

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนากะปิลดโซเดียม

Development of Reduced Sodium Shrimp paste

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ดร.รังสิมา ดรุณพันธ์

สาขาวิชาโภชนาการและการกำหนดอาหาร

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ AHS๐๒/๒๕๖๔

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2564

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

พฤศจิกายน พ.ศ. 2566

หัวข้อวิจัย การพัฒนากะปิลดโซเดียม
Development of Reduced Sodium Shrimp paste
ชื่อผู้วิจัย ดร.รังสิมา ดรณพันธ์
หน่วยงาน คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ปีงบประมาณ 2564

บทคัดย่อ

กะปิเป็นอาหารหมักจากกุ้งของประเทศไทย มีสีม่วงชมพูไปจนถึงน้ำตาลดำ กลิ่นเฉพาะตัว นิยมนำมาบริโภคเป็นเครื่องปรุงรสอาหารกันอย่างแพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตาม กะปิมิปริมาณโซเดียมค่อนข้างสูงเนื่องจากเกลือถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากะปิสูตรลดโซเดียม โดยทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ จากนั้นนำมาทดสอบทดสอบทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของกะปิสูตรลดโซเดียมที่คัดเลือกเปรียบเทียบกับสูตรทั่วไป ซึ่งกะปิถูกพัฒนาขึ้นมาทั้งหมด 5 สูตร คือ สูตรทั่วไป (con) และสูตรลดโซเดียม 4 สูตร (A, B, C และ D) จากนั้นคัดเลือกอาสาสมัครสุขภาพดีจำนวน 50 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยแบบสอบถาม Facial hedonic scaling แบบ 5 ระดับ โดยทำแบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานและประเมินความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความพึงพอใจ จากผลการทดลองพบว่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความพึงพอใจโดยภาพรวมของสูตรทั่วไป (con) กับสูตรลดโซเดียม B ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงคัดเลือกกะปิสูตรลดโซเดียม B ที่มีอัตราส่วนของ NaCl:KCl เท่ากับ 50:50 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และความหลากหลายของจุลินทรีย์ พบว่ากะปิสูตรลดโซเดียม B มีค่าพีเอช ร้อยละของความชื้น และค่า a_w เท่ากับ 7.12, 33.35 และ 0.692 ตามลำดับ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 13.97, 24.24, 1.85 และ 26.43 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณโซเดียมในกะปิสูตรลดโซเดียม B มีค่าเท่ากับ $4,030.09 \pm 6.89$ มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งลดลงจากกะปิสูตรทั่วไป ($5,816.38 \pm 2.56$ มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) คิดเป็นร้อยละ 30.71 ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น 13.41 เท่า เมื่อเทียบกับสูตรทั่วไป ส่วนชนิดของกรดอะมิโนและกรดไขมันที่พบในกะปิทั้งสองสูตรมีความคล้ายคลึงกัน อีกทั้งความหลากหลายของแบคทีเรียที่พบในกะปิทั้งสูตรทั่วไปและสูตรลดโซเดียมที่คัดเลือกนั้นมีความใกล้เคียงกัน และยังเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก การสร้างกลิ่นรสและสีในกะปิ ดังนั้น สรุปได้ว่ากะปิสูตรลดโซเดียม B ที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสุขภาพทดแทนกะปิสูตรทั่วไปในการปรุงประกอบอาหารได้ ทั้งในบุคคลทั่วไปที่ต้องการลดปริมาณโซเดียมในอาหาร หรือผู้ป่วยที่ต้องจำกัดปริมาณโซเดียมได้

Abstract

The traditional fermented shrimp paste (*Ka-pi*), a purple-pink to dark brown color and unique flavor is widely consumed as a seasoning ingredient in Thailand. However, the sodium content of shrimp paste is quite high owing to the large amount of salt used as the main raw material in the production process. The objective of this study was to develop low-salt fermented shrimp paste by replacing it with potassium chloride and determine the sensory test, physical, chemical properties, and bacterial communities of selected reduced-sodium shrimp paste in comparison to the general formula. A total of 5 shrimp paste formulas were developed, consisting of a general formula (con) and four reduced-sodium formulas (A, B, C, and D). Then, fifty healthy volunteers were recruited for sensory evaluation by using a 5-point facial hedonic scaling questionnaire. They completed basic information and assessed sensory satisfaction in terms of appearance, color, odor, texture, taste, and Overall satisfaction. The results showed that the average satisfaction scores of the general formula (con) and reduced-sodium formula (B) in terms of appearance, color, odor, texture, taste, and overall satisfaction were not significantly different. The reduced-sodium B shrimp paste formula with a ratio of NaCl:KCl equal to 50:50 was selected to analyze the physical, chemical properties and microbial communities. The reduced-sodium B shrimp paste contained the pH, percentage of moisture content, and a_w were 7.12, 33.35, and 0.692, respectively. The carbohydrate, protein, fat, and ash content of reduced-sodium B shrimp paste were 13.97, 24.24, 1.85, and 26.43 mg/100g, respectively. The sodium content of reduced-sodium B shrimp paste was $4,030.09 \pm 6.89$ mg/100g, which was 30.71% lower than the general shrimp paste (con) ($5,816.38 \pm 2.56$ mg/100g), while the potassium content increased 13.41 times compared to the general formula. The amino acids and fatty acids profiles in both shrimp paste formulas were similar. Moreover, the diversity of bacteria found in shrimp paste in both the general formula and the selected reduced-sodium B formula was similar. It is also a group of bacteria involved in the fermentation process, development of flavor and color in shrimp paste. Therefore, it can be concluded that the developed reduced-sodium B shrimp paste formula can be used as a healthy alternative seasoning ingredient product in place of the general shrimp paste formula which both in healthy people who want to reduce the amount of sodium in their food or patients who must limit sodium intake.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ 2564 (ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัยรุ่นใหม่) สัญญาเลขที่ AHS๐๒/๒๕๖๔

ขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่สละเวลาเข้ามาเข้าร่วมโครงการวิจัยครั้งนี้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการตอบแบบสอบถาม และการทำการทดสอบต่าง ๆ ทำให้โครงการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงขอขอบคุณคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่สำหรับศึกษาวิจัยจนทำให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ดร.รังสิมา ดรุณพันธ์

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 16 พฤศจิกายน 2566

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กะปิ (Shrimp paste)	3
2.2 องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของกะปิ	3
2.3 จุลินทรีย์ที่พบในกะปิ	5
2.4 โซเดียม (Na)	6
2.5 โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride, KCl)	7
2.6 แนวทางการลดบริโภคโซเดียมของภาคีเครือข่าย	7
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ขั้นตอนการผลิตกะปิ	9
3.2 การขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	9
3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)	9
3.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของกะปิสุตรลดโซเดียมที่คัดเลือกและกะปิสุตรทั่วไป	12
3.5 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกะปิสุตรลดโซเดียมที่คัดเลือกและกะปิสุตรทั่วไป	12
3.6 การหาปริมาณ Total phenolic content และการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี FRAP (Ferric reducing antioxidant power)	13
3.7 วิเคราะห์กลุ่มของแบคทีเรียทั้งหมดในกะปิ	14
3.8 วิธีการประเมินผล/ สังเคราะห์ข้อมูล	15
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	16
4.2 อภิปรายผล	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	31
5.2 ข้อเสนอแนะ	31
5.3 ปัญหาและอุปสรรค	31
บรรณานุกรม	32
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก เอกสารการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	38
ภาคผนวก ข แบบสอบถามสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส	40
ภาคผนวก ค งบประมาณรายจ่ายของโครงการวิจัย	44
ภาคผนวก ง เอกสารเอกสารอนุมัติรายงานความก้าวหน้า และขยายเวลาดำเนินการวิจัย	46

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 : แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกะปิ	5
ตารางที่ 3.1 : เกณฑ์การแปลความหมายความพึงพอใจ	10
ตารางที่ 3.2 : แสดงส่วนประกอบของเมนูหมูผัดกะปิ	11
ตารางที่ 4.1 : จำนวนและร้อยละของข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 50 คน	16
ตารางที่ 4.2 : แสดงค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของกะปิทั้ง 5 สูตร	19
ตารางที่ 4.3 : แสดงองค์ประกอบทางกายภาพของตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไปกับสูตรที่คัดเลือก	20
ตารางที่ 4.4 : แสดงองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไปกับสูตรที่คัดเลือก	21
ตารางที่ 4.5 : แสดงชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไปและสูตรที่คัดเลือก	22
ตารางที่ 4.6 : แสดงชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไปและสูตรที่คัดเลือก	23
ตารางที่ 4.7 : ประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี FRAP ของกะปิสูตรทั่วไป (con) และสูตรลดโซเดียม B	26
ตารางที่ 4.8 : แคลที่เรีย 15 อันดับที่พบมากที่สุดในกะปิสูตรทั่วไปและสูตรที่คัดเลือก	26

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 : แสดงกระบวนการผลิตกะปิ	4
ภาพที่ 4.1 : แสดงลักษณะปรากฏของ a.) กะปิสูตรทั่วไป (con) และ b.) กะปิสูตรลดโซเดียม B	20
ภาพที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในกะปิสูตรทั่วไป (con) และสูตรลดโซเดียม B	25
ภาพที่ 4.3 : เมแทบอลิซึมของแบคทีเรียทั้งหมดในกะปิสูตรทั่วไป (con) และสูตรลดโซเดียม B	27

