ น้ำหนักเบา โปร่งใส มีความยืดหยุ่นสูง สามารถนำไปต้มฆ่าจุลินทรีย์ได้ สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีทนต่อกรดและด่างได้ดีมาก สามารถขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ได้ง่ายและมีราคาถูก

การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศดัดแปร

การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศดัดแปร หมายถึง วิธีการที่ทำให้อากาศที่อยู่รอบๆ อาหารภายในบรรจุภัณฑ์มีส่วนประกอบที่แตกต่างไปจากส่วนประกอบของอากาศปกติหรือการบรรจุอาหารให้อยู่ใต้บรรยากาศของก๊าซชนิดต่างๆ หรือแม้กระทั่งไม่มีอากาศเหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์เลย

ประเภทของการบรรจุ

1. การบรรจุแบบสุญญากาศ

การบรรจุแบบสุญญากาศเป็นการบรรจุโดยดึงเอาอากาศที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ออก โดยไม่มีการพ่นก๊าซแทนที่ มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องการการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนได้แก่

ราทุกชนิดและแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน เช่น *Pseudomonas sp.* และป้องกันการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ต้องการออกซิเจน เช่น การเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชัน (lipid oxidation) การเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction)

2. การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศ

การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ หมายถึง การปรับองค์ประกอบบรรยากาศรอบๆ ผลิตภัณฑ์ให้แตกต่างจากองค์ประกอบของบรรยากาศปกติ โดยปรับองค์ประกอบของ บรรยากาศเฉพาะตอนเริ่มต้นของการเก็บรักษาเท่านั้น โดยทั่วไปในการปรับบรรยากาศนิยมใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) และออกซิเจน (O_2) เพียงชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดร่วมกัน เพื่อยับยั้งและชะลอการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ กลไกการทำงานของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือการเข้าแทนที่ก๊าซออกซิเจนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการอากาศ (Aerobic microorganism) ส่งผลให้ Lag phase ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ยังมีผลต้าน Pathogenic bacteria อีกทั้งเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ละลายน้ำจะให้กรดคาร์บอนิกซึ่งมีผลในการปรับสภาวะของเนื้อให้เป็นกรด การสลายตัวของกรดคาร์บอนิกอย่างรวดเร็ว จะได้เป็นเกลือไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และไฮโดรเจนไอออน (H^+) และประจุที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะไปมีผลต่อความสามารถในการซึมผ่านของของเหลวที่ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะกรดไขมันและกรดอะมิโน รวมทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อกระบวนการ metabolic pathways โดยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาของเอนไซม์จากแบคทีเรีย การบรรจุอาหารทะเลในภาชนะบรรจุที่ปรับสภาวะบรรยากาศให้ผลในการเก็บรักษาที่ดี เพราะอาหารทะเลมี myoglobine กว่าเนื้อแดง ซึ่งเนื้อแดงจะมีสีซีดลงจนเป็นสีน้ำตาลหากใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าร้อยละ 20 ในภาชนะบรรจุ ส่วนกลไกการทำงานของก๊าซไนโตรเจนนั้นถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาการยุบตัวของภาชนะบรรจุอาหารที่บรรจุด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณสูง เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายได้ในไขมันของเนื้อสัตว์ ดังนั้นก๊าซไนโตรเจนสามารถลดปัญหาดังกล่าวได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นก๊าซเฉื่อย ละลายในน้ำและไขมันได้ต่ำ เมื่อเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การใช้ MAP มักใช้ควบคู่กับการใช้ความเย็น ซึ่งควรใช้อุณหภูมิร่วมกับ MAP ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเจริญของ Clostridium botulinum ซึ่งเจริญได้ที่อุณหภูมิ 3.3 องศาเซลเซียส (สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2558)

การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศทำได้โดยการบรรจุอาหารในบรรจุภัณฑ์ที่มีการปรับสัดส่วนบรรยากาศ ภายในให้มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ ซึ่งในสภาพบรรยากาศปกติ อากาศประกอบด้วยก๊าซที่สำคัญ 3 ชนิดได้แก่ ไนโตรเจนร้อยละ 79 ออกซิเจนร้อยละ 20.9 และคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.03 ซึ่งก๊าซเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของอาหารดังนี้

- ออกซิเจน เป็นก๊าซที่สามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบต่างๆในอาหาร เช่น ไขมันและวิตามิน โดยอาหารที่มีไขมันสูงและอาหารที่สูญเสียวิตามินได้ง่ายควรบรรจุภายใต้บรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ออกซิเจนยังถูกใช้สำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศและรา การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อยกว่าร้อยละ 0.1 สามารถชะลอการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารจากการกระทำของจุลินทรีย์ดังกล่าวได้

- คาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยชะลอการเจริญ แต่ไม่ได้ทำลายหรือฆ่าจุลินทรีย์ โดยคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นอย่างน้อยร้อยละ 20 ที่สมดุลในบรรยากาศจึงจะมีผลชะลอการเติบโตของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศและรา แต่ไม่มีผลยับยั้งแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศและยีสต์

- ไนโตรเจน เป็นก๊าซเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี จึงมักใช้แทนที่อากาศ เพื่อใช้ในการรักษาระดับความดันภายในบรรจุภัณฑ์ ป้องกันการยุบตัวของบรรจุภัณฑ์และการแตกหัก เสียรูปทรงของผลิตภัณฑ์ ไนโตรเจนไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ละลายในน้ำและไขมันได้น้อยมาก จึงสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิด (ชิดชนก ศุขศรีไพศาล, 2559)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จันทิรา วงศ์วิเชียร และคณะ (2562) ศึกษาเปรียบเทียบผลของสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมีจุลินทรีย์และประสาทสัมผัสของเนื้อปูม้าต้มในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน โดยเลือกทำการศึกษาเฉพาะเนื้อปูส่วนเนื้อก้อนพบว่า ตัวอย่างเนื้อปูม้าที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่าความแตกต่างของสีรวม (ΔE) ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติกค่าเพอร์ออกไซด์ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกและปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดน้อยกว่าตัวอย่างเนื้อปูม้าที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การบรรจุเนื้อปูม้าในสภาวะสุญญากาศสามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างปูม้าพบว่าตัวอย่างเนื้อปูม้าที่บรรจุแบบสุญญากาศ มีคะแนนคุณลักษณะปรากฏ และกลิ่นสูงกว่าตัวอย่างเนื้อปูม้าที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ดังนั้นสภาวะการเก็บรักษาปูม้าที่เหมาะสมที่สุดคือ การบรรจุแบบสุญญากาศโดยสามารถเก็บรักษาปูม้าได้นาน 9 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ธนภพ โสตรโยม และคณะ (2562) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาขนมจีนในภาชนะบรรจุร่วมกับสภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันสู่เชิงพาณิชย์เพื่อวิสาหกิจชุมชนใน

จังหวัดภาคกลางตอนล่าง เพื่อศึกษาการใช้สภาวะดัดแปรในการยืดอายุเส้นขนมจีนแป้งหมัก โดยใช้เทคนิคการบรรจุภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศ โดยแบ่งออกเป็น 7 ระดับ ได้แก่ สภาวะปกติ, สุญญากาศ (Vacuum), ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ร้อยละ 100, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 100, ก๊าซไนโตรเจนต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($N_2 : CO_2$) ทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 60:40, 70:30 และ 80:20 จากนั้นนามาศึกษาอายุการเก็บรักษาในแต่ละสภาวะตั้งแต่วันที่ 0-15 และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง การวัดค่าสี และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า เส้นขนมจีนที่เก็บในสภาวะดัดแปรสภาวะบรรยากาศมีอายุการเก็บรักษาได้สูงกว่าการเก็บรักษาที่สภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ (vacuum) ส่วนผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า เส้นขนมจีนแป้งหมักพร้อมบริโภคในทุกๆ สภาวะการดัดแปรบรรยากาศ มีค่า pH ลดลง เมื่อเวลาผ่านไป โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.31±0.00 ถึง 2.99±0.01 และเส้นขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาที่สภาวะดัดแปรบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 100% โดยบรรจุในถุงพลาสติกสุญญากาศชนิด Nylon/PET ปิดผนึกเก็บที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บได้นานถึง 12 วัน และพบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเมื่ออายุการเก็บนานขึ้นแต่ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 500/2547 ขนมจีน) ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงมีความปลอดภัยและไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ผลการทดสอบผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบและสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ขนมจีนที่ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 100 อยู่ที่ร้อยละ 75

ปรมาภรณ์ เกิดทรัพย์ และคณะ (2561) ศึกษาคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ปลาส้มนครนายกที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ แบบสุญญากาศและแบบมีอากาศปกติ โดยเก็บที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิเย็น (4 องศาเซลเซียส)) จากการศึกษาพบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ค่า TBA และค่าการสูญเสียน้ำหนักไปในทิศทางที่ส่งผลเสียต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ได้เร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเย็น และการใช้บรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศไม่ช่วยส่งเสริมให้การเก็บรักษาที่ทั้งสองอุณหภูมิดีขึ้น ส่วนคุณภาพด้านจุลินทรีย์นั้นการเก็บรักษาปลาส้มที่อุณหภูมิห้องด้วยบรรจุภัณฑ์แบบมีอากาศช่วยลดจำนวนของ *E. coli* และ Coliform ได้ ส่วน *Salmonella* ตรวจไม่พบเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน ทั้งสองสภาวะการบรรจุ แต่การเปลี่ยนแปลงด้านเคมีและจุลินทรีย์ไม่ส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอด อย่างไรก็ดีควรมีการปรับปรุงด้านสุขลักษณะการผลิต เนื่องจากผลิตภัณฑ์ปลาส้มนครนายกยังไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนด้านจุลินทรีย์

สุเฟียนี แวดอเลาะ และคณะ (2559) ศึกษาผลของวิธีการบรรจุหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่ปรุงเสร็จต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์มีความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ร้อยละ 60.9, 11.8, 2.6, 21.6 และ 3.1 โดยน้ำหนักฐานเปียก ตามลำดับ การศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์หมึกสอดไส้ข้าวเหนียวปรุงเสร็จระหว่าง

เก็บรักษาได้แปรวิธีการบรรจุผลิตภัณฑ์หลังปรุงเสร็จเป็น 4 ทรีทเมนต์คือ 1) บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ ไม่ให้ความร้อนซ้ำ (CP) 2) บรรจุแบบสุญญากาศ ไม่ให้ความร้อนซ้ำ (VP) 3) บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศและให้ความร้อนซ้ำตามด้วยทำให้เย็นโดยเร็ว (CCC) และ 4) วิธีซูวีหรือบรรจุแบบสุญญากาศและให้ความร้อนซ้ำตามด้วยทำให้เย็นโดยเร็ว (SVCC) นำผลิตภัณฑ์ เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์คุณภาพทุก 3 วัน ผลพบว่า ปริมาณ TVB TMA จุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC) และแบคทีเรียที่ผลิตกรดแล็กทิกมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ pH และคะแนนทางประสาทสัมผัสมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บในผลิตภัณฑ์ทุกทรีทเมนต์ ($p<0.05$) การผลิตโดยวิธี SVCC จะมีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การยอมรับของปริมาณ TVC และคะแนนทางประสาทสัมผัสพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุโดยวิธี SVCC, CCC, VP และ CP เก็บได้ประมาณ 21, 15, 9 และ 9 วัน ตามลำดับ

สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และชุตินุช สุจริต, (2562) ศึกษาผลของสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อหอยตลับลวกโดยมีวิธีการศึกษาโดยการนำหอยตลับลวกจุ่มในสารละลายกรดแลกติกร้อยละ 2 และเก็บในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือสภาพบรรยากาศปกติ (ตัวอย่างควบคุม) สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ (60%CO_2 : 20%O_2 : 20% N_2) ผลการทดลองพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหอยตลับลวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาเคมีและประสาทสัมผัสสรุปได้ว่า เนื้อหอยตลับลวกที่บรรจุในสภาวะดัดแปรบรรยากาศ มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุในสภาวะปกติและสภาวะสุญญากาศ

Gonçalves et al., (2018) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาช่อนทะเลปรุงรสที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศ สภาวะบรรยากาศ (control) และสภาวะดัดแปรบรรยากาศชุดที่ 1 80%CO_2 : 5%O_2 : 15% N_2) และสภาวะดัดแปรบรรยากาศชุดที่ 1 70%CO_2 : 10%O_2 : 20% N_2) เก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, *Staphylococcus*, *Salmonella* sp., และ Coliforms) คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่า TVB-N และค่า TMA ผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาที่เหมาะสมคือ สภาวะดัดแปรบรรยากาศด้วย 80%CO_2 : 5%O_2 : 15% N_2 โดยสภาวะดังกล่าวยังคงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลา 28 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

วัสดุ/อุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือ และวิธีการ

1. วัสดุ/อุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบในการผลิตปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว

- ปลาหมึกกล้วยขนาด 15-20 ตัว/กิโลกรัม จากตลาดสด จ.ยะลา
- กะทิสำเร็จรูป ตราชาวเกาะ บริษัทเทพผดุงพรมะพร้าว กรุงเทพมหานคร
- น้ำตาลแว่น จาก อ.ยะหริ่ง จ.ปัตตานี
- ข้าวเหนียวเขี้ยวงู ตราเสือ บริษัทเสรีไรซ์ จำกัด จ. ฉะเชิงเทรา
- เกลือ ตราปรุงทิพย์ บริษัทสหพัฒนพิบูลจำกัด มหาชน กรุงเทพมหานคร

1.2 สารเคมี

- กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid, H_2SO_4) Merck Germany
- กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid, HCl) Merck Germany
- กรดไทโอบาบิทูริก (Triobabituric acid) Merck Germany
- โพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate, K_2SO_4) Merck Germany
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) Merck Germany
- กรดบอริก (boric acid, H_3BO_3) Merck Germany
- อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000)

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- อุปกรณ์สำหรับการผลิตปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว
- อุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส
- เครื่องมือหรับวิเคราะห์ค่าTMA TVB-N ค่าสี และค่าพีเอช
- เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นและเนื้อสัมผัส
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี
- เครื่องวัดค่าสี
- เทอร์โมมิเตอร์

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วิธีการผลิตปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

ผลิตปลาหมึกยัดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) โดยใช้สูตรและกระบวนการทำจากกลุ่มวิสาหกิจแปรรูปอาหารฮาลาล อ.ยะหา จ.ยะลา โดยในสูตรประกอบด้วย ปลาหมึกร้อยละ 36.80 น้ำกะทิร้อยละ 33.20 ข้าวเหนียวร้อยละ 11.00 น้ำตาลแว่นร้อยละ 18.00 และเกลือร้อยละ 1.00 ส่วนวิธีการผลิตดังภาพที่ 1

นำปลาหมึกขนาด 8-9 เซนติเมตร มาล้างทำความสะอาด เอาเครื่องในออก
นำปลาหมึกมาล้างน้ำอีกครั้ง จากนั้นสะเด็ดน้ำแล้วนำไปแช่ในตู้เย็นเพื่อคงความสด

↓

นำข้าวเหนียวมาล้างและแช่น้ำตั้งไว้ 1 ชั่วโมง เสร็จแล้วล้างน้ำให้สะอาด สะเด็ดน้ำ

↓

นำข้าวเหนียวที่ล้างแล้วมาแช่น้ำกะทิอีกรอบ ประมาณ 10 นาที

↓

จากนั้นนำข้าวเหนียวมายัดใส่ในปลาหมึก ปิดด้วยหัวหมึก แล้วเอาไม้จิ้มฟันเสียบไว้

↓

ใส่กะทิลงไปในหม้อ ตั้งไฟ น้ำตาลแว่น และเกลือ (ตามสูตร) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

↓

จากนั้นใส่ปลาหมึกที่ยัดไส้ข้าวเหนียวลงไปต้ม โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

↓

นำปลาหมึกขึ้นมาพักไว้ เคี่ยวน้ำราดจนมีลักษณะข้นหนืด โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 5 - 10 นาที

↓

นำปลาหมึกลงไปผสมกับน้ำราด ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปบรรจุในภาชนะ

↓

ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

2. การทดสอบผู้บริโภคทั่วไปเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว

นำผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวมาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคแบบ Central Location Test ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน แบบทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภค ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค และข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ โดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับคะแนน (9-point Hedonic Scale) และผลของความพอดี (JAR) ของผู้บริโภคที่มีต่อปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) คำนวณค่า net score โดยคำนวณจากร้อยละของคำตอบที่บอกว่า "มากเกินไป" ลบด้วยร้อยละของคำตอบที่บอกว่า "น้อยเกินไป" โดยค่า net score น้อยกว่าร้อยละ 20 หมายถึง ผลิตภัณฑ์มีความพอดีแล้ว ไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์นั้น ถ้าค่า net score มากกว่าร้อยละ 20 หมายถึง ผลิตภัณฑ์ไม่มีความพอดี ต้องปรับปรุงคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ตามทิศทางของร้อยละของคำตอบที่มีค่ามากกว่า (อมรรัตน์ เจริญ และสุธีรา วัฒนนกุล, 2561)

3. การประเมินอายุการเก็บรักษา

นำผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) จากข้อ 1 มาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon linear low density poly ethylene (Nylon/LDPE) ขนาด 5x8 นิ้ว ขนาดบรรจุ 100 กรัม/ถุง ศึกษาสภาวะการบรรจุและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาหมึกยัดไส้ข้าวเหนียว 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%O_2 : 25%CO_2 : 25%N_2 (Ferdaous & Maria, 2016) นำผลิตภัณฑ์มาเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็น (4±2 องศาเซลเซียส) จากนั้นตรวจสอบคุณภาพทุก 3 วัน เป็นเวลา 30 วันหรือจนกระทั่งตัวอย่างเสีย/ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค วิเคราะห์สมบัติ ดังนี้

- วิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง texture analyzer ใช้หัววัดชนิด Stainless steel cylindrical No. P50 กำหนดความเร็วในการวัด (Cross-head speed) 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำการวัดตามแนวขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อ แต่ละชุดการทดลองวัด 5 ซ้ำ
- ค่าสี ค่าสี (L* a* b*) โดยใช้เครื่อง (Hunter) ตรา Color flax รุ่น CX 1471
- วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัด pH meter
- ปริมาณด่างที่ระเหย ได้ทั้งหมด (total volatile base nitrogen; TVB-N) ตามวิธี (AOAC, 2000)
- ปริมาณไตรเมธิลามีนออกไซด์ (TMA) ด้วย Conway microdiffision method ตามวิธีของ Hasegawa (1987)
- วิเคราะห์ปริมาณกรดไธโอบาบิทูริค (Thiobarituric acid , TBA) ตามวิธี (AOAC, 2000)
- ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดหมด (Total Bacterial Count) ตามวิธี (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ในการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมี ข้อมูลทั้งหมดจะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองแบบ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาการผลิตปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

ผลิตปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) ตามสูตรและวิธีการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปอาหารฮาลาล อ.ยะหา จ.ยะลา โดยในสูตรประกอบด้วย ปลาหมึกร้อยละ 36.80 น้ำกะทิร้อยละ 33.20 ข้าวเหนียวร้อยละ 11.00 น้ำตาลแว่นร้อยละ 18.00 และเกลือร้อยละ 1.00 ได้ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) (ภาพที่ 4.1) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลจากสีของน้ำตาลแว่นและรสชาติหวานมันจากกะทิ จากนั้นนำไปศึกษาอายุการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกันในข้อต่อไป

ภาพที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

4.2 ผลการทดสอบผู้บริโภคทั่วไปเกี่ยวกับปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภค

จากการศึกษาการยอมรับ โดยทดสอบกับผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน พบว่า เป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 34 เป็นเพศหญิงร้อยละ 66 อายุระหว่าง 20-29 ปี มากที่สุดร้อยละ 41 ผู้ทดสอบชิมมีอาชีพอื่นๆ (ค้าขาย และแม่บ้าน) มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 33 รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่า 10,000 บาท มากที่สุดร้อยละ 60 แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

ข้อมูลทั่วไป	ร้อยละ
เพศ	
- ชาย	34
- หญิง	66
อายุ	
- ต่ำกว่า 20 ปี	13
- 20-29 ปี	41
- 30-39 ปี	23
- 40-49 ปี	14
- 50 ปีขึ้นไป	9
อาชีพ	
- นักเรียน/นักศึกษา	30
- ประกอบธุรกิจส่วนตัว	14
- พนักงานบริษัทเอกชน	3
- รับราชการ/ลูกจ้าง	15
- พนักงานรัฐวิสาหกิจ	5
- อื่นๆ (แม่บ้าน ค้าขาย)	33
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	
- ต่ำกว่า 10,000 บาท	60
- 10,000 – 19,999 บาท	29
- 20,000 – 29,999 บาท	5
- 30,000 – 39,999 บาท	3
- 40,000 – 49,999 บาท	0
- 50,000 บาท ขึ้นไป	3

พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

จากการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) จำนวน 100 คน พบว่า รู้จักผลิตภัณฑ์นี้คิดเป็นร้อยละ 98 ชอบรับประทานคิดเป็นร้อยละ 93 เลือกซื้อผลิตภัณฑ์จากตลาดมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 72 เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกรับประทานคือ รสชาติอร่อย คิดเป็นร้อยละ 79 ความถี่ในการเลือกรับประทานคือ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 57 รับประทานเป็นอาหารมื้อเย็นมากที่สุดร้อยละ 50 หากมีการผลิตผลิตภัณฑ์ในรูปแบบแช่แข็งเพื่อจัดจำหน่ายผู้บริโภคส่วนใหญ่จะซื้อผลิตภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 68 แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