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กะปิ (Shrimp paste) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมัก มีลักษณะสีม่วงเทา ม่วงอมชมพู ไปจนถึงสีน้ำตาลดำ รสเค็ม มีกลิ่นรสเฉพาะตัว วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตคือ กุ้งเคยหรือกุ้งขนาดเล็ก (*Acetes indicus*, *Acetes japonicas*, *Acetes erythraeus*, *Mesopodopsis orientalis*, *Acetes vulgaris*) และเกลือโซเดียมคลอไรด์ ในอัตราส่วนกุ้งต่อเกลือประมาณ 3-10 : 1 (w/w) ใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 1 ถึง 3 เดือน^{1,2} เกลือมีบทบาทหลักในการถนอมอาหาร ยืดอายุการเก็บรักษา และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรค กะปಿನิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการปรุงประกอบอาหารที่นิยมมากในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยแต่ละประเทศมีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น *Ka-pi* (ประเทศไทย) *Terasi* (อินโดนีเซีย) *Ngapi* (พม่า) *Belacan* (มาเลเซีย) *Mam ruoc* (เวียดนาม) *Bagoong* (ฟิลิปปินส์) และ *seawoojeo* (เกาหลี) เป็นต้น^{3,4} ในประเทศไทย กะปิจัดเป็นเครื่องปรุงรสที่ได้รับความนิยมมากจากผู้บริโภค เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัว นิยมใช้เป็นเครื่องจิ้ม หรือปรุงรสอาหารคาวได้หลากหลายเกือบทุกชนิด มีการผลิตและจำหน่ายมากในแถบจังหวัดทางภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ระนอง นครศรีธรรมราช ชลบุรี ตราด เป็นต้น นอกจากนี้กะปิยังประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด เช่น ไลซีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน อะลานีน กรดกลูตามิก และกรดแอสพาร์ติก ทั้งนี้ยังพบกรดแกมมา อะมิโนบิวเทริก (Gamma - Aminobutyric acid: GABA)⁵ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย^{1,2}

จากข้อมูลของสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่า กะปิ 1 ช้อนโต๊ะ มีปริมาณโซเดียมเท่ากับ 1,430 – 1,490 มิลลิกรัม ถึงแม้โซเดียมเป็นแร่ธาตุสำคัญที่จำเป็นต่อร่างกาย แต่ต้องบริโภคในปริมาณที่เหมาะสม หากผู้บริโภคมีการบริโภคเค็มมากเกินไป อาจส่งผลให้ได้รับปริมาณโซเดียมสูงเกินกว่าความต้องการต่อวัน องค์การอนามัยโลกจึงได้กำหนดการบริโภคโซเดียม ไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน หรือเท่ากับเกลือ 1 ช้อนชา แต่จากการสำรวจประเทศไทยในปัจจุบัน พบว่าคนไทยมีพฤติกรรมการบริโภคโซเดียมเกินความจำเป็นโดยเฉลี่ยประมาณ 2 เท่าจากปริมาณที่ร่างกายต้องการ ประมาณ 10.8 กรัมต่อวัน^{6,7}

จากความกังวลเรื่องการบริโภคเค็มของคนไทย ที่นำไปสู่อุบัติการณ์โรคความดันโลหิตสูง และโรคเกี่ยวกับหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มขึ้นอย่างมาก หลายภาคส่วนทั้งภาครัฐและเอกชน จึงต้องการรณรงค์ให้ประชาชนตระหนักถึงโทษของการบริโภคเกลือหรือโซเดียมเกิน เพื่อลดภาระโรคจากกลุ่มโรคไม่ติดต่อ (NCDs) และลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลทั้งในระดับบุคคล ครอบครัว และประเทศชาติ ด้วยเหตุนี้เอง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สามารถลดปริมาณโซเดียมได้

ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ ทางผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์กะปิให้มีปริมาณโซเดียมลดลง โดยการทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ในปริมาณที่เหมาะสม จะสามารถนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสุขภาพให้แก่ผู้บริโภคทั่วไป และผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงได้ อีกทั้งงานวิจัยนี้ยังเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยในการขับเคลื่อนแผนยุทธศาสตร์ลดการบริโภคเกลือและโซเดียมในประเทศไทย พ.ศ. 2559-2568 ของกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุขด้วย และหากผลิตภัณฑ์กะปิสูตรลดโซเดียมได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค เพื่อนำมาใช้ทดแทนกะปิสูตรทั่วไปได้ จะทำให้เกิดการสร้างผลิตภัณฑ์ทางเลือกสุขภาพใหม่ สร้างรายได้ให้แก่ชุมชนในอนาคตอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากะปิสูตรลดโซเดียม โดยทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่เหมาะสม
2. เพื่อทดสอบความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อกะปิสูตรลดโซเดียม
3. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของกะปิสูตรลดโซเดียมเปรียบเทียบกับสูตรทั่วไป

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์กะปิสูตรลดโซเดียม ที่ทดแทนด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่เหมาะสม
2. ได้ทราบถึงความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อกะปิสูตรลดโซเดียมที่พัฒนาขึ้น
3. ทราบองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กะปิสูตรลดโซเดียมที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลและศึกษาต่อยอดในอนาคต
4. นำไปใช้เป็นแนวทางในการผลิตกะปิลดโซเดียมสู่ชุมชน เป็นการสร้างรายได้ สร้างอาชีพ สร้างผลิตภัณฑ์ทางเลือกสุขภาพ สำหรับบุคคลที่ต้องการลดปริมาณโซเดียมจากอาหารที่บริโภค หรือสำหรับผู้ป่วยที่ต้องจำกัดปริมาณโซเดียมในอาหาร หรือผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง
5. ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปเผยแพร่ตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการฐานข้อมูล TCI หรือนานาชาติ ในฐาน Scopus อย่างน้อย 1 เรื่อง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษารัชนีนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental Research) มุ่งเน้นเพื่อพัฒนากะปิลดโซเดียม ที่ทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยกะปิลดโซเดียมสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคหรืออาสาสมัครมากที่สุดโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส จะถูกคัดเลือกเพื่อนำไปใช้ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมี รวมถึงการศึกษากลุ่มของแบคทีเรียทั้งหมด เปรียบเทียบกับกะปิสูตรทั่วไปต่อไป

สถานที่ใช้ในการทำกะปิจะเป็นชุมชนท้องถิ่นที่มีการผลิตกะปิ ในตำบลปากนคร อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์คอยให้คำแนะนำ

บทที่ 2

วรรณกรรมและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กะปิ (Shrimp paste)

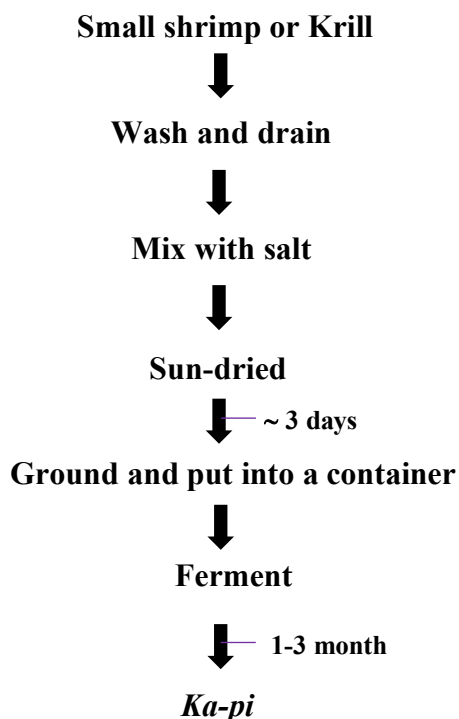
กะปิ (Shrimp paste) ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากกุ้ง เป็นวัตถุดิบหรือเครื่องปรุงรสอาหารที่มีการบริโภคอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศไทยและประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยแต่ละประเทศมีกระบวนการผลิตและชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น *Ka-pi* (ประเทศไทย) *Terasi* (อินโดนีเซีย) *Ngapi* (พม่า) *Belacan* (มาเลเซีย) *Mam ruoc* (เวียดนาม) *Bagoong* (ฟิลิปปินส์) และ *seawoojeo* (เกาหลี) เป็นต้น^{3,4} กะปิเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัว รสเค็ม จึงนิยมใช้เป็นเครื่องจิ้ม หรือเครื่องปรุงรสอาหารคาวได้หลากหลายเมนู ยกตัวอย่างเช่น น้ำพริกกะปิ แกงเหลือง แกงกะทิ น้ำปลาทูหวาน เป็นต้น โดยทั่วไปกะปิจะมีสีม่วงเทา ม่วงชมพูไปจนถึงสีน้ำตาลดำ กลิ่นและรสแตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่น ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต ชนิดของกุ้ง ปริมาณเกลือ ระยะเวลาในการหมัก และจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมัก⁸

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตกะปิ คือ กุ้งเคยหรือกุ้งขนาดเล็ก (*Acetes indicus*, *Acetes japonicas*, *Acetes erythraeus*, *Mesopodopsis orientalis*, *Acetes vulgaris*) และเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในอัตราส่วนกุ้งต่อเกลือประมาณ 3-10 : 1 (w/w) ใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 1 ถึง 3 เดือน ที่อุณหภูมิ 28 - 30 องศาเซลเซียส^{1,2} กระบวนการผลิตกะปิ⁸ แสดงในรูปที่ 2.1

กระบวนการหมักของกะปิมักเกิดขึ้นจากเอนไซม์ไฮโดรเลสที่ผลิตจากกลุ่มแบคทีเรียชอบเค็ม (Halophilic Bacteria) โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ชอบเค็มปานกลาง (Moderately halophilic bacteria) ที่อาศัยอยู่ในกุ้ง โดยเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญ ได้แก่ โปรตีเอส ไลเปส และเอสเทอร์เรส เป็นต้น เกิดเป็นสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ (Volatile compounds) เช่น Aldehydes, Alcohol compounds, Carbonyl, acids, Esters, Ketones, Hydrocarbons, N-containing, S-containing และ Phenolic compounds⁹ จึงส่งผลทำให้กะปิมีกลิ่นและรสเฉพาะตัว

2.2 องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของกะปิ

จากการรวบรวมข้อมูลการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กะปิ^{5,8,10,11} พบว่า ค่าความเป็นกรดต่างในตัวอย่างกะปิ อยู่ในช่วง 5.5 ถึง 8.4 ค่าสีแสดงในรูปของค่า L^* , a^* และ b^* อยู่ในช่วง 29.6 - 51.84, 5.24 - 15.39 และ 4.56 - 17.91 ตามลำดับ ส่วนค่าความชื้น (%) และวอเตอร์แอกติวิตี หรือค่า a_w จะอยู่ในช่วง 23.0 ถึง 52.54 และ 0.64 ถึง 0.74 ตามลำดับ ซึ่งกะปิจัดอยู่ในประเภทอาหารที่มีความชื้นปานกลาง (Intermediate moisture food) และค่า a_w ที่ต่ำนี้จะช่วยในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรค และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กะปิได้นานขึ้น เกลือโซเดียมคลอไรด์ที่พบในกะปิ อยู่ในช่วงร้อยละ 4 ถึง 40 ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี (โปรตีน ไขมัน เถ้า และ %NaCl) ของผลิตภัณฑ์กะปิ⁸ แสดงในตารางที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงกระบวนการผลิตกะปิ (Daroonpunt และคณะ, 2020)⁸

ชนิดของกรดอะมิโนที่พบได้ในตัวอย่างกะปิ ได้แก่ กรดกลูตามิก ไลซีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน กรดแอสพาทิก⁵ อะลานีน แอสพาราจีน วาลีน⁹ กลุ่มสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ที่พบในกะปิ ประกอบด้วย Aldehydes, Alcohol compounds, Carbonyl, acids, Esters, Ketones, Hydrocarbons, N-containing, S-containing และ Phenolic compounds^{9,12} จึงส่งผลทำให้กะปิมีกลิ่นและรสเฉพาะตัว นอกจากนี้ Fan และคณะ (2017)¹³ ได้รายงานสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ที่ทำให้เกิดลักษณะกลิ่นรสเฉพาะตัวในกะปิ คือ dimethyl disulfide, dimethyl tetrasulfide, dimethyl trisulfide, 2,3,5-trimethyl-6-ethyl pyrazine, ethyl-2,5-dimethyl-pyrazine, phenol and indole⁹

จากการศึกษากรดแกมมา อะมิโนบิวเทอริก หรือสารกาบาในผลิตภัณฑ์กะปิ พบว่ามีสารกาบาอยู่ 0.7-2.6 ไมโครกรัมต่อกรัม⁵ ซึ่งสารกาบาทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาทประเภทสารยับยั้งในระบบประสาทส่วนกลาง เพื่อรักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้น ทำให้สมองเกิดการผ่อนคลายและลดความกังวล อีกทั้งถูกนำมาใช้ในการรักษาโรคเกี่ยวกับระบบประสาทต่าง ๆ หลายโรค เช่น โรคนอนไม่หลับ โรควิตกกังวล และโรคลมชัก เป็นต้น¹⁴ นอกจากนี้ในผลิตภัณฑ์กะปิ ยังศึกษาพบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย^{1,2}

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกะปิ (Daroonpunt และคณะ, 2020)⁸

ผลิตภัณฑ์	ความชื้น (%)	ค่า a_w	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	pH	ถั่ว (%)	NaCl (%)
<i>Ka-pi</i>	33.95-52.19	0.64-0.72	17.9-42.8	ND	6.90-8.10	ND	7.0-10.85
<i>Ka-pi</i>	37.36-46.85	0.70-0.74	18.95-25.14	0.69-2.05	7.01-7.71	0.69-2.05	19.78-22.96
<i>Ka-pi</i>	33.79-52.54	0.70-0.77	29.44-53.27	1.41-3.67	7.01-8.40	33.80-50.50	22.77-35.47
<i>Ka-pi</i>	36.78-49.93	ND	20.14-25.12	1.53-2.22	7.44-7.66	24.13-28.99	19.91-24.73
<i>Ka-pi</i>	37.1-51.4	ND	7.7-24.0	0.4-32.7	5.5-6.4	ND	13.6-21.2
<i>Belacan</i>	23.0-47.4	ND	ND	ND	6.8-7.6	ND	17.5-39.7
Bruneian <i>belacan</i>	47.92	0.73	30.38	0.63	7.56	19.15	14.94
(mean)							
Philippines shrimp paste	ND	0.70-0.74	12.9-15.3	0.50-1.94	6.8-7.7	ND	4.04-5.15
<i>Saewojeot</i> (mean)	26.96	0.68	21.70	4.89	7.68	45.83	13.46
<i>Terasi</i> (mean)	37.41	ND	25.42	6.11	7.53	29.12	16.75

หมายเหตุ: ND, ไม่มีข้อมูล

2.3 จุลินทรีย์ที่พบในกะปิ

จุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญมากในกระบวนการหมักกะปิ ส่งผลต่อองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และลักษณะกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์กะปิที่ได้ จากรายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างกะปิ พบว่าอยู่ในช่วง 1.3×10^3 - 2.9×10^5 CFU ต่อกรัม⁵ แบคทีเรียที่พบในกะปิ แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มแบคทีเรียชอบเค็ม (Halophilic bacteria) และแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria)

กลุ่มแบคทีเรียชอบเค็มที่พบมากในกะปิ ได้แก่ *Micrococcus*¹⁵, *Pseudomonas*, *Kurthia*^{16,17}, *Lentibacillus*¹⁸, *Salinicoccus*¹⁹, *Alkalibacterium*²⁰, *Oceanobacillus*²¹, *Vibrio*, *Caryophanon*, *Sulfidobacillus*, *Aeromonas*, *Alkaligenes*, *Amphibacillus*¹⁷, *Bacillus*^{16,17,22,23,24}, *Virgibacillus*²⁵, *Staphylococcus*²³, *Jeotgalicoccus* และ *Macrocooccus*²⁶, และแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) ได้แก่ *Tetragenococcus*²⁷, *Lactobacillus*²⁸, *Bacillus* and *Sporolactobacillus*¹⁶

2.4 โซเดียม (Na)

โซเดียมเป็นเกลือแร่ที่สำคัญต่อร่างกาย ทำหน้าที่ควบคุมสมดุลของน้ำและของเหลวในร่างกาย การกระจายตัวของน้ำในส่วนต่างๆ ของร่างกาย มีผลต่อความดันโลหิตและการทำงานของเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ โซเดียมจะอยู่บริเวณนอกเซลล์ต่างๆ ทำงานร่วมกับเกลือแร่ชนิดอื่นๆ เช่น โพแทสเซียม และคลอไรด์ และมีความเกี่ยวข้องกับการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อ โซเดียมมีทั้งประโยชน์และโทษต่อร่างกาย หากได้รับในปริมาณที่ไม่เหมาะสม โดยทั่วไปร่างกายของเราได้รับโซเดียมจากอาหาร ซึ่งอยู่ในรูปของเกลือ โซเดียมคลอไรด์ ทำให้มีรสชาติเค็มและมักใช้เพื่อปรุงรสหรือถนอมอาหาร เช่น เกลือ น้ำปลา กะปิ ซีอิ๊ว เป็นต้น นอกจากนี้โซเดียมยังแอบแฝงในผลิตภัณฑ์อื่นๆ ไม่มีรสเค็ม เช่น ผงชูรส เบกกิ้งโซดา ผงฟู เป็นต้น⁶ จากการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประเทศไทยโดยกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พบว่า คนไทยส่วนมากร้อยละ 98 บริโภคเครื่องปรุงรสทุกวัน โดยเครื่องปรุงที่นิยมมากที่สุด คือ น้ำปลา รองลงมา คือ กะปิ และเกลือ ตามลำดับ²⁹ จากข้อมูลสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล พบปริมาณโซเดียมโดยเฉลี่ยในเครื่องปรุงรสชนิดต่างๆ ดังนี้ น้ำปลา 1 ช้อนชา เท่ากับ 400 มิลลิกรัม กะปิ 1 ช้อนชา เท่ากับ 497 มิลลิกรัม ผงชูรส 1 ช้อนชา เท่ากับ 610 มิลลิกรัม ซีอิ๊ว 1 ช้อนโต๊ะ เท่ากับ 1,190 มิลลิกรัม ซอสหอยนางรม 1 ช้อนโต๊ะ เท่ากับ 518 มิลลิกรัม⁶