ข้อมูลทั่วไป	ร้อยละ
1.คุณรู้จักปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) หรือไม่ (ถ้าไม่รู้จักข้ามไปทำข้อ 2,3)	
- รู้จัก	98
- ไม่รู้จัก	2
1.1 คุณชอบรับประทานปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) หรือไม่	
- ชอบ	93
- ไม่ชอบ	7
1.2 คุณสามารถเลือกซื้อปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) จากที่ใด	
- ตลาด	72
- ร้านอาหาร	10
- ทำรับประทานเอง	10
- อื่นๆ เช่น ......งานบุญ........	8
1.3 เกณฑ์ที่คุณใช้ในการเลือกรับประทานปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) คือ	
- อร่อย	79
- เป็นอาหารขึ้นชื่อในท้องถิ่น	11
- หารับประทานยาก	10
- อื่นๆ	
1.4 ความถี่ในการเลือกรับประทานปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)	
- 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์	57
- 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์	11
- มากกว่า 6 ครั้งต่อสัปดาห์	4
- 2-3 ครั้งต่อเดือน	28

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	ร้อยละ
1.5 ท่านรับประทานปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)เป็นอาหารมื้อใด	
- มื้อเช้า	15
- มื้อเที่ยง	35
- มื้อเย็น	50
2. หากมีการผลิตปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) แช่เยือกแข็ง เพื่อจำหน่าย คุณคิดว่าจะซื้อหรือไม่	
- ซื้อ	68
- ไม่ซื้อ	5
- ไม่แน่ใจ	27

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) จำนวน 100 คน โดยใช้แบบทดสอบ 9-Point Hedonic Scale กำหนดให้ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย 5 หมายถึง เฉยๆ 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย 7 หมายถึง ชอบปานกลาง 8 หมายถึง ชอบมาก และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมที่มีต่อปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) เฉลี่ยเท่ากับ 7.51 แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ย ± SD
ลักษณะปรากฏ	7.10±0.54
สีของปลาหมึก	7.11±0.11
เนื้อสัมผัสของปลาหมึก	7.05±1.02
ความนุ่มของข้าวเหนียว	7.17±0.50
รสชาติ	7.40±0.64
ความชอบรวม	7.51±0.86

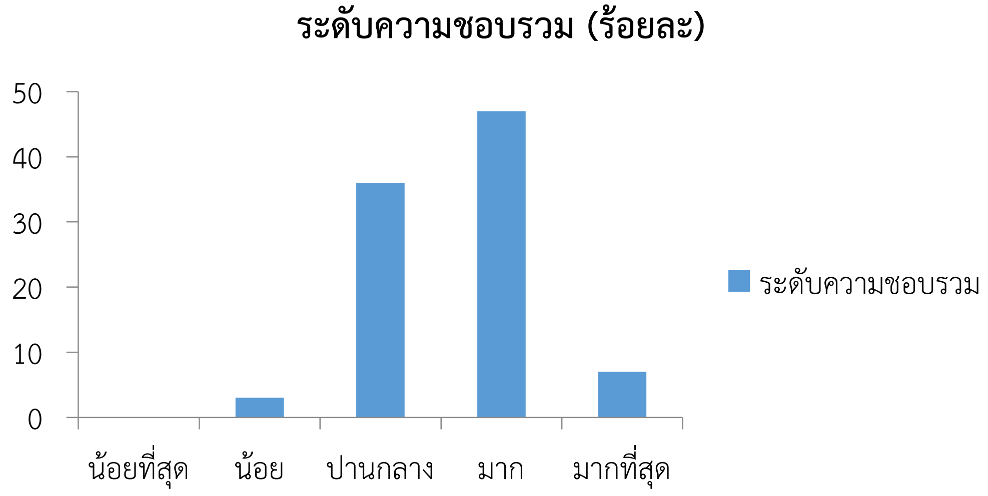
ตารางที่ 4.4 ผลของความพอดี (JAR) ของผู้บริโภคที่มีต่อปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

คุณลักษณะ/ลำดับ	ผู้ทดสอบ (N = 100)			Net score
	น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป	
ความเหนียวของปลาหมึก	20	64	10	10
ความนุ่มของข้าวเหนียว	30	53	11	19
ความข้นของน้ำกะทิ	8	69	17	9
ความเค็ม	11	79	4	7
ความหวาน	8	72	14	6

การทดสอบความพอดีของปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) ด้วยวิธี just about right (JAR) พบว่า คุณลักษณะด้านความเค็มและความหวาน มีค่าความพอดีมากกว่าร้อยละ 70 แสดงว่าคุณลักษณะดังกล่าวมีความพอดี ไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์นั้น ส่วนคุณลักษณะด้านความเหนียวของปลาหมึก ความหนุ่มของข้าวเหนียว และความข้นของน้ำกะทิ มีความพอดีน้อยกว่าร้อยละ 70 จึงต้องพิจารณาค่า net score ของผลิตภัณฑ์ โดยที่ค่า net score ของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความพอดีแล้ว ถ้าค่า net score มากกว่าร้อยละ 20 หมายถึงผลิตภัณฑ์ไม่มีความพอดี ต้องปรับปรุงคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ตามทิศทางของร้อยละของคำตอบที่มีค่ามากกว่า (อมรรัตน์ เจริญ และสุธีรา วัฒนกุล, 2561) ซึ่งจากตารางที่ 4.4 จะพบว่า ค่า net score ของปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) ด้านความเหนียวของปลาหมึก ความหนุ่มของข้าวเหนียว และความข้นของน้ำกะทิ มีค่าน้อยกว่า 20 สามารถกล่าวได้ว่าคุณลักษณะดังกล่าวมีความพอดีแล้ว

ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) ของผู้บริโภค

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) จำนวน 100 คน โดยใช้แบบทดสอบ 5-Point Hedonic Scale กำหนดให้ 1 หมายถึง น้อยที่สุด 2 หมายถึง น้อย 3 หมายถึง ปานกลาง 4 หมายถึง มาก และ 5 หมายถึง มากที่สุด พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) ในระดับมากถึงมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 54 แสดงดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

4.3 การประเมินอายุการเก็บรักษา

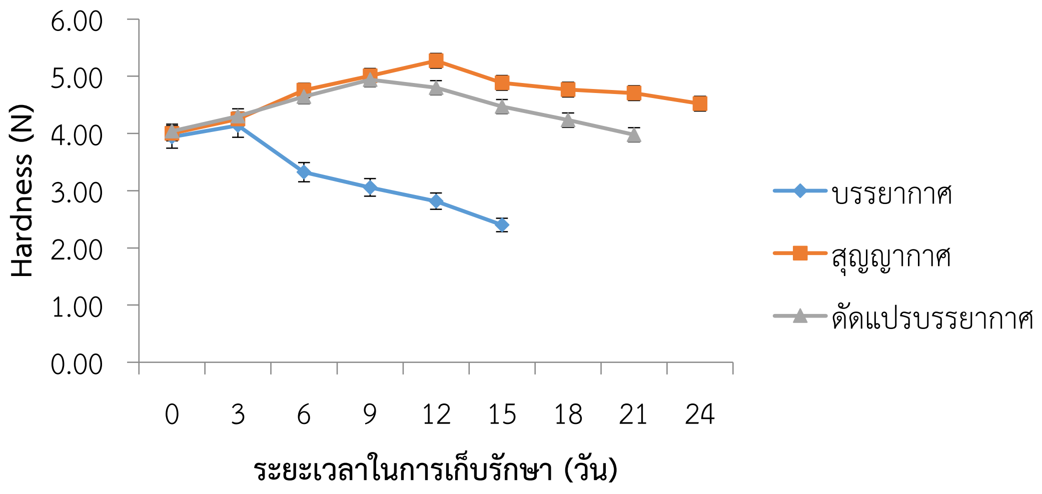
นำผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) มาศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยนำมาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon linear low density poly etheylene (Nylon/LDPE) ขนาด 5x8 นิ้ว ขนาด บรรจุ 100 กรัม/ถุง ศึกษาสภาวะการบรรจุและเก็บรักษาปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%CO_2 นำผลิตภัณฑ์มาเก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) จากนั้นตรวจสอบคุณภาพทุก 3 วัน เป็นเวลา 30 วัน หรือจนกระทั่งตัวอย่างเสีย/ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค วิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารทะเลปรุงสุก (มาตรฐานสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2552) ได้ผลการทดลองดังนี้

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ความแข็ง (Hardness)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) ทั้ง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%O_2 : 25%CO_2 : 25%N_2 เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 วัน พบว่า การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศมีค่าความแข็งเริ่มต้นเท่ากับ 3.94±0.45 N เมื่อผ่านไป 15 วัน มีค่าความแข็งเท่ากับ 2.40±0.30 N การบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ มีค่าความแข็งเริ่มต้นเท่ากับ 4.00±0.50 N เมื่อผ่านไป 24 วัน มีค่าความแข็งเท่ากับ 4.52±0.62 N ส่วนการบรรจุแบบสภาวะดัดแปรบรรยากาศ มีค่าความแข็งเริ่มต้นเท่ากับ 4.04±0.40 N เมื่อผ่านไป 21 วัน มีค่าความแข็งเท่ากับ 3.98±0.85 N ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งของอาหารมี 2 ปัจจัยคือ 1) วิธีการแปรรูปซึ่งเป็นการให้ความร้อนโดยตรง ซึ่งวิธีดังกล่าวมีผลทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพตามธรรมชาติ (โสรยา เกิดพิบูล, 2558) 2) ชนิดของบรรจุภัณฑ์ โดยพบว่า การบรรจุในสภาวะบรรยากาศพบว่า ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวมีความแข็งเพิ่มขึ้นในช่วง 3 วันของการเก็บรักษาแต่หลังจากนั้นค่าความแข็งจะลดลง เนื่องจากสภาวะ

ดังกล่าวเป็นสภาวะที่เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์มากกว่าการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศอื่นๆ ซึ่งจะส่งผลทำให้เนื้อสัมผัสของปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวมีความนิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนการบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศทำให้เนื้อสัมผัสของปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวมีความแข็งเพิ่มขึ้นในช่วง 9 วันของการเก็บรักษาเนื่องจาก CO_2 มีผลทำให้โปรตีนในเนื้อสัตว์เสียสภาพธรรมชาติ ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำและมีเนื้อสัมผัสที่แน่นขึ้น หลังจากนั้นเนื้อสัมผัสของปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวก็จะมีความแข็งลดลงเนื่องจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนการการบรรจุแบบสุญญากาศก็ให้ผลในทำนองเดียวกันคือ ในช่วง 12 วันแรกเนื้อสัมผัสของปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวมีความแข็งมากขึ้นเนื่องจากเกิดแรงบีบอัดระหว่างถุงกับเนื้อปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว แต่หลังจากนั้นความแข็งจะลดลงเนื่องจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์เช่นเดียวกับสภาวะอื่นๆ