องค์การอนามัยโลกกำหนดปริมาณโซเดียมที่บริโภคเพียงพอต่อวันไว้ไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน หรือเท่ากับเกลือ 1 ช้อนชา แต่ประเทศไทยในปัจจุบันพบว่าคนไทยมีพฤติกรรมการบริโภคโซเดียมเกินความจำเป็นโดยเฉลี่ยประมาณ 2 เท่าจากปริมาณที่ร่างกายต้องการ ประมาณ 10.8 กรัมต่อวัน^{6,7} จึงส่งผลกระทบต่อเพิ่มขึ้นของระดับความดันโลหิตเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญในการเกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคไต และเพิ่มความรุนแรงของโรคเบาหวานด้วย จากข้อมูลสถานการณ์โดยองค์การอนามัยโลกในปี ค.ศ. 2009 พบว่า โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) เหล่านี้เป็นสาเหตุการเสียชีวิตหลักของทุกประเทศทั่วโลกถึงร้อยละ 63³⁰ ของอัตราการเสียชีวิตทั้งหมดมากกว่าการเสียชีวิตจากการบาดเจ็บ โรคติดเชื้อ ภาวะทุพโภชนาการและการเสียชีวิตของมารดาและเด็กรวมกัน และที่น่ากังวล คือ เป็นสาเหตุหลักของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร (ก่อนอายุ 70 ปี) และมีแนวโน้มว่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง คาดการณ์ว่าการเสียชีวิตจากโรคไม่ติดต่อของประชากรโลกจะเพิ่มขึ้นจาก 36 ล้านคนใน พ.ศ. 2551 เป็น 44 ล้านคนใน ปี พ.ศ. 2563 การเสียชีวิตของประชากรไทยจากโรคไม่ติดต่อในปี พ.ศ. 2552 พบว่า อยู่ในสัดส่วนที่สูงกว่าทั่วโลกคือร้อยละ 73 ของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร³¹

2.5 โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride, KCl)

โพแทสเซียมคลอไรด์ เป็นสารที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการนำมาใช้ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีของเกลือทั้งสองชนิดมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีสี ไม่ทำให้ขุ่น และมีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกัน³² นอกจากนี้การเติมเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ยังมีบทบาทสำคัญในการช่วยลดอันตรายของผลกระทบจากการบริโภคโซเดียมที่มากเกินไปเกินความต้องการ ซึ่งมีผลต่อภาวะความดันโลหิตสูง อาจนำไปสู่การเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดสมองอีกด้วย

ข้อจำกัดในการใช้โพแทสเซียมในผลิตภัณฑ์อาหาร คืออาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสขม หรือมีรสเค็มที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงนิยมให้ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่เหมาะสม นอกจากนี้ก็มีความพยายามกำจัด หรือปิดบังรสที่ไม่พึงประสงค์ของโพแทสเซียมคลอไรด์ โดยการเติมสารอื่นร่วมกับการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ เช่น ผงชูรส แอมโมเนียมคลอไรด์ แมกนีเซียมซัลเฟต และกรดอะมิโน เป็นต้น³³

2.6 แนวทางการลดบริโภคโซเดียมของภาคีเครือข่าย

จากความกังวลการบริโภคเค็มเกินในคนไทย จึงได้มีการจัดตั้ง “เครือข่ายลดบริโภคเค็ม” ในปี พ.ศ. 2555 โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ มีบทบาทในการขับเคลื่อนการดำเนินงานอย่างเข้มข้นและต่อเนื่องร่วมกับกระทรวงสาธารณสุข และภาคีเครือข่ายที่สำคัญ โดยมีสมาคมโรคไต ราชวิทยาลัยอายุรแพทย์แห่งประเทศไทย ร่วมกับหน่วยงานภาครัฐ เอกชน นักวิชาการ และภาคประชาสังคม เช่น กระทรวงสาธารณสุข สำนักงานบริหารยุทธศาสตร์สุขภาพดีวิถีไทย NCDs Network สำนักโภชนาการ กรมอนามัย สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ภาควิชาโภชนาการ คณะสาธารณสุขศาสตร์ สมาคมนักกำหนดอาหารแห่งประเทศไทย เครือข่ายคนไทยไร้พุง และเครือข่ายคุ้มครองผู้บริโภคและผู้เกี่ยวข้อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานจากภาคส่วนต่างๆ การพัฒนาองค์ความรู้และนวัตกรรม การวิจัยและการรณรงค์สื่อสารเตือนภัยผ่านช่องทางต่างๆ รวมทั้งพัฒนาความร่วมมือกับภาคีเครือข่ายร่วมดำเนินงาน รณรงค์ให้ประชาชนตระหนักถึงโทษของการบริโภคเกลือเกิน เพื่อลดภาวะโรคจากกลุ่มโรคไม่ติดต่อ (NCDs) และลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลทั้งในระดับบุคคล ครอบครัว และประเทศชาติ

สืบเนื่องจากสถานการณ์ความรุนแรงของโรคไม่ติดต่อ (NCDs) เพิ่มขึ้นจากการได้รับเกลือหรือโซเดียมในปริมาณสูง สมัชชาสุขภาพแห่งชาติครั้งที่ 8 ได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาที่จะเกิดขึ้น จึงมีมติรับรองนโยบายการ ลดการบริโภคเกลือและโซเดียม เพื่อลดโรคไม่ติดต่อ (NCDs) จึงมอบหมายให้กระทรวงสาธารณสุข โดยกรมควบคุมโรค กรมอนามัย สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา สำนักงานบริหาร

ยุทธศาสตร์สุขภาพวิถีชีวิตไทย และภาคเครือข่าย เป็นเจ้าภาพหลักในการสร้างแผนยุทธศาสตร์การลดการบริโภคเกลือและโซเดียมในประเทศไทย (พ.ศ. 2559-2568)²⁹ เพื่อลดโรคไม่ติดต่อ (NCDs) ลดการป่วย การตายและผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของกลุ่มโรคไม่ติดต่อ (NCDs) โดยมีเป้าประสงค์เพื่อให้ประชาชนบริโภคเกลือและโซเดียมลดลงร้อยละ 30 ภายในปี 2568 แผนยุทธศาสตร์ (SALTS) นี้ประกอบด้วย 5 ประเด็นหลักดังนี้

1. ยุทธศาสตร์ S (Stakeholder network) การสร้างพัฒนาและขยายภาคีเครือข่ายความร่วมมือ
2. ยุทธศาสตร์ A (Awareness) การเพิ่มความรู้ ความตระหนัก และเสริมทักษะให้ประชาชน ชุมชน ผู้ผลิต/ผู้ประกอบการ บุคลากรวิชาชีพที่เกี่ยวข้องและผู้กำหนดนโยบาย
3. ยุทธศาสตร์ L (Legislation and environmental reform) การปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดการผลิต ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง และเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีโซเดียมต่ำ รวมทั้งเพิ่มทางเลือกและช่องทางการเข้าถึงอาหารที่ปริมาณโซเดียมต่ำ
4. ยุทธศาสตร์ T (Technology and innovation) การพัฒนางานวิจัยและองค์ความรู้และการนำสู่ปฏิบัติ
5. ยุทธศาสตร์ S (Surveillance, monitoring and evaluation) การพัฒนาระบบเฝ้าระวัง ติดตาม และประเมินผล เน้นตลอดกระบวนการ ผลิต และผลลัพธ์

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการผลิตกะปิ

นำกุ้งขนาดเล็ก (*Acetes vulgaris*) มาล้างด้วยน้ำสะอาด และตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นหมักด้วยเกลือในอัตราส่วน 10:1 หมักทิ้งไว้ 1 คืน หลังจากนั้นนำไปตากแดดเป็นระยะเวลา 3 วัน แล้วนำมาตำด้วยครกให้ละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกัน และนำไปหมักในขวดโหลแก้วเป็นระยะเวลา 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการผลิตกะปิทั้งหมด 5 สูตร ที่มีอัตราส่วนของ NaCl:KCl ของแต่ละสูตร ดังนี้

กะปิสูตรทั่วไป (con)	อัตราส่วน NaCl:KCl เท่ากับ 100:0
กะปิสูตรลดโซเดียม A	อัตราส่วน NaCl:KCl เท่ากับ 25:75
กะปิสูตรโซเดียมต่ำ B	อัตราส่วน NaCl:KCl เท่ากับ 50:50
กะปิสูตรโซเดียมต่ำ C	อัตราส่วน NaCl:KCl เท่ากับ 75:25
กะปิสูตรโซเดียมต่ำ D	อัตราส่วน NaCl:KCl เท่ากับ 0:100

3.2 การขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

การศึกษานี้อยู่ภายใต้การยินยอมของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา เลขที่รับรอง IRB1-087/2564 รหัสโครงการวิจัย HS064/2564 โดยก่อนเข้าร่วมการศึกษาดังกล่าวอาสาสมัครได้รับการอธิบายข้อมูลรายละเอียดของขั้นตอนต่าง ๆ ในการเข้าร่วมโครงการวิจัยและความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในการเข้าร่วมการทดลอง โดยอาสาสมัครได้ลงนามบนเอกสารยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยก่อนเริ่มโครงการวิจัย

3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

3.3.1 ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนากะปิสูตรลดโซเดียม (กะปิสูตรทั่วไป (con) จำนวน 1 ตัวอย่าง, กะปิสูตรลดโซเดียม (A, B, C และ D) จำนวน 4 ตัวอย่าง) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิมเมนูอาหารที่ปรุงประกอบขึ้นจากกะปิทั้ง 5 สูตรนี้ ดังนั้นจะทำการคัดเลือกผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยที่มีสุขภาพดี ทั้งเพศหญิงและชาย จำนวนทั้งสิ้น 50 คน จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยนี้จะอยู่ในช่วงจำนวนกลุ่มตัวอย่าง (40 - 50 คน) ที่มีการใช้ในการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบประสาทสัมผัสค่อนข้างมากและเหมาะสมต่อการทดสอบด้วย Hedonic test (จำนวนกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic test จำนวน 30 คนขึ้นไป)³⁴ โดยให้ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยชิมอาหารและประเมินความพึงพอใจที่มีต่ออาหารที่ปรุงประกอบขึ้นจากกะปิที่พัฒนาทั้ง 5 สูตร โดยการคัดเลือกผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยมีเกณฑ์ดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือก

1. ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยเพศชายหรือเพศหญิง อายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป
2. ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยที่มีสุขภาพดี
3. ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยที่สามารถฟัง พูด อ่าน และเขียนได้
4. ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยสามารถบริโภคเนื้อหมูได้

เกณฑ์การคัดออก

1. มีโรคประจำตัว เช่น โรคไต ความดันโลหิตสูง หัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น
2. มีประวัติการแพ้อาหารที่มีส่วนผสมจากกุ้ง/กะปิ หรือแพ้วัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบอาหาร
3. มีความผิดปกติด้านการรับรสชาติ การมองเห็น และการรับกลิ่น

3.3.2 การพัฒนาเครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ

- แบบสอบถามชุดที่ 1 (ภาคผนวก ข)

มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดกรองผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย และรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครหรือผู้เข้าร่วมวิจัย โดยประกอบไปด้วยคำถามเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมงานวิจัย ได้แก่ เพศ ช่วงอายุ ประวัติการแพ้อาหาร และโรคประจำตัว เป็นต้น

- แบบสอบถามชุดที่ 2 (ภาคผนวก ข)

แบบทดสอบชุดนี้ ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิม มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยที่มีต่อตำรับอาหารที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะประเมินคะแนนความพึงพอใจในด้านต่างๆ ทั้งหมด 6 ด้าน คือ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสของอาหาร และความพึงพอใจโดยภาพรวม ด้วยวิธี 5-point hedonic scale มีเกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับ คือ 5 (ชอบมาก), 4 (ชอบ), 3 (เฉยๆ), 2 (ไม่ชอบ), 1 (ไม่ชอบมาก) และเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์การแปลความหมายความพึงพอใจ

ระดับความพึงพอใจ	คะแนน
พึงพอใจมากที่สุด	4.51 – 5.00
พึงพอใจมาก	3.51 – 4.50
พึงพอใจปานกลาง	2.51 – 3.50
พึงพอใจน้อย	1.51 – 2.50
พึงพอใจน้อยที่สุด	1.00 – 1.50

3.3.3 ขั้นตอนการคัดเลือกอาสาสมัครและการทดสอบทางประสาทสัมผัส

1) ประชาสัมพันธ์หาอาสาสมัครเข้าร่วมวิจัย โดยติดโปสเตอร์ประชาสัมพันธ์ และ/หรือประกาศผ่านช่องทางออนไลน์ต่างๆ แจกรายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัยให้ผู้สนใจได้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัย และทำการแจ้งเกณฑ์ในการคัดเลือกอาสาสมัครที่สนใจให้รับทราบข้อมูล รวมถึงแจ้งช่องทางการติดต่อกลับมายังผู้วิจัยเพื่อตอบรับการเข้าร่วม หรือสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม

2) ผู้วิจัยจะใช้แบบสอบถามชุดที่ 1 เพื่อคัดกรองผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์การคัดเลือก

3) ผู้วิจัยจะทดลองประกอบอาหารจากกะปิลดโซเดียมที่พัฒนาขึ้นทั้ง 5 สูตร โดยทางผู้วิจัยเลือกใช้เมนูหมูผัดกะปิ โดยมีส่วนประกอบของเมนูหมูผัดกะปิ แสดงในตารางที่ 3.2 ซึ่งในแต่ละสูตรของเมนูผัดกะปิ ผู้วิจัยจะมีการกำหนดชุดรหัส (ตัวเลขสามหลัก) ของแต่ละตัวอย่างไว้ และจัดเรียงเสิร์ฟตัวอย่างแก่อาสาสมัครแบบสุ่มลำดับการจัดวาง โดยจะมีเพียงผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยเท่านั้นที่ทราบว่าเลขชุดใด คือตัวอย่างทดสอบจากสูตรกะปิสูตรใด เพื่อนำไปใช้ระบุบนภาชนะใส่ตัวอย่างทดสอบแต่ละสูตรให้ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ซึ่งผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะไม่ทราบว่ารหัสที่ระบุนั้นเป็นตัวอย่างใด สูตรใด เพื่อป้องกันการเกิด Bias

ตารางที่ 3.2 แสดงส่วนประกอบของเมนูหมูผัดกะปิ³⁵

ส่วนประกอบ	ปริมาณ
หมูเนื้อแดงหันพอดีคำ	500 กรัม
ตะไคร้ซอย	150 กรัม
หอมแดงซอย	150 กรัม
พริกชี้หูสวน	5 เม็ด
ใบมะกรูดฉีก	4 ใบ
กะปิ	75 กรัม
น้ำตาลปีบ	50 กรัม
น้ำเปล่า	250 มิลลิลิตร
น้ำมัน	2 ช้อนโต๊ะ

4) สอบถามวัน เวลา และสถานที่ ที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทั้ง 50 คนสะดวก เพื่อกำหนดวัน เวลา และสถานที่ในการทดสอบความพึงพอใจต่ออาหารที่ปรุงประกอบด้วยกะปิลดโซเดียมที่พัฒนาขึ้น นอกจากนี้เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ทางผู้วิจัยใช้มาตรการเว้นระยะห่าง และกำหนดช่วงเวลาและจำนวนผู้เข้าทดสอบแต่ละครั้งให้ชัดเจน มีการวัดอุณหภูมิร่างกาย ล้างมือด้วยเจลแอลกอฮอล์ก่อนเข้าห้องทดสอบ หลังทดสอบเสร็จแต่ละครั้งทางผู้วิจัยจะทำความสะอาดสถานที่ทดสอบด้วยการสเปรย์แอลกอฮอล์

รวมถึงการใช้หลักความปลอดภัยอาหารและการรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคลในการปรุงประกอบอาหาร เพื่อความปลอดภัยแก่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัยมากที่สุด

5) ก่อนเริ่มทำการทดสอบ ผู้วิจัยจะมีการแนะนำขั้นตอน วิธีปฏิบัติ การตอบแบบสอบถาม และหลักการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสแก่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยจะมีการชี้แจงรายการของวัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้ในการประกอบอาหารแต่ละชนิดให้ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทราบ เพื่อป้องกันการแพ้วัตถุดิบที่ใช้ประกอบอาหารในผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยบางราย

6) ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยแจกแบบสอบถาม ชุดที่ 2 ให้แก่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย เพื่อให้ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยชิมตัวอย่างทดสอบ (มีจำนวน 5 สูตร บนภาชนะใส่ตัวอย่างจะมีการระบุรหัสตัวเลขสามหลัก และมีการจัดวางสลับตัวอย่างแบบสุ่ม เพื่อป้องกันการเกิด Bias ต่อตัวอย่างทดสอบ) และให้ประเมินคะแนนความพึงพอใจในด้านต่างๆ ของอาหาร เช่น ลักษณะที่ปรากฏ กลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัสของอาหาร ความชอบโดยรวม เป็นต้น

7) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนความพึงพอใจจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ ของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

8) คัดเลือกกะปิสูตรลดโซเดียมที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุด มาใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของกะปิสูตรลดโซเดียมที่คัดเลือกและกะปิสูตรทั่วไป

นำผลิตภัณฑ์กะปิลดโซเดียมที่คัดเลือกและกะปิสูตรทั่วไป (con) มาวิเคราะห์ทางกายภาพ ดังนี้

- วิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity, a_w) ด้วยเครื่อง Water activity meter ยี่ห้อ Novasina รุ่น LabMaster, Switzerland

- วิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่อง HunterLab Colorimeter รุ่น ColorFlex, America ค่าที่ได้จะแสดงเป็นค่า L^* (Lightness) ค่า a^* (Redness) และค่า b^* (Yellowness)

- วัดค่าความเป็นกรดต่าง ด้วยเครื่อง pH meter

3.5 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกะปิสูตรลดโซเดียมที่คัดเลือกและกะปิสูตรทั่วไป

นำผลิตภัณฑ์กะปิสูตรลดโซเดียมที่คัดเลือกและกะปิสูตรทั่วไป (con) มาวิเคราะห์ทางเคมี ดังนี้

- วิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทั่วไปของอาหาร (Proximate analysis)

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์กะปิสูตรลดโซเดียมที่คัดเลือกและกะปิสูตรทั่วไป มาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นด้วยวิธี AOAC (2019)³⁶ 952.08 โปรตีนด้วยวิธี In-house method based on AOAC (2019)³⁶ 991.20 ไขมันด้วยวิธี AOAC (2019)³⁶ 948.15 และเถ้าด้วย AOAC (2019) 938.08 รวมทั้งหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยคำนวณด้วยสูตร $100 - (\text{moisture} + \text{protein} + \text{fat} + \text{ash})$ แสดงหน่วยเป็นกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และพลังงานโดยวิธีการคำนวณ แสดงหน่วยเป็น กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม

- วัดค่าปริมาณโซเดียมคลอไรด์ (Salt as NaCl) ด้วยวิธี AOAC (2019)³⁶ 937.09

- วิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุ

ปริมาณแคลเซียม (Ca) โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) ด้วยวิธี In-house method T9152 based on AOAC (2019)³⁶ 984.27 โดยส่งวิเคราะห์ ณ สถาบันอาหาร (NFI; National Food Institute) แสดงหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง

- วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน โดยเทคนิค Gas Chromatography (GC) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 7890 B ตามวิธีของ In-house method WI-TMC-05 based on AOAC (2019) 996.06, 969.33 ส่งวิเคราะห์ ณ ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร (FQA) สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน โดยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) รุ่น HP 1260 Fluorescence Detector (FLD), Agilent Technologies, Germany ตามวิธี In-house method WI-TMC-06 based on Journal of chromatography B.964 (2014). 116-127 ส่งวิเคราะห์ ณ ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร (FQA) สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 การหาปริมาณ Total phenolic content และการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี FRAP (Ferric reducing antioxidant power)