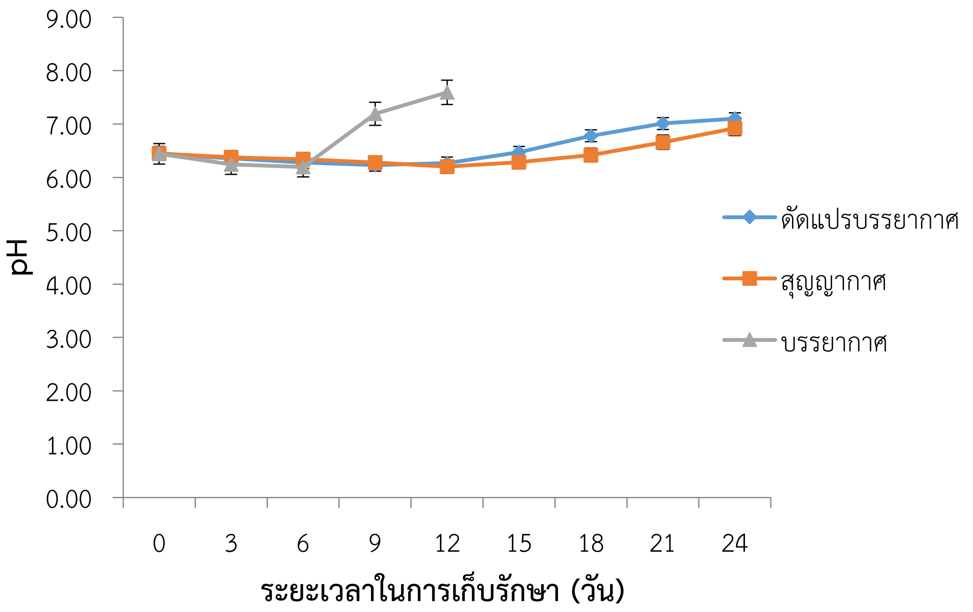
ภาพที่ 4.3 ผลความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ค่าพีเอช

ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวทั้ง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%O_2 : 25%CO_2 : 25%N_2 เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังภาพที่ 4.4 พบว่า การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศมีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.44±0.20 ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเป็น 7.60±0.50 การบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ มีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.45±0.15 ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเท่ากับ 6.92±0.24 ส่วนการบรรจุแบบสภาวะดัดแปรบรรยากาศ มีค่าพี

เอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.43±0.22 ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเท่ากับ 7.10±0.40 ตามลำดับ จากผลการทดลองจะพบว่า ช่วงแรกของการเก็บรักษา ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์จะมีค่าลดลง จากนั้นจะเพิ่มขึ้น โดยการลดลงและเพิ่มขึ้นของค่าพีเอชสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก ซึ่งอมมี เบญจมะ (2559) กล่าวว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารทะเลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าพีเอชลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาในช่วงแรก ส่วนช่วงท้ายพบว่าค่าพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากเชื้อแบคทีเรียจะผลิตกรดแลกติกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์เป็นกรดแล็กติก รวมทั้งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางชีวเคมีในผลิตภัณฑ์ด้วย ส่วนสวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน (2560) ได้อธิบายเกี่ยวกับการเน่าเสียของสัตว์น้ำว่า เมื่อสัตว์น้ำตายจะเกิดกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic condition) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติกทำให้ค่าพีเอชของสัตว์น้ำลดลง หลังจากนั้นเกิดการเน่าเสียโดยเอนไซม์ในตัวสัตว์น้ำจากปฏิกิริยา autolysis รวมถึงเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น เกิดการย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจนทั้งกลุ่มที่เป็นโปรตีนและไม่ใช่โปรตีน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบด่างที่ระเหยได้ชนิดต่างๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นเบส จึงทำให้ในช่วงท้ายของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มสูงขึ้น จากการทดลองจะพบว่า สภาวะการบรรจุส่งผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ ซึ่งพัชรี มีชัย และพรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, (2550) ได้อธิบายความสัมพันธ์ของค่าพีเอชกับปริมาณจุลินทรีย์ในอาหารว่า สภาวะบรรยากาศเป็นสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนสูงสุด จึงมีปริมาณจุลินทรีย์เจริญเติบโตสูงสุด โดยในจำนวนนี้จะมีจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Lactobacillus* spp. ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มักพบในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะผลิตกรดแลกติกในระหว่างการเจริญ ดังนั้นจะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้น การบรรจุในสภาวะสุญญากาศเป็นการบรรจุโดยอาศัยกลไกการจำกัดออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ อย่างไรก็ตามปริมาณออกซิเจนที่หลงเหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์เมื่อปิดสนิทมีน้อยกว่าร้อยละ 1 จึงสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น แต่การเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์สามารถเกิดขึ้นได้เช่นกัน โดยเนื้อสัตว์ที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำอาจก่อให้เกิดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobic pathogen) หรือเชื้อจุลินทรีย์ที่ทนต่ออุณหภูมิต่ำได้แก่ กลุ่ม lactic acid bacteria เมื่อมีการเจริญของเชื้อกลุ่มนี้ ก็จะทำให้ค่าเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของอาหารด้วยเช่นกัน (ตรีชฎา อุทัยดา, 2563) ส่วนการบรรจุในสภาวะดัดแปรบรรยากาศ เป็นสภาวะที่มีการปรับสัดส่วนและปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซ CO_2 ที่มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเน่าเสียช้าลง อีกทั้งก๊าซ CO_2 สามารถละลายในน้ำที่มีอยู่ในอาหารได้เป็นกรดคาร์บอนิก สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนกรดได้ (สวามินี ธีระวุฒิและปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2558) ซึ่งสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศและดัดแปรบรรยากาศจะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชที่ส่งผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารได้

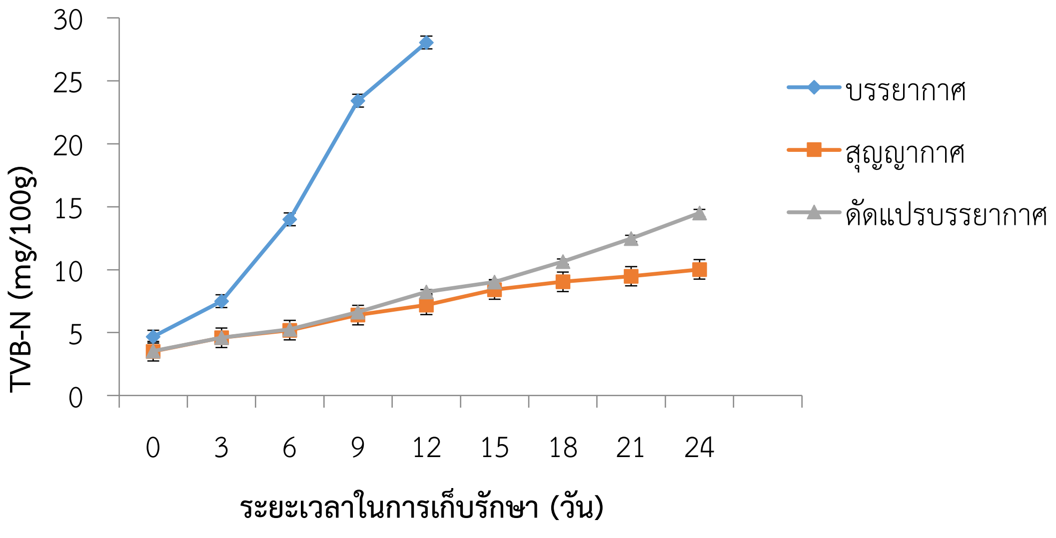


ภาพที่ 4.4 ผลค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ

ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)

ปริมาณ TVB-N เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงระดับการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ซึ่งค่า TVB-N เป็นผลรวมของปริมาณ TMA-N ไดเมทิลเอมีน (DMA-N) แอมโมเนียและสารประกอบด่างของไนโตรเจนที่ระเหยได้อื่นๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำมีสาเหตุจากจุลินทรีย์ (Huss, 1995) ผลการวิเคราะห์ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวทั้ง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%O_2 : 25%CO_2 : 25%N_2 เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังภาพที่ 4.5 พบว่า การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศมีค่า TVB-N เริ่มต้นเท่ากับ 3.50±0.52 mg/100g ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา มีค่า TVB-N เพิ่มขึ้นเป็น 28.04±0.80 mg/100g การบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ มีค่า TVB-N เริ่มต้นเท่ากับ 3.52±0.40 mg/100g ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา มีค่าTVB-N เพิ่มขึ้นเท่ากับ 10.02±0.90 mg/100g ส่วนการบรรจุแบบสภาวะดัดแปรบรรยากาศมีค่า TVB-Nเริ่มต้นเท่ากับ 3.53±0.22 mg/100g ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา มีค่า TVB-N เพิ่มขึ้นเท่ากับ 14.50±1.02 mg/100g ตามลำดับ โดยการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นของอาหาร ซึ่งเป็นผลที่เกิดเนื่องจากการสลายตัวของโปรตีนระหว่างการเน่าเสีย ซึ่งอาจเกิดจากการเจริญของแบคทีเรียและการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ ก่อให้เกิดกลิ่นและรสที่ผิดปกติ (Teerawut *et al.*, 2016) ปริมาณ TVB-N มีความสัมพันธ์กับคุณภาพความสดของเนื้อสัตว์ กำหนดเกณฑ์ไว้ว่า ปริมาณ TVB-N ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัม/100

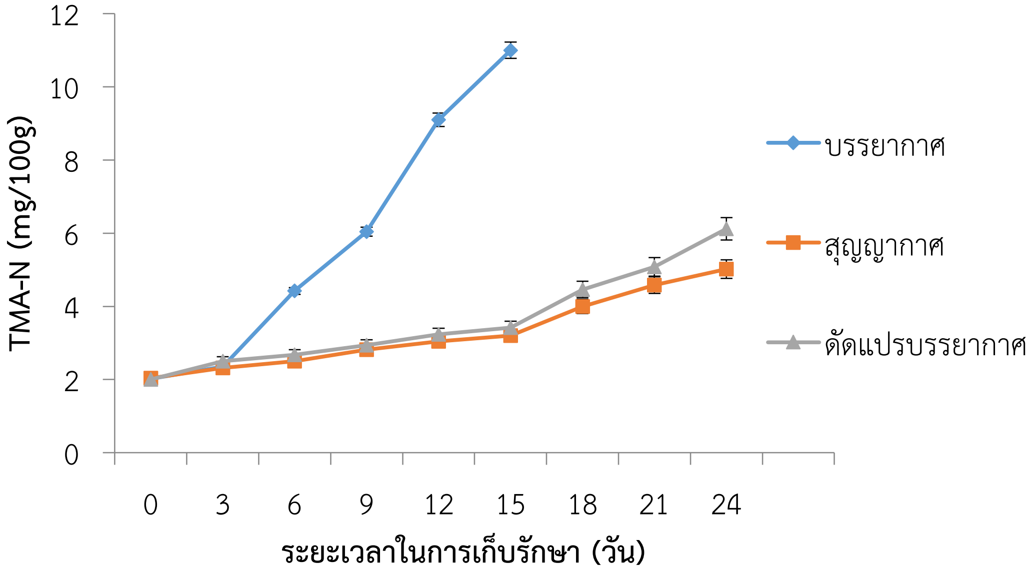
กรัม ซึ่งหมายถึงตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับด้านความสดและปลอดภัยสำหรับการบริโภค ส่วนผลของสภาวะการบรรจุที่ต่างกันพบว่าส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวเช่นกัน โดยการบรรจุในสภาวะบรรยากาศพบการเปลี่ยนแปลงค่า TVB-N อย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะสุญญากาศและดัดแปรบรรยากาศ เนื่องจากสภาวะบรรยากาศเป็นสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนสูงสุด ส่งผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากโปรตีนในปลาหมึกเกิดการย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น เกิดการสูญเสียสภาพของโปรตีนจนได้เป็นแอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (Methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ต่างๆ เกิดการสะสมในเนื้อปลาหมึกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น (Qian *et al*, 2013; Teerawut *et al*, 2014) ก่อให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในสัตว์น้ำ (Rahmatipoor *et al*., 2017) การบรรจุแบบสภาวะดัดแปรบรรยากาศช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า TVB-N เนื่องจากสภาวะดัดแปรบรรยากาศมีการเพิ่มปริมาณ CO_2 เข้าไปในบรรจุภัณฑ์ และจำกัดสัดส่วนก๊าซ O_2 สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดยทำให้อัตราการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนและกรดอะมิโนต่างๆ เกิดขึ้นช้าลง ส่งผลให้จุลินทรีย์เจริญได้น้อย เนื่องจากมีสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญ (สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และชุตินุช สุจริต., 2562) ส่วนสภาวะสุญญากาศ เป็นสภาวะที่กำจัดปริมาณก๊าซ O_2 ออกจากบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้ชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการผลิตสารประกอบที่ก่อให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในสัตว์น้ำ (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) เมื่อใช้เกณฑ์คุณภาพความสดของเนื้อสัตว์ทำให้สรุปได้ว่า หากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว ณ อุณหภูมิเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บรักษาในสภาวะดัดแปรบรรยากาศและสุญญากาศ โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษาจนถึงวันที่ 24 ผลิตภัณฑ์ยังมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค



ภาพที่ 4.5 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ

ปริมาณไตรเมททิลเอมีน (TMA-N)

ปริมาณ TMA-N จัดเป็นสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบโดยมีสมบัติระเหยได้หรือ กล่าวได้ว่าเป็นสารเอมีนที่ระเหยได้ (volatile amine) ชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดกลิ่นและรสที่ผิดปกติ เป็นผลได้จากการสลายตัวของโปรตีนระหว่างการเน่าเสีย โดยกลไกนั้นเกิดจากไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ (TMAO) สามารถเปลี่ยนเป็น TMA ด้วยเอนไซม์ไตรเมธิลเอมีนออกซิเดส (Trimethylamine oxidase) จากปฏิกิริยารีดักชันโดยมีแบคทีเรียเป็นตัวเร่ง ดังนั้นจึงสามารถใช้ปริมาณ TMA-N เป็นดัชนีใช้วัดการเน่าเสียของสัตว์น้ำซึ่งมีเกณฑ์กำหนดเกณฑ์ไว้ว่า ปริมาณ TMA-N ต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งหมายถึงตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับด้านความสดและปลอดภัยสำหรับหรับการบริโภค (วิชมณี ยืนยงพุทธิกาล, 2559) ผลการวิเคราะห์ปริมาณไตรเมททิลเอมีน (TMA) ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวทั้ง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%O_2 : 25%CO_2 : 25%N_2 เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังภาพที่ 4.6 พบว่า การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศมีค่า TMA-N เริ่มต้นเท่ากับ 2.02±0.52 mg/100g ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา มีค่า TMA-N เพิ่มขึ้นเป็น 11.00±0.90 mg/100g การบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ มีค่า TMA-N เริ่มต้นเท่ากับ 2.04±0.40 mg/100g ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา มีค่า TMA-N เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.02±0.64 mg/100g ส่วนการบรรจุแบบสภาวะดัดแปรบรรยากาศมีค่า TMA-N เริ่มต้นเท่ากับ 2.00±0.25 mg/100g ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา มีค่า TMA-N เพิ่มขึ้นเท่ากับ 6.12±0.80 mg/100g ตามลำดับ ซึ่งค่า TMA-N เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาเนื่องจากไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ (TMAO) ที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนถูกเปลี่ยนเป็น TMA-N โดยเอนไซม์ trimethylamine oxidase ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น เมื่อมีปริมาณ TMA-N มากขึ้นทำให้มีกลิ่นเหม็นเน่าและเหม็นคาวมากขึ้น (สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2563) ส่วนผลของสภาวะการบรรจุที่ต่างกันพบว่าส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวเช่นกัน โดยการบรรจุในสภาวะบรรยากาศพบการเปลี่ยนแปลงค่า TMA-N อย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะสุญญากาศและดัดแปรบรรยากาศ เนื่องจากสภาวะบรรยากาศเอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ จึงมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นสูงสุด ส่งผลให้ค่า TMA-N สูงที่สุด ส่วนสภาวะดัดแปรบรรยากาศพบว่าช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า TMA-N เนื่องจาก ในสภาวะดังกล่าวมีการเพิ่มปริมาณ CO_2 เข้าไปในบรรจุภัณฑ์ และจำกัดสัดส่วนก๊าซ O_2 สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดยทำให้อัตราการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนและกรดอะมิโนต่างๆ เกิดขึ้นช้าลง ส่งผลให้จุลินทรีย์เจริญได้น้อย ส่วนสภาวะสุญญากาศ เป็นสภาวะที่กำจัดปริมาณก๊าซ O_2 ออกจากบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้ชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการผลิตสารประกอบที่ก่อให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในสัตว์น้ำ (นาฏกาญจน์ ชิณศรี, 2555) ดังนั้นเมื่อใช้ดัชนีวัดการเน่าเสียของสัตว์น้ำซึ่งมีเกณฑ์กำหนดเกณฑ์ไว้ว่า ปริมาณ TMA-N ต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/100 กรัมทำให้สรุปได้ว่า หากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว ณ อุณหภูมิเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บรักษาในสภาวะดัดแปรบรรยากาศและสุญญากาศ โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษาจนถึงวันที่ 24 ผลิตภัณฑ์ยังมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค

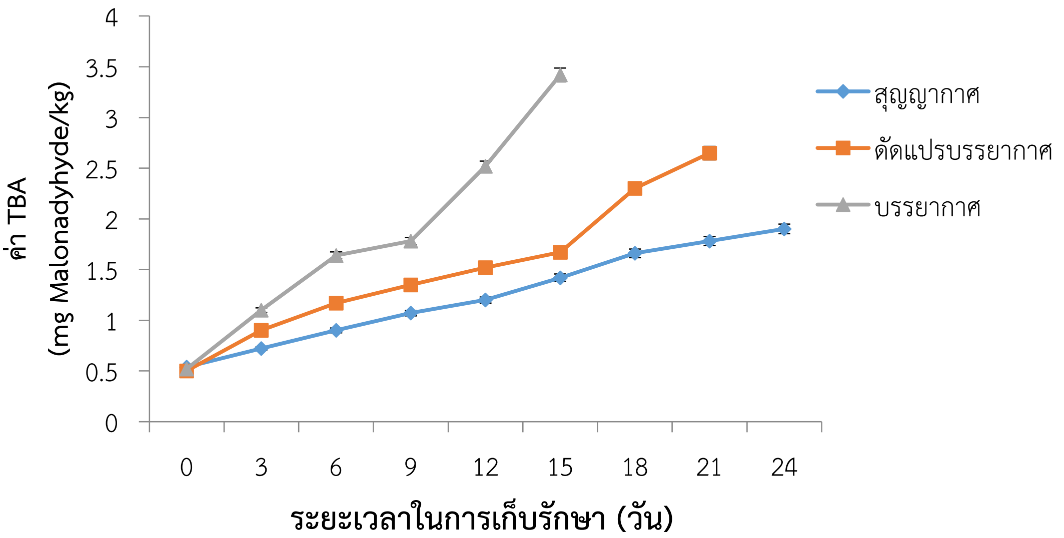


ภาพที่ 4.6 ปริมาณไตรเมททิลเอมีน (TMA) ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ

การวิเคราะห์ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก

ปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ (TBA) เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เป็นกระบวนการที่สามารถเกิดขึ้นได้ โดยมีแสงและอุณหภูมิเป็นตัวเร่ง ซึ่งจะเกิดกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (Polyunsaturated fatty acid: PUFA) ได้ง่าย และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอาหารด้านต่างๆ โดย Gray (1978) กำหนดเกณฑ์ไว้ว่าในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และอาหารทะเลนิยมใช้ค่า TBA เป็นดัชนีในการวัดการเสื่อมเสียคุณภาพของไขมันในอาหาร เมื่อค่า TBA อยู่ในช่วง 0.1-0.3 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม พบว่าไขมันเสื่อมเสียน้อย ค่า TBA มากกว่า 3 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม ทำให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้กลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้ และค่า TBA มากกว่า 7 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม ไขมันเสื่อมคุณภาพและมีกลิ่นรุนแรง ผลการวิเคราะห์ปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวทั้ง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%O_2 : 25%CO_2 : 25%N_2 เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 วัน แสดงดังภาพที่ 4.7 พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สภาวะ มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ตลอดระยะเวลา 30 วัน โดยการบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศมีค่า TBA เริ่มต้นเท่ากับ 0.52±0.50 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม เมื่อผ่านไป 15 วัน มีค่า TBA เพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.42 ±0.80 มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์/กิโลกรัม การบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ มีค่า TBA เริ่มต้นเท่ากับ 0.54±0.42 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม เมื่อผ่านไป 24 วัน มีค่า TBA เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.90±1.04 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม ส่วนการบรรจุแบบสภาวะดัดแปรบรรยากาศ มีค่า TBA เริ่มต้นเท่ากับ 0.50±0.32 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม เมื่อผ่านไป 21 วัน มีค่า TBA เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.65±0.92 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม แสดงดังภาพที่ 4.7 จากการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า

TBA เป็นผลมาจาก 2 ปัจจัยคือ 1) ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวคือ น้ำกะทิ ซึ่งมีองค์ประกอบของไขมันในปริมาณสูง ส่งผลให้เกิดกลิ่นผิดปกติจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย ปัจจัยที่ 2 มาจากสภาวะการบรรจุ การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ เป็นสภาวะที่มีปริมาณของออกซิเจน ซึ่งเป็นตัวกลางสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่า TBA เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สภาวะดัดแปรบรรยากาศ เป็นสภาวะที่ยังมีออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ใช้สภาวะดัดแปรบรรยากาศคือ 50%O_2 : 25%CO_2 : 25%N_2 ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในบรรจุภัณฑ์จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่จะเกิดช้ากว่าในสภาวะการบรรจุแบบบรรยากาศ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Masniyom et al., (2013) ที่ศึกษาผลของการบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลานิลแล่ที่พบว่า ค่า TBA ของปลานิลแล่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา บ่งบอกถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการเก็บรักษาส่วนการบรรจุแบบสุญญากาศพบการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA น้อยที่สุดเนื่องจาก การบรรจุแบบสุญญากาศเป็นการบรรจุโดยดึงเอาอากาศที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ออก โดยไม่มีการพ่นก๊าซแทนที่ มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องการการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน ได้แก่ ราทุกชนิดและแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน เช่น *Pseudomonas* sp. รวมทั้งป้องกันการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ต้องการออกซิเจน เช่น การเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชัน (lipid oxidation) (ชิดชนก ศุขศรีไพศาล, 2559; Dang *et al.*, 2018)