การหาปริมาณ Total phenolic content ของกะปิทั้งสองสูตร จะทดสอบโดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu ตามวิธีของ Singleton *et al.* (1999)³⁷ และใช้สาร Gallic acid เป็นสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน วิธีทำโดยสังเขป เติมสารสกัด (20 μ l) ที่ทราบความเข้มข้น หรือ Gallic acid (20 μ l) ที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อสร้างเป็นกราฟมาตรฐาน ผสมกับน้ำกลั่น (60 μ l) และ Folin-Ciocalteu reagent (60 μ l) บ่มทิ้งไว้ 5 นาที หลังจากนั้นเติม sodium carbonate (7.5% w/v) และบ่มทิ้งไว้ในห้องมืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm คำนวนเทียบกับกราฟมาตรฐานและแสดง Total phenolic content เป็น mg Gallic acid equivalent (mg GAE/g extract)

การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี FRAP (Ferric reducing antioxidant power) เตรียมสารละลาย FRAP reagent โดยผสมสารละลาย Acetate buffer ความเข้มข้น 300 mM (pH 3.6) สารละลาย FeCl₃·6H₂O ความเข้มข้น 20 mM และสารละลาย TPTZ ความเข้มข้น 10 mM (ละลายใน 40 mM HCl) ในอัตราส่วน 10:1:1 ตามลำดับ จากนั้นผสมสารสกัดกับสารละลาย FRAP reagent เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 30 นาที แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงที่ 593 nm ค่า FRAP แสดงผลการทดลองเป็นค่า IC₅₀ (50% Inhibitory Concentration)

3.7 วิเคราะห์กลุ่มของแบคทีเรียทั้งหมดในกะปิ

3.7.1 การสกัดตัวอย่าง DNA จากตัวอย่างกะปิ

นำตัวอย่างกะปิทั้ง 2 สูตร คือ สูตรปกติ และสูตรลดโซเดียม มาทำการสกัด DNA ด้วย Dneasy® PowerSoil® Pro Kit (QIAGEN, Germany) ตามวิธีการของบริษัท นำ DNA ที่ได้มาตรวจสอบปริมาณและความบริสุทธิ์ของ DNA ด้วย NanoDrop® ND 2000 ที่ความยาวคลื่น 260 และ 280 nm ส่งวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ทั้งหมดของประชากรแบคทีเรียที่บริษัท Novogene ประเทศสิงคโปร์

3.7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลประชากรแบคทีเรียโดยอาศัยข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณยีน 16S rRNA (Bioinformatics processing)

หลังจากที่ได้ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์จากข้อ 3.7.1 ขั้นตอนต่อมาจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย 6 ขั้นตอนย่อยดังนี้

1. การควบคุมคุณภาพของลำดับเบส (Sequence quality control) เป็นขั้นตอนแรกก่อนที่จะเริ่มทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยจุดประสงค์หลักของขั้นตอนนี้คือการคัดกรองลำดับเบสที่ไม่ได้คุณภาพออก เช่น ลำดับเบสที่มีคุณภาพต่ำ (Low quality score), ลำดับเบสซ้ำ (Repeat sequence), และ Chimera sequence ที่เกิดจากขั้นตอนการทำ PCR เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงการตัด (trim) ลำดับเบสของบาร์โค้ดและลำดับเบสของไพรเมอร์ออกอีกด้วย ทั้งนี้เพื่อให้ลำดับเบสดังกล่าวส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป โดยในขั้นตอนนี้จะใช้โปรแกรม FASTP³⁸ ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับการควบคุมคุณภาพของลำดับเบส
2. การจัดกลุ่มลำดับเบสด้วยวิธี Amplicon Sequence Variants (ASVs) โดยอาศัยโปรแกรม Dada2³⁹ ในการวิเคราะห์
3. การจัดจำแนกจุลินทรีย์ที่อยู่ในตัวอย่าง (Taxonomic classification) ขั้นตอนต่อมาหลังจากที่ได้กลุ่มของลำดับเบสที่มีความคล้ายคลึงกันแล้ว ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทำนายชนิดของจุลินทรีย์จากลำดับเบสตัวแทน (Representative sequence) ของแต่ละ ASV ที่ทำการจัดกลุ่มได้ ด้วยวิธี Consensus BLAST กับฐานข้อมูลจุลินทรีย์ Silva database (<https://www.arb-silva.de/>) โดยวิธีการดังกล่าวจะใช้ “feature-classifier” plugin ที่อยู่ในโปรแกรม QIIME2 (version 2020.6)⁴⁰
4. การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพด้วย alpha และ beta diversity นอกจากการศึกษาชนิดจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในตัวอย่างแล้ว การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) ยังเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ศึกษาและอธิบายสังคมจุลินทรีย์ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไรในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity index) หลาย ๆ ตัวมาอธิบายและเปรียบเทียบความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ในตัวอย่างต่าง ๆ โดยในขั้นตอนนี้ทำได้โดยอาศัย “Diversity” plugin ที่อยู่ในโปรแกรม QIIME2 มาคำนวณดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแอลฟา (Alpha diversity index) ต่าง ๆ เช่น Shannon diversity index, Simpson diversity index, Chao1 richness estimator เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการคำนวณความหลากหลายทางชีวภาพเบต้า (Beta diversity) ในรูปแบบของ Weighted และ Unweighted Unifrac distance matrix โดยแสดงผลด้วยเทคนิค Principal Coordinates Analysis (PcoA) เพื่อแสดงความแตกต่างระหว่างประชากรจุลินทรีย์ในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง และนอกจากนี้ยังวางแผน

ให้มีการคำนวณ Permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) เพื่อค้นหากลุ่มตัวอย่างที่มีประชากรจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอีกด้วย

5. การวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่จำเพาะในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ในขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ค้นหาชนิดจุลินทรีย์ที่พบได้ทั่วไปในทุกๆ ตัวอย่าง และจุลินทรีย์ที่พบในเฉพาะกลุ่มตัวอย่าง (Indicator species) ด้วย package “labdsv” (<https://CRAN.R-project.org/package=labdsv>) ในภาษา R โดยการวิเคราะห์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์ที่พบเจอเฉพาะกลุ่มตัวอย่างกับปัจจัยที่สนใจ

6. การสร้างเครือข่ายประชาคมจุลินทรีย์ (Microbiome network) ในขั้นตอนสุดท้ายจะได้ทำการสร้าง microbiome network ระหว่างกลุ่มจุลินทรีย์ที่พบในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของจุลินทรีย์ทุกกลุ่มที่พบในภาพรวมว่ามีความสัมพันธ์กันในด้านใด ในขั้นตอนนี้จะอาศัยโปรแกรม MetagenoNets⁴¹ ในการคำนวณ

3.8 วิธีการประเมินผล/ สังเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะถูกรวบรวมและนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS version 29.0 รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย One-Way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) ส่วนข้อมูลการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ Independent Samples T-test ด้วยโปรแกรม SPSS version 29.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการวิจัย

4.1.1 ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร

จากการคัดเลือกอาสาสมัครเข้าร่วมการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินความพึงพอใจต่อหมู ผัดกะปิที่ปรุงประกอบจากกะปิทั้ง 5 สูตร (สูตรทั่วไป (con), สูตรลดโซเดียม A, B, C และ D) พบว่า มีอาสาสมัครเพศชาย จำนวน 7 คน เพศหญิง จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 14 และ 86 ตามลำดับ อาสาสมัครมีช่วงอายุตั้งแต่ 20-37 ปี โดยมีอาสาสมัครอายุ 21 ปี เข้าร่วมโครงการมากที่สุด จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 58 ของอาสาสมัครทั้งหมด รองลงมา คือ อายุ 22 ปี จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 14 ของอาสาสมัครทั้งหมด อาสาสมัครมีโรคประจำตัว จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2 ของอาสาสมัครทั้งหมด โดยโรคประจำตัวคือ หอบหืด ซึ่งโรคดังกล่าวไม่มีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังนั้นอาสาสมัครจึงเข้าร่วมโครงการได้ อาสาสมัครเชื้อชาติไทยและสัญชาติไทย จำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของอาสาสมัครทั้งหมด ไม่มีประวัติการแพ้อาหารหรือประวัติการแพ้ส่วนประกอบของหมูผัดกะปิ จำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของอาสาสมัครทั้งหมด อาสาสมัครที่มีการรับรู้ด้านกลิ่นและรสปกติ และไม่เป็นโรคตาบอดสี จำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของอาสาสมัครทั้งหมด (ดังแสดงในตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 จำนวนและร้อยละของข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 50 คน

ข้อมูลพื้นฐาน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	7	14
หญิง	43	86
อายุ (ปี)		
20	2	4
21	29	58
22	7	14
25	3	6
26	1	2
27	2	4
28	3	6
32	1	2
33	1	2
37	1	2
อาชีพ		

ข้อมูลพื้นฐาน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
นักศึกษา	45	90
นักวิจัย/ข้าราชการ	2	2
อาจารย์/พนักงานมหาวิทยาลัย	3	6
เชื้อชาติ		
ไทย	50	100
สัญชาติ		
ไทย	50	100
ประวัติการแพ้อาหาร		
ไม่มี	50	100
โรคประจำตัว		
ไม่มี	49	98
มี*	1	2
การรับรู้ด้านกลิ่นและรส		
ปกติ	50	100
ตาบอดสี		
ไม่มี	50	100

หมายเหตุ: *โรคหอบหืด

4.1.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของอาสาสมัครที่มีต่อหมูผัดกะปิที่ปรุงประกอบด้วยกะปิสูตรทั่วไป (con) และกะปิสูตรลดโซเดียม (A, B, C และ D) รวมทั้งสิ้น 5 ตัวอย่าง โดยใช้สถิติ ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ พบว่าอาสาสมัครให้คะแนนระดับความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (แสดงในตารางที่ 4.2)

ด้านลักษณะที่ปรากฏ พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของอาสาสมัครที่มีต่อหมูผัดกะปิที่ปรุงประกอบด้วยกะปิสูตร con และกะปิสูตรลดโซเดียม (A, B, C และ D) ทั้ง 5 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 4.06 ± 0.93 (สูตร C) ถึง 4.20 ± 0.83 (สูตร con) อยู่ในระดับความพึงพอใจมากและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ด้านสี พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของอาสาสมัครที่มีต่อหมูผัดกะปิที่ปรุงประกอบด้วยกะปิสูตร con และกะปิสูตรลดโซเดียม (A, B, C และ D) ทั้ง 5 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 3.98 ± 0.94 (สูตร D) ถึง 4.24 ± 0.89 (สูตร con) อยู่ในระดับความพึงพอใจมากและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ด้านกลิ่น พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของอาสาสมัครที่มีต่อหมูผักกะปิที่ปรุงประกอบด้วยกะปิสูตร con และกะปิสูตรลดโซเดียม (A, B, C และ D) ทั้ง 5 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 3.70 ± 0.95 (สูตร C) ถึง 4.02 ± 0.95 (สูตร con) อยู่ในระดับความพึงพอใจมากและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของอาสาสมัครที่มีต่อหมูผักกะปิที่ปรุงประกอบด้วยกะปิสูตร con และกะปิสูตรลดโซเดียม (A, B, C และ D) ทั้ง 5 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 3.52 ± 0.93 (สูตร D) ถึง 4.16 ± 0.91 (สูตร con) อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก โดยสูตร con A B และ C มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน ในขณะที่สูตร D มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส แตกต่างกับสูตร con A และ B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ด้านรสชาติ พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของอาสาสมัครที่มีต่อหมูผักกะปิที่ปรุงประกอบด้วยกะปิสูตร con และกะปิสูตรลดโซเดียม (A, B, C และ D) ทั้ง 5 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 2.86 ± 1.14 (สูตร D) อยู่ในระดับความพึงพอใจปานกลาง ถึง 4.08 ± 0.99 (สูตร con) อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก โดยสูตร con และ B มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติไม่แตกต่างกัน ในขณะที่สูตร A C และ D มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ แตกต่างกับสูตร con อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ด้านความพึงพอใจโดยภาพรวม พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของอาสาสมัครที่มีต่อหมูผักกะปิที่ปรุงประกอบด้วยกะปิสูตร con และกะปิสูตรลดโซเดียม (A, B, C และ D) ทั้ง 5 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 3.38 ± 0.99 (สูตร D) ถึง 4.20 ± 0.81 (สูตร con) อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก โดยสูตร con A และ B มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านความพึงพอใจในภาพรวมไม่แตกต่างกัน ในขณะที่สูตร C และ D มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ แตกต่างกับสูตร con อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสทั้ง 6 ด้าน พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะที่ปรากฏ สี และกลิ่น ของหมูผักกะปิที่ปรุงประกอบด้วยกะปิทั้ง 5 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และความพึงพอใจโดยภาพรวม คะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม กะปิสูตรลดโซเดียมสูตร B มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และความพึงพอใจโดยภาพรวม ไม่แตกต่างกับกะปิสูตรทั่วไป (con) ดังนั้น ทางผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกกะปิลดโซเดียมสูตร B มาศึกษาในการทดลองต่อไป

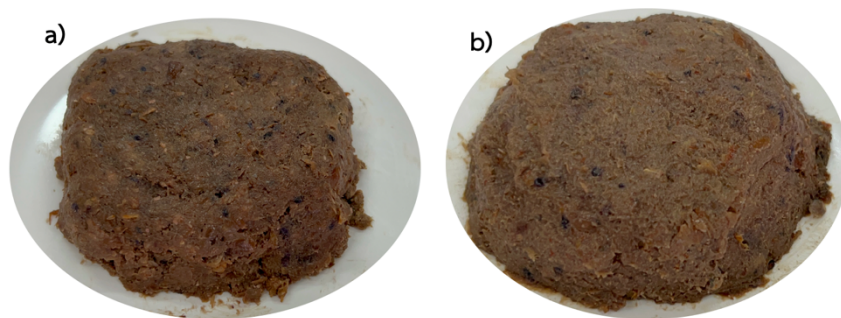
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของกะปิทั้ง 5 สูตร

ความพึงพอใจ ทางประสาท สัมผัส	ระดับคะแนนความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อตัวอย่างกะปิ (Mean±SD)					p-value
	สูตรทั่วไป (con)	สูตร A	สูตร B	สูตร C	สูตร D	
ลักษณะที่ ปรากฏ	4.20±0.83 ^a	4.16±0.79 ^a	4.08±0.97 ^a	4.06±0.93 ^a	4.16±0.79 ^a	0.971
สี	4.24±0.89 ^a	4.22±0.84 ^a	4.00±0.83 ^a	4.02±0.94 ^a	3.98±0.94 ^a	0.333
กลิ่น	4.02±0.95 ^a	3.70±1.13 ^a	4.00±0.93 ^a	3.70±0.95 ^a	3.96±1.03 ^a	0.293
เนื้อสัมผัส	4.16±0.91 ^a	3.90±0.89 ^a	3.96±0.86 ^a	3.86±0.86 ^{ab}	3.52±0.93 ^b	0.011
รสชาติ	4.08±0.99 ^a	3.58±1.14 ^{bc}	3.72±0.86 ^{ab}	3.28±1.05 ^c	2.86±1.14 ^d	<0.001
ความพึงพอใจ โดยภาพรวม	4.20±0.81 ^a	3.84±0.82 ^{ab}	3.94±0.96 ^{ab}	3.68±0.87 ^{bc}	3.38±0.99 ^c	<0.001

หมายเหตุ: ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) จากผู้ทดสอบจำนวน 50 คน; ^(a-d) ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.1.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไปกับสูตรที่คัดเลือก

จากการวิเคราะห์ค่า pH ของกะปิสูตรทั่วไป (con) และสูตรลดโซเดียม B พบว่ามีค่าเท่ากับ 7.18 ± 0.02 และ 7.12 ± 0.02 ตามลำดับ โดยค่า pH ของกะปิทั้งสองสูตร ไม่แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ค่าสีวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HunterLab colorimeter รุ่น Colorflex, America โดยค่า L^* แสดงถึงความสว่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 100 โดยที่ค่า $L^* = 0$ คือสีดำ $L^* = 100$ คือสีขาว ค่า a^* แสดงถึงสีแดง เมื่อค่า a^* เป็นบวก และแสดงถึงสีเขียว เมื่อค่า a^* เป็นลบ และค่า b^* แสดงถึงสีเหลือง เมื่อค่า b^* มีค่าเป็นบวก และแสดงถึงสีน้ำเงิน เมื่อค่า b^* เป็นลบ จากผลการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยในรูป L^* a^* และ b^* ของกะปิสูตรทั่วไป เท่ากับ 31.16 ± 0.08 , 31.16 ± 0.08 และ 16.39 ± 0.25 ตามลำดับ และกะปิสูตรลดโซเดียม B เท่ากับ 38.13 ± 0.12 , 7.74 ± 0.02 และ 14.74 ± 0.15 ตามลำดับ ซึ่งค่า L^* , a^* และ b^* ของกะปิทั้ง 2 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยกะปิสูตรทั่วไป (con) มีสีแดงน้ำตาลเข้มกว่ากะปิสูตรลดโซเดียม B ซึ่งสอดคล้องกับค่า L^* ต่ำกว่า และค่า a^* สูงกว่ากะปิสูตรลดโซเดียม B และภาพแสดงลักษณะปรากฏของตัวอย่างกะปิทั้งสองสูตร แสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1: แสดงลักษณะปรากฏของ a) กะปิสูตรทั่วไป (con) และ b) กะปิสูตรลดโซเดียม B

จากผลการวิเคราะห์ค่า a_w ด้วยเครื่อง Water activity meter ยี่ห้อ Novasina รุ่น LabMaster, Switzerland พบว่ากะปิสูตรทั่วไป (con) มีค่า a_w เท่ากับ 0.695 ± 0.002 และกะปิสูตรลดโซเดียม B มีค่าเท่ากับ 0.692 ± 0.024 ซึ่งค่า a_w ของกะปิทั้ง 2 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จากผลการทดลองพบว่าค่า a_w ทั้ง 2 สูตรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.60-0.85 จัดอยู่ในอาหารประเภทอาหารกึ่งแห้ง (Intermediate moisture food)

ตารางที่ 4.3 แสดงองค์ประกอบทางกายภาพของตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไปกับสูตรที่คัดเลือก

องค์ประกอบทางกายภาพ	ตัวอย่างกะปิ		p-value
	สูตรทั่วไป (con) (Mean±SD)	สูตรลดโซเดียม B (Mean±SD)	
pH	7.18 ± 0.02	7.12 ± 0.02	0.074
L^*	31.16 ± 0.08	38.13 ± 0.12	<0.001*
a^*	9.42 ± 0.06	7.74 ± 0.02	<0.001*
b^*	16.39 ± 0.25	14.74 ± 0.15	0.011*
Water activity (a_w)	0.695 ± 0.002	0.692 ± 0.024	0.840

หมายเหตุ: *แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.1.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไปกับสูตรที่คัดเลือก