ภาพที่ 4.7 ปริมาณปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ (TBA) ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC : Total plate count) ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวทั้ง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%O_2 : 25%CO_2 : 25%N_2 เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 วัน แสดงดังตารางที่ 4.5 จากนั้นสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์คุณลักษณะด้านทางจุลินทรีย์ทุก 3 วัน โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์อาหารทะเลปรุงสุกที่กำหนดว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1.0×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มาตรฐานสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2552) พบว่าปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น เท่ากับ 1.3×10^2 cfu/g และในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ 1.1×10^6 cfu/g ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนด บริเวณผิวของเนื้อปลาหมึกมีลักษณะเป็นเมือกเหนียวและมีกลิ่นเน่าเสียรุนแรง จึงสรุปได้ว่าปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่บรรจุสภาวะบรรยากาศ สามารถเก็บรักษาไม่เกิน 12 วัน ณ อุณหภูมิเย็น (4±2องศาเซลเซียส) ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่บรรจุแบบสภาวะดัดแปรบรรยากาศ ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น เท่ากับ 1.3×10^2 cfu/g และในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ 4.2×10^6 cfu/g ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงสรุปได้ว่า ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่บรรจุสภาวะดัดแปรบรรยากาศ สามารถเก็บรักษาไม่เกิน 18 วัน ณ อุณหภูมิเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) ส่วนปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่บรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น เท่ากับ 1.1×10^2 cfu/g และในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ 1.5×10^6 cfu/g ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงสรุปได้ว่าปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่บรรจุสภาวะสุญญากาศ สามารถเก็บรักษาไม่เกิน 21 วัน ณ อุณหภูมิเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) จากผลการทดลองพบว่า สภาวะการเก็บรักษาแบบดัดแปรบรรยากาศและสภาวะสุญญากาศจะช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว เนื่องจากเมื่อมีการปรับสภาพบรรยากาศระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งก๊าซ CO_2 ที่ใช้นั้นมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการอากาศ ทั้งนี้เนื่องมาจากก๊าซ CO_2 มีคุณสมบัติเป็น Bacteriostatic สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Zouaghi and Cantalejo, 2016) นอกจากนี้ก๊าซ CO_2 สามารถละลายในน้ำที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของอาหาร เกิดเป็นกรดคาร์บอนิก จุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนต่อสภาวะความเป็นกรดไม่สามารถเจริญได้ (สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2558) แต่สภาวะดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ช่วงแรกเท่านั้น เนื่องจากมีการซึมผ่านของก๊าซ CO_2 ออกจากบรรจุภัณฑ์มากในระหว่างการเก็บรักษา ประสิทธิภาพของการยับยั้งจึงลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนการบรรจุในสภาวะสุญญากาศเป็นการดึงอากาศภายในภาชนะออกไปและผนึกแน่นไม่ให้มีอากาศเข้าไปได้อีก (Kachele *et al.*, 2017) การที่ไม่มีออกซิเจนจะช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจน ซึ่งมักเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร และการใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษา สามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนหรือใช้ออกซิเจนเพียง

เล็กน้อยในการเจริญเติบโต ส่งผลให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น (Dang *et al.*, 2018) สอดคล้องกับงานวิจัยของจันทิรา วงศ์วิเชียร และคณะ., (2562) ที่ศึกษาผลของการบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปูม้าต้ม (*Portunus pelagicus*) พบว่า การบรรจุแบบสุญญากาศสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและการเกิดออกซิเดชันของไขมัน สภาวะการเก็บรักษาปูม้าที่เหมาะสมที่สุดคือการบรรจุแบบสุญญากาศโดยสามารถเก็บรักษาปูม้าได้นาน 9 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)
บรรยากาศ	0	1.3×10^{2}
	3	2.8×10^{3}
	6	1.5×10^{4}
	9	7.5×10^{4}
	12	6.5×10^{5}
	15	1.1×10^{6}
	18	-
	21	-
	24	-
ดัดแปรบรรยากาศ	0	1.3×10^{2}
	3	2.5×10^{3}
	6	6.4×10^{3}
	9	2.2×10^{4}
	12	7.5×10^{4}
	15	5.4×10^{5}
	18	8.0×10^{5}
	21	4.2×10^{6}
	24	-
สุญญากาศ	0	1.3×10^{2}
	3	4.2×10^{2}
	6	4.3×10^{3}
	9	8.3×10^{3}
	12	1.2×10^{4}
	15	7.5×10^{4}
	18	1.5×10^{5}
	21	7.5×10^{5}
	24	1.5×10^{6}

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การปรับปรุงเนื้อสัมผัสและการศึกษาผลสภาวะการบรรจุที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ สรุปได้ดังนี้

1. สูตรการผลิตปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวประกอบด้วย ปลาหมึกร้อยละ 36.80 น้ำกะทิร้อยละ 33.20 ข้าวเหนียวร้อยละ 11.00 น้ำตาลแว่นร้อยละ 18.00 และเกลือร้อยละ 1.00 ส่วนวิธีการผลิตคือ นำปลาหมึกขนาด 8-9 เซนติเมตร มาล้างทำความสะอาด เอาเครื่องในออก นำข้าวเหนียวมาล้างและแช่น้ำตั้งไว้ 1 ชั่วโมง ล้างน้ำให้สะอาด สะเด็ดน้ำ และแช่น้ำกะทิ ประมาณ 10 นาที จากนั้นนำข้าวเหนียวมายัดใส่ในปลาหมึก ปิดด้วยหัวหมึก แล้วเอาไม้จิ้มฟันเสียบไว้ ใส่กะทิลงไปในหม้อ ตั้งไฟ ใส่น้ำตาลแว่นและเกลือ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที (ส่วนที่ 1) นำปลาหมึกมาสอดไส้ข้าวเหนียวมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (ส่วนที่ 2) จากนั้นนำส่วนที่ 1 และ 2 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปบรรจุในภาชนะ

2. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว โดยใช้วิธีฮีโดนิคสเกลแบบ 9 ระดับ พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ สีของปลาหมึก เนื้อสัมผัสของปลาหมึก ความนุ่มของข้าวเหนียว รสชาติ และความชอบรวมเท่ากับ 7.10, 7.11, 7.05, 7.17, 7.40 และ 7.51 ตามลำดับ หากมีการผลิตเพื่อวางจำหน่าย ผู้ทดสอบชิมจำนวน 68 คน จะซื้อผลิตภัณฑ์

3. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว 3 ชุดการทดลองคือ 1) การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ 2) การบรรจุแบบสุญญากาศ และ 3) การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศ 50%O_2 : 25%CO_2 : 25%N_2 เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 วัน ผลการทดลองพบว่า ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศ มีความแตกต่างของ ค่าพีเอช ค่า TVB-N ค่า TMA-N ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศและสภาวะดัดแปรบรรยากาศตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การบรรจุในสภาวะสุญญากาศ สามารถชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ ดังนั้นสภาวะการเก็บรักษาปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่เหมาะสมที่สุดคือ การบรรจุในสภาวะสุญญากาศ สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน 21 วันที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส โดยผลิตภัณฑ์มีค่าพีเอชเท่ากับ 6.92 ค่า TVB-N เท่ากับ 9.48 mg/100g ค่า TMA-N เท่ากับ 4.58 mg/100g ค่า TBA เท่ากับ 1.78 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 7.5×10^5 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารทะเลปรุงสุก ที่กำหนดเกณฑ์ไว้ว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มาตรฐานสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2552)

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษากระบวนการเก็บรักษาวิธีอื่นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กองควบคุมอาหาร. (2552). *คู่มือการปฏิบัติตามประกาศ กระทรวงสาธารณสุข เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค*. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวง สาธารณสุข.

จันทิรา วงศ์วิเชียร จุรีภรณ์ นวนมุสิก และจีราภรณ์ สังข์ผุด. (2562). ผลของการบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปูม้าต้ม (*Portunus pelagicus*). *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 11*(1), 1-17.

ชิดชนก ศุขศรีไพศาล. (2559). *การผลิตและเก็บรักษากุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภค โดยใช้เทคโนโลยีเฮิร์ดเดิล.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ตรีชฎา อุทัยดา. (2563). การพัฒนาลูกชิ้นหมูและศึกษาอายุการเก็บรักษาด้วยการเปรียบเทียบชนิดของบรรจุภัณฑ์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 22*(1), 45-51.

ธนภพ โสตรโยม ดวงกมล ตั้งสถิตพร ชญาภัทร์ กี่อาริโย นพพร สกุลยืนยงสุข น้อมจิตต์ สุธีบุตร ชมพูนุช เผื่อนพิภพ ดวงรัตน์ แซ่ตั้ง และสาวินี เพียรชำนาญ. (2562). *การยืดอายุการเก็บรักษาขนมจีนในภาชนะบรรจุร่วมกับสภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันสู่เชิงพาณิชย์เพื่อวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดภาคกลางตอนล่าง.* (รายงานวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ธีรวัฒน์ อภิปรัชญาฐิติกุล. (2554). *คุณภาพทางจุลชีววิทยา เคมี และกายภาพของ ไก่ต้มน้ำปลาที่แปรรูปโดยเทคโนโลยีเฮอร์เดิล*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พัชรี มีชัย และพรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์. (2550). ผลของสัดส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนต่ออายุการเก็บรักษาลูกชิ้นปลานิลที่เก็บภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปร. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ, 30*(3), 449-462.

นาฏกาญจน์ ชิณศรี. (2555). *ผลของการใช้น้ำมันหอมระเหยร่วมกับการบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปร ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของกุ้งแช่เย็น*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ปรมาภรณ์ เกิดทรัพย์ พรรณทิพา เจริญไทยกิจ ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล น้ำฝน รักขุมแก้ว และพิสุทธิ หนักแน่น. (2561). ผลของการบรรจุแบบสุญญากาศต่อคุณภาพทางเคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสของปลาส้มนครนายก. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี), 10*(19), 92-105.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. (2541). *บรรจุภัณฑ์อาหาร*. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม สมาคมการบรรจุภัณฑ์ไทย.

สมหวัง เล็กจริง และสุนิสา ศิริพงศ์วุฒิกร. (2557). *การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยนางรมพาสเจอร์ไรซ์ระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศ.* (รายงานวิจัย). สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2558). *การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนต ผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ: ผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน.* (รายงานวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2563). *การประยุกต์ใช้น้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์จากธรรมชาติเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาหมึกกล้วย.* (รายงานวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และชุตินุช สุจริต. (2562). ผลของสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อหอยตลับลวก (*Meretrix casta, Chemnitz, 1782*). *แก่นเกษตร, 47*(1), 1331-1336.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. (2549). *จุลชีววิทยาทางอาหาร*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จามจุรีโปรดักท์.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. (2554). เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

โสรยา เกิดพิบูลย์. (2558). *การใช้กระบวนการซูวีดในการผลิตเนื้อสเต็กพร้อมปรุงและมัสมั่นเนื้อ* (รายงานวิจัย). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อมมี เบญจมะ สุเฟียนี แวดอเลาะ และพายัพ มาศนิยม. (2559). คุณภาพผลิตภัณฑ์หมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่ปรุงเสร็จระหว่างเก็บรักษาในสภาวะเย็น. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง, 10* (2), 98-106.