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทั่วไปของอาหาร (Proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า พบว่าในกะปิสูตรทั่วไป (con) พบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 44.56 ± 0.88 , 24.83 ± 0.34 , 2.04 ± 0.23 และ 21.64 ± 0.21 ตามลำดับ และกะปิสูตรลดโซเดียม B มีค่าเท่ากับร้อยละ 33.35 ± 0.06 , 24.40 ± 0.26 , 21.85 ± 0.19 และ 26.43 ± 0.37 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 โดยปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าของตัวอย่างกะปิทั้ง 2 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ปริมาณความชื้นพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการคำนวณหาปริมาณพลังงานในอาหารของกะปิสูตร con และ B พบว่ามีค่าเท่ากับ 145.40 และ 170.13 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ของกะปิสูตร con และ B ที่ได้จากการคำนวณด้วยสูตร 100 - (moisture + protein + fat + ash) พบว่ามีค่าเท่ากับ 6.93 และ 13.97 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเกลือในรูปของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ด้วยวิธี AOAC (2019) 937.09 พบว่ากะปิสูตร con (ร้อยละ 18.13±0.04) มีปริมาณ NaCl สูงกว่า กะปิสูตร B (ร้อยละ 15.57±0.02) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียม (Na) ในกะปิทั้งสองสูตร ด้วยวิธี In house method T9152 based on AOAC (2019) 984.27 พบว่ากะปิสูตรลดโซเดียม B มีปริมาณ Na เท่ากับ 4,030.60±6.89 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งสามารถลดปริมาณ Na จากกะปิสูตรทั่วไป (con) (5,816.70±2.56 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) ได้ถึงร้อยละ 30.71 หรือลดลงเท่ากับ 1.44 เท่า และจากการผลิตกะปิสูตรลดโซเดียม B โดยการทดแทนปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตราส่วน 50:50 พบว่าปริมาณโพแทสเซียม (K) ในตัวอย่างกะปิสูตรลดโซเดียม B (2,964.97±0.44 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) สูงกว่ากะปิสูตรทั่วไป (con) (221.08±0.70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) คิดเป็น 13.41 เท่า ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไป (con) และสูตรลดโซเดียม B ด้วยวิธี In-house method T9152 based on AOAC (2019) 984.27 พบว่ามีค่าเท่ากับ 1,911.65±2.96 และ 2,173.01±3.44 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไปกับสูตรที่คัดเลือก

องค์ประกอบทางเคมี	ตัวอย่างกะปิ		p-value
	สูตรทั่วไป (con) (Mean±SD)	สูตรลดโซเดียม B (Mean±SD)	
ค่าความชื้น (%)	44.56±0.08	33.35±0.06	<0.001*
พลังงานในอาหาร (Kcal/100g)	145.40	170.13	-
คาร์โบไฮเดรต (g/100g)**	6.93	13.97	-
โปรตีน (g/100g)	24.83±0.34	24.40±0.26	0.019*
ไขมัน (g/100g)	2.04±0.23	1.85±0.19	0.444
เถ้า (g/100g)	21.64±0.21	26.43±0.37	<0.001*
Salt as NaCl (g/100g)	18.13±0.04	15.57±0.02	<0.001*
Sodium (Na) (mg/100g)	5,816.70±2.56	4,030.60±6.89	<0.001*
Potassium (K) (mg/100g)	221.08±0.70	2,964.97±0.44	<0.001*
Calcium (Ca) (mg/100g)	1,911.65±2.96	2,173.01±3.44	<0.001*

หมายเหตุ: *แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$); **คำนวณได้จาก 100 - (moisture + protein + fat + ash)

4.1.5 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไปและสูตรที่คัดเลือก

จากผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไปและสูตรลดโซเดียม B (ตารางที่ 4.5) พบว่า Proline เป็นกรดอะมิโนที่พบในปริมาณมากสุดในกะปิทั้งสูตรทั่วไปและสูตรลดโซเดียม B เท่ากับ 8,994 และ 4,657 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ รองลงมาคือ Glutamic acid เท่ากับ 3,797 และ 3,813 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ Cystine เท่ากับ 2,327 และ 2,899 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ และ Aspartic acid เท่ากับ 2,142 และ 2,264 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ นอกจากนี้ในผลิตภัณฑ์กะปิทั้ง 2 สูตรยังพบกรดอะมิโนจำเป็นทั้ง 9 ชนิด คือ Histidine, Isoleucine, Leucine, Lysine, Methionine, Phenylalanine, Threonine, Tryptophan และ Valine โดยข้อมูลปริมาณแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไปและสูตรที่คัดเลือก

ชนิดของกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (mg/100g)	
	กะปิสูตรทั่วไป (con)	กะปิลดโซเดียม สูตร B
Aspartic acid	2,142	2,264
Glutamic acid	3,797	3,813
Serine	423.06	516.64
Histidine*	176.69	224.91
Glycine	1,260	1,640
Threonine*	561	541.09
Arginine	1,444	1,425
Alanine	1,630	1,750
Tyrosine	951.74	756.24
Cystine	2,327	2,899
Valine*	1,160	1,109
Methionine*	636.44	529.79
Phenylalanine*	957.91	964.30
Isoleucine*	1,050	986.80
Leucine*	1,890	1,685
Lysine*	1,656	1,615
Tryptophan*	89.70	82.16
Proline	8,994	4,657

หมายเหตุ: *กรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acid)

4.1.6 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไปและสูตรที่คัดเลือก

จากผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไป (con) พบว่า กรดไขมันอิ่มตัวที่พบปริมาณสูงสุด คือ Palmitic acid (C16:0) มีค่าเท่ากับ 0.39 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง รองลงมาคือ Stearic acid (C18:0) เท่ากับ 0.23 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบสูงสุด คือ cis-9-Oleic acid (C18:1n9c) มีค่าเท่ากับ 0.24 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง รองลงมาคือ Docosahexaenoic acid (C22:6n3), Eicosapentaenoic acid (C20:5n3) และ Arachidonic acid (C20:4n6) เท่ากับ 0.12, 0.11 และ 0.08 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 4.6)

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างกะปิสูตรลดโซเดียม B พบว่า กรดไขมันอิ่มตัวที่พบปริมาณสูงสุดเช่นเดียวกับกะปิสูตรทั่วไป คือ Palmitic acid (C16:0) มีค่าเท่ากับ 0.33 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง รองลงมาคือ Stearic acid (C18:0) เท่ากับ 0.20 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบสูงสุด คือ Docosahexaenoic acid (C22:6n3) เท่ากับ 0.23 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง รองลงมาคือ Eicosapentaenoic acid (C20:5n3), Arachidonic acid (C20:4n6) และ cis-9-Oleic acid (C18:1n9c) เท่ากับ 0.22, 0.11 และ 0.11 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 แสดงชนิดและปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างกะปิสูตรทั่วไปและสูตรที่คัดเลือก

ชนิดของกรดไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (g/100g)	
	กะปิสูตรทั่วไป (con)	กะปิสูตรลดโซเดียม B
Saturated fatty acid		
Butyric acid (C4:0)	Not detected	Not detected
Caproic acid (C6:0)	Not detected	Not detected
Caprylic acid (C8:0)	Not detected	Not detected
Capric acid (C10:0)	Not detected	Not detected
Undecanoic acid (C11:0)	Not detected	Not detected
Lauric acid (C12:0)	Not detected	Not detected
Tridecanoic acid (C13:0)	Not detected	Not detected
Myristic acid (C14:0)	0.02	0.02
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.07	0.05
Palmitic acid (C16:0)	0.39	0.33
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.08	0.06
Stearic acid (C18:0)	0.23	0.20
Arachidic acid (C20:0)	0.02	0.01
Heneicosanoic acid (C21:0)	Not detected	Not detected
Behenic acid (C22:0)	0.05	0.05
Tricosanoic acid (C23:0)	Not detected	Not detected

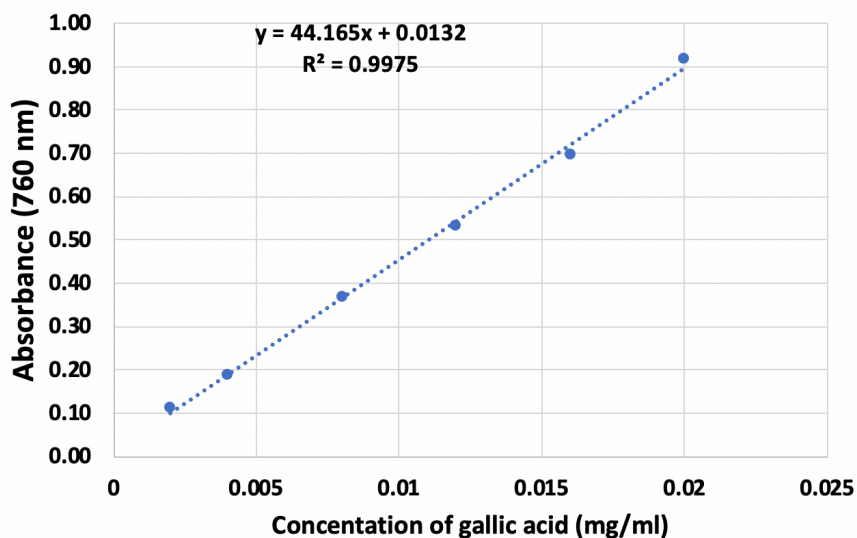
ชนิดของกรดไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (g/100g)	
	กะปิสูตรทั่วไป (con)	กะปิสูตรลดโซเดียม B
Lignoceric acid (C24:0)	Not detected	Not detected
Unsaturated fatty acid		
Myristoleic acid (C14:1)	Not