อมรรัตน์ เจริญ และสุธีรา วัฒนกุล. (2561). ผลของการใช้กัมจากเมล็ดแมงลักต่อคุณภาพของแบตเตอร์และคุณภาพของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 26 (6)*, 993-1004.

เอกสิทธิ์ อ่อนสะอาด. (2540). *การผลิตและการศึกษาอายุการเก็บน้ำกะทิดัดแปลงไขมันบรรจุกระป๋อง.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC. (2000). *Official methods of analysis of association of official chemists* (17th). Washinton DC: The Association of official Analytical Chemists Inc.

Dang, H. T. T., Gudjonsdottir, M., Tomasson, T., Nguyen, M. V., Karlsdottir, M. G. & Arason, S. (2018). Influence of processing additives, packaging and storage conditions on the physicochemical stability of frozen Tra catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets. *Journal of Food Engineering, 238*, 148-155.

Ferdaous, Z. and Maria, J. C. (2016). Study of modified atmosphere packaging on the quality of ozonated freeze-dried chicken meat. *Meat Science, 119*, 123-131.

Gonçalves, A. A., Cybelly, T. and Santos, L. (2018). The effects of vacuum and modified atmosphere packaging on quality changes in seasoned cobia (R*achycentron canadum*) sticks stored under refrigeration. *Brazilian Journal Food Technology. 21*, 1-9.

Hasegawa, H. (1987). Laboratory manual on analytical stored at different temperatures. *Journal of methods and procedures for fish and fish Food Science, 55*, 1201-1205.

Qian, Y. F., Xie, J., Yang, S.-P., and Wu., W. H. (2013). Study of the quality changes and myofibrillar proteins of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under modified atmosphere packaging with varying CO_2 levels. *European Food Research and Technology, 236* (4), 629–635.

Masniyom, P., Benjama, O., and Maneesri J. (2013). Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on quality changes of refrigerated tilapia (Oreochromis niloticus) fillets. *International Food Research Journal, 20*(3), 1401-1408.

Rahmatipoor, R., Roomiani, L. and Sary, A. A. (2017). Effect of different packaging on the shelf life of silver carp *(Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at 4 °C. *Iranian Journal of Aquatic Animal Health, 3* (2), 22-35.

Teerawut, S. Phimnaen, R., and Muangham. (2014). Effect of modified atmosphere packaging on the physical and microbiological properties of shucked fresh oyster. *KKU Science Journal, 42* (3), 551-560.

Teerawut, S., Sangsriraung, K. and Kwan-on, P. (2016). Effect of modified atmosphere packaging on the physical and sensory properties of smoked oyster (*Saccostrea cucullata*) during refrigerated storage. *NU. International Journal of Science, 13* (1), 26 – 36.

Zouaghi, F. & Cantalejo, M. J. (2016). Study of modified atmosphere packaging on the quality of ozonated freeze-dried chicken meat. *Meat Science, 119,* 123-131.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

ก.1 การวัดค่าสี

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดค่าสี (colour) ตรา Hunter lab รุ่น Cx 1471

วิธีการ

1.เปิดเครื่อง และเลือกโปรแกรม STANDARDIZE โดยกดปุ่มสัญลักษณ์

2. ทำการ calibration

- วางแผ่นสีดำมาตรฐาน (Black Glass) ในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดสัญลักษณ์
- วางแผ่นสีขาวมาตรฐาน (White Glass) ในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดสัญลักษณ์
- หน้าจอเครื่องจะปรากฏ L* a* และ b*

3. วางตัวอย่างในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดปุ่มสัญลักษณ์

4. อ่านผลที่ได้จากเครื่อง พร้อมบันทึกผลการทดลอง

ก.2 การวัดค่าแรงกดของเนื้อสัมผัส

อุปกรณ์

1. เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable micro system รุ่น TA-XT2

วิธีการ

เตรียมตัวอย่างเพื่อวัดค่าแรงเฉือน (shear force) โดยหั่นตูปะซูตงขนาด 2×2×2 เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) โดยใช้หัววัด Warner bratzler ต่อเข้ากับเครื่อง Texture Profile Analysis (TPA) (TA.XT2) อัตราการเคลื่อนที่ของหัววัด 2 มิลลิเมตร/วินาที วิเคราะห์ตัวอย่างด้วยการทำซ้ำ 5 ครั้ง วัดคุณสมบัติทางลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ความแข็ง (Hardness)

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี

ข. 1 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระบอกตวง (cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. เครื่องวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอัตราส่วน (1:9) น้ำหนักเนื้อไก่ 10 กรัม ต่อน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร นำไป Homogenizer เป็นเวลา 2 นาที
2. วัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter
3. อ่านค่าและบันทึกผล

ข. 2 วิเคราะห์ปริมาณกรดไธโอบาบิทิวริค (Thiobabituric acid, TBA) ตามวิธี AOAC (2000)

1. Thiobabituric acid reagent

ละลายกรด Thiobabituric จำนวน 0.2883 กรัม ในสารละลายกรดอะซิติคความเข้มข้น 90% โดยการอุ่นเบาๆ แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยกรดอะซิติคความเข้มข้น 90% ใน Volumetric flask

วิธีการทำ

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ต่อน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปั่นด้วย Homogenizer เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเทลงในขวดกลั่น แล้วใช้น้ำกลั่นกลั้วล้างภาชนะที่ติดบีกเกอร์ให้หมด แล้วเทลงในขวดกลั่น
2. เติม 2.5 มิลลิลิตร 4 N HCl
3. กลั่นให้ได้ของเหลว 50 มิลลิลิตร (ภายในเวลา 10 นาที หลังเดือด)
4. ปิเปตของเหลวที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีฝาปิด
5. เติม 5 มิลลิลิตร TBA ปิดฝา เขย่า แล้วนำไปต้มให้ความร้อนด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที
6. ทำ blank พร้อมไปด้วย โดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และสารละลาย TBA 5 มิลลิลิตร เขย่าให้ความร้อนด้วยน้ำเดือด เป็นเวลา 35 นาที

ทำตัวอย่าง และ blank ให้เย็นภายในเวลา 10 นาที นำไปวัดค่า O.D. ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank คำนวณค่า TBA ดังนี้ TBA number = 7.8×O.D. (มิลลิกรัม malonaldehyde ต่อกิโลกรัม)

ข. 3 การวิเคราะห์ปริมาณด่างที่ระเหยได้ (TVB-N) และ ไตรเมทิลเอมีน (TMA-N)

วัสดุและอุปกรณ์

1. จานคอนเวย์
2. ไมโครบิวเรต
3. กระดาษกรอง

วัตถุดิบและสารเคมี

1. Mixed indicator : ละลายโบรโมครีซอลกรีน 0.01 กรัม และเมทิลเรด 0.02 กรัม ด้วยเอทานอล แล้วปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร

2. Inner ring solution : ละลายกรดบอริก 10 กรัม ในเอทานอล 200 มิลลิลิตร แล้วเติม Mixed indicator 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

3. ละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 นอร์มอล

4. สารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตอิ่มตัว : ละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) 60 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ต้มนาน 10 นาที ทำให้เย็นแล้วกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

5. ละลายกรดไตรคลอโรอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 4 : ละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก (CCl_2COOH) 40 กรัมในน้ำกลั่น 960 มิลลิลิตร

6. สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์อิสระเข้มข้นร้อยละ 10 : เติมแมกนีเซียมคาร์บอเนต (KCO_3) 10 กรัม ลงใน 100 มิลลิลิตร ของฟอร์มาลีน (สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์อิสระความเข้มข้นร้อยละ 35) เขย่าให้เข้ากันกรองผ่านกระดาษกรองทำให้เจือจาง 3 เท่าด้วยน้ำกลั่น

7. วาสลีน

วิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม เติมสารละลายกรดไตรคลอโรอะซีติกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 8 มิลลิลิตร โฮโมจิไนส์ให้ละเอียด ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 41 ปรับปริมาตรให้ ได้ 10 มิลลิลิตร (เก็บตัวอย่างในน้ำแข็งขณะที่ใช้)

การหาปริมาณด่างที่ระเหยได้ (TVB-N)

1. ทาวาสลีนที่ขอบฝาจานคอนเวย์
2. ดูดสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงในวงกลมชั้นนอกของจานคอนเวย์
3. ดูด Inner ring solution 1 มิลลิลิตร ลงในวงกลมชั้นในของจานคอนเวย์

4. ดูดสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตอิ่มตัว 1 มิลลิลิตร ลงในวงกลมชั้นนอกของจานคอนเวย์ คนละด้านกับสารในข้อ 2

5. ปิดฝาคอนเวย์ให้สนิท

6. เอียงหรือหมุนจานคอนเวย์เบาๆ ให้สารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตอิ่มตัวผสมกับตัวอย่าง ระวังอย่าให้ผสมกับ Inner ring solution ที่วงกลมชั้นใน

7. บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส บ่มนาน 45-60 นาที หรือทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง

8. เปิดฝาจานคอนเวย์ แล้วไตรเตรทวงกลมชั้นในด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนกระทั้งสีเขียวจางหายไป บันทึกผล

9. ทำ blank โดยใช้สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แทนตัวอย่าง

วิธีการคำนวณ

$$\text{TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง)} = \frac{(N)(14)(A-B)(V)(100)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

โดยที่ N = Normality ของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรท

A = มิลลิลิตร ของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรทตัวอย่าง

B = มิลลิลิตร ของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรท blank

V = ปริมาตรรวมของตัวอย่างละสารละลายของกรดไตรคลอโรอะซิติก ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง

การหาปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA-N)

1. ทำเช่นเดียวกับการหา TVB-N ข้อ 1-3

2. เติม 1 มิลลิลิตร ของสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์อิสระเข้มข้น 10 ผสมกับตัวอย่าง

3. ดูดสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตอิ่มตัว 1 มิลลิลิตร ลงในวงกลมชั้นนอกของจานคอนเวย์

4. ปิดฝาคอนเวย์ให้สนิทเอียงหรือหมุนจานคอนเวย์เบาๆ ให้สารภายนอกผสมกัน

5. บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส บ่มนาน 2 ชั่วโมง

6. เปิดฝาจานคอนเวย์ แล้วไตรเตรทวงกลมชั้นใน ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนกระทั่งสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีชมพู บันทึกผล

7. ทำ blank โดยใช้สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แทนตัวอย่าง

วิธีการคำนวณ

$$\text{TMA-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง)} = \frac{(N)(14)(C-B)(V)(100)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

โดยที่ N = Normality ของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรท

C = มิลลิลิตร ของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรทตัวอย่าง

B = มิลลิลิตร ของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรท blank

V = ปริมาตรรวมของตัวอย่างสารละลายของกรดไตรคลอโรอะซิติก ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์

ค.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count) ได้แก่ จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญด้วยเทคนิค pour plate (BAM, 2001)

สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate count agar (PCA)
2. peptone water ร้อยละ 0.1

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ลงในถุงที่มี peptone water ร้อยละ 0.1 ที่ปลอดเชื้อจำนวน 225 มิลลิลิตร แล้วทำให้เข้ากันโดยการเขย่าเป็นเวลา 1 นาที
2. ทำการเจือจางให้ 10^{-1}-10^{-6} โดยใช้ peptone water ร้อยละ 0.1
3. ดูดตัวอย่างความเจือจางที่เหมาะสมจากข้อ 1.2 อย่างละ 1.0 มิลลิลิตร (ทำ 3 ซ้ำ) ลงในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว
4. เทอาหาร PCA ซึ่งกำลังหลอมเหลวและมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อจานละประมาณ 15-20 มิลลิลิตร

5. เขย่าจานเพาะเชื้อให้อาหารเลี้ยงเชื้อผสมกับตัวอย่างที่เจือจาง โดยการหมุนจานเพาะเชื้อในทิศตามเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง ทวนเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง ทำอย่างระมัดระวังและรวดเร็วเพื่อไม่ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวก่อน

6. ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว

7. สำหรับจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ นำไปใส่ใน anaerobic jar แล้วกำจัดอากาศออก

8. บ่มเพาะเชื้อที่ 4 องศาเซลเซียส (จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ) และ 35-37 องศาเซลเซียส (จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ) ในลักษณะคว่ำจานเพาะเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

9. ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อประมาณ 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง = ค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนี × ระดับความเจือจาง

ภาคผนวก ง. แบบสอบถามทางประสาทสัมผัส

ง.1 แบบสอบถามทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั่วไป

แบบสอบถามทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั่วไป

แบบสอบถามความคิดเห็นผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

คำชี้แจง งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) ให้ตรงกับความชอบและความพึงพอใจของผู้บริโภค ทั้งนี้เพื่อให้งานวิจัยดังกล่าวบรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการกรอกแบบสอบถามด้วยข้อมูลที่เป็นจริงเพื่อความสมบูรณ์ในงานวิจัย และทางผู้วิจัยขอขอบคุณในความร่วมมือที่ดีของท่าน ทั้งนี้ข้อมูลจากแบบสอบถามดังกล่าวจะถูกเก็บเป็นความลับและใช้เฉพาะในงานวิจัยเท่านั้น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบแบบสอบถาม

โปรดกรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย √ ลงในช่อง ☐ ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. เพศ

☐ 1.) ชาย ☐ 2.) หญิง

2. อายุ

☐ 1.) ต่ำกว่า 20 ปี ☐ 2.) 20 - 29 ปี

☐ 3.) 30 - 39 ปี ☐ 4.) 40 – 49 ปี

☐ 6.) 50 ปีขึ้นไป

3. อาชีพ

☐ 1.) นักเรียน/นักศึกษา ☐ 2.) ประกอบธุรกิจส่วนตัว

☐ 3.) พนักงานบริษัทเอกชน ☐ 4.) รับราชการ/ลูกจ้าง

☐ 5.) พนักงานรัฐวิสาหกิจ ☐ 6.) อื่นๆ (โปรดระบุ)..........................

5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

☐ 1.) ต่ำกว่า 10,000 บาท ☐ 2.) 10,000 – 19,999 บาท

☐ 3.) 20,000 - 29,999 บาท ☐ 4.) 30,000 – 39,999 บาท

☐ 5.) 40,000 – 49,999 บาท ☐ 6.) 50,000 บาท ขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคตูปะซูตง

โปรดกรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง ☐ ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. คุณรู้จักปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) หรือไม่ (ถ้าไม่รู้จักข้ามไปทำข้อ 2,3)

☐ 1.) รู้จัก ☐ 2.) ไม่รู้จัก

1.1คุณชอบรับประทานปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) หรือไม่

☐ 1.) ชอบ ☐ 2.) ไม่ชอบ

1.2 คุณสามารถเลือกซื้อปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) จากที่ใด

☐ 1.) ตลาด ☐ 2.) ภัตตาคาร

☐ 3.) ร้านอาหาร ☐ 4.) อื่นๆ...............

1.3 เกณฑ์ที่คุณใช้ในการเลือกรับประทานปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) คือ

☐ 1.) รสชาติดี ☐ 2.) ราคาถูก ☐ 3.) มีวางขายทั่วไป

☐ 4.) อื่นๆ............

1.4 ความถี่ในการเลือกรับประทานปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) ของท่าน *

☐ 1.) 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์

☐ 2.) 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์

☐ 3.) มากกว่า 6 ครั้งต่อสัปดาห์

☐ 4.) 2-3 ครั้งต่อเดือน

☐ 5.) อื่น ๆ (โปรดระบุ)............................

1.5 ท่านรับประทานปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) เป็นอาหารมื้อใด

☐ 1.) มื้อเช้า ☐ 2.) มื้อเที่ยง ☐ 3.) มื้อเย็น ☐ 4.) อื่นๆ............

3. หากมีการผลิตปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) แช่เย็นเพื่อจำหน่าย คุณคิดว่าจะซื้อหรือไม่

☐ 1.) ซื้อ ☐ 3.) ไม่แน่ใจ

☐ 2.) ไม่ซื้อ ☐ 4.) อื่นๆ............

ส่วนที่ 3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

คำชี้แจง กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละปัจจัยที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านให้มากที่สุด และกรุณาบ้วนปากทุกครั้งก่อนชิมแต่ละตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด　4 = ไม่ชอบเล็กน้อย　7 = ชอบปานกลาง
2 = ไม่ชอบมาก　5 = เฉยๆ　8 = ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง　6 = ชอบเล็กน้อย　9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	**คะแนน**
ลักษณะปรากฏ	
สีของปลาหมึก	
เนื้อสัมผัสของปลาหมึก	
ความนุ่มของข้าวเหนียว	
รสชาติ	
ความชอบรวม	

ส่วนที่ 4 ผลของความพอดี (JAR) ของผู้บริโภคที่มีต่อปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง)

ตัวอย่าง	**ลักษณะที่ประเมิน**	**ความถี่ (%)**			**ทิศทางการปรับปรุง**
		น้อยไป	**พอดี**	**มากไป**	
ตูปะซูตง	**ความเหนียวของปลาหมึก**				
	ความนุ่มของข้าวเหนียว				
	ความข้นของน้ำกะทิ				
	ความเค็ม				
	ความหวาน				

ส่วนที่ 5 คุณยอมรับผลิตภัณฑ์ปลาหมึกสอดไส้ข้าวเหนียว (ตูปะซูตง) เพียงใดโปรดระบุระดับการยอมรับ

การยอมรับ	**น้อยที่สุด**	**น้อย**	**ปานกลาง**	**มาก**	**มากที่สุด**
ตูปะซูตง					

ข้อเสนอแนะ..
....

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ – สกุล นางสาวกมลทิพย์ กรรไพเราะ

ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

สังกัด คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

ประวัติการศึกษา

- วท. ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต หาดใหญ่
- วท. บ. (อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ผลงานทางวิชาการ

งานวิจัย

กมลทิพย์ กรรไพเราะ ภัทรวดี เอียดเต็ม และภารดี พละไชย. (2563). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส: กรณีศึกษา อ.ธารโต จ.ยะลา*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง ภัทรวดี เอียดเต็ม สุธีรา ศรีสุข และนุชเนตร ตาเย๊ะ (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อัตลักษณ์อาหารท้องถิ่นใน 3 จังหวัดชายแดนใต้*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ จริยา สุขจันทรา และภารดี พละไชย. (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของข้าวหอมกระดังงาชนิดแท่ง*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ วิภาดา มุนินทร์นพมาศ และภัทรวดี เอียดเต็ม. (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และนิภาภัทร์ กุณฑล (2562). *การพัฒนาขนมไทยลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช* , ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2561). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเจ๊ะเหมชงพร้อมดื่มพร้อมบริโภค,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และภารดี พละไชย (2560). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาล: น้ำสลัดแขกไขมันต่ำ,* คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ นัสรินทร์ สุหลงกูด และแวนาซีเราะห์ แวมามุ. (2559). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแขกพาสเจอไรส์พร้อมบริโภค*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และสุธีรา ศรีสุข. (2559). *การพัฒนาและใช้ประโยชน์จากดาหลาเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเชิงสุขภาพ*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, จีรวุธ มุนินทร์นพมาศ, อับดุลนาเซร์ ฮายีสาเมาะ, และสุธีรา ศรีสุข. (2558). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสพริกไทยดำของหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

สมทบ เวทโอสถ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, และอิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. (2558). *ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพผลของส้มโชกุน,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

บทความ

กมลทิพย์ กรรไพเราะ , นิภาภัทร์ กุณฑล , ภัทรวดี เอียดเต็ม , ภารดี พละไชย , ซุไรดา มะ และรอฮานี มะเซ็ง. (2565). ผลของปัจจัยในกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของเห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 27*(1): 345-360.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ กัสมีนี เล๊ะนุ และอาลีฟ กาเจ็ง. (2563). การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 5*(2): 7-21.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2563). ผลของการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินต่อคุณภาพของน้ำชาเจ๊ะเหมชงพร้อมดื่ม สำเร็จรูป. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 25*(3): 1067-1082.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2561). ผลของการใช้สารทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพของกัมมี่เยลลี่ดาหลา. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 23*(2): 944-958.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2559, กรกฎาคม-ธันวาคม). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาซาดีนแดดเดียวโดยใช้ตู้อบลมร้อน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 2*(1): 7-21.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และสุธีรา ศรีสุข. (2559). การพัฒนากัมมี่เยลลี่ดาหลาพลังงานต่ำด้วยซูคราโลส. ใน *รายงานการประชุมงานประชุมวิชาการเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14 “เกษตรและสุขภาพ” (Agriculture and Health) ประจำปี 2559 วันที่ 1-2 พฤศจิกายน 2559.* พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สมทบ เวทโอสถ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, และอิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. (2558). ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพผลของส้มโชกุน. ใน *รายงานการประชุมบริการวิชาการครั้งที่ 54 ประจำปี 2559 วันที่ 2-5 กุมภาพันธ์ 2559.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, จีรวุธ มุนินทร์นพมาศ, อับดุลนาเซอร์ ฮายีสาเมาะ และสุธีรา ศรีสุข. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสพริกไทยดำของหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป. ใน *รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 ประจำปี 2558 วันที่ 5 สิงหาคม 2558*. นราธิวาส : มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

Kanpairo, K., Usawaketmanee, W., Sirivongpaisal, P. and Siripongvutikorn, S. (2012). The compositions and properties of spray dried tuna flavor powder produced from tuna precooking juice. *International Food Research Journal, 19* (3), 893-899.

หนังสือ / เอกสารทางวิชาการ

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2563). *เอกสารประกอบการสอนวิชาเคมีผลิตภัณฑ์อาหาร.* พิมพ์ครั้งที่ 1. ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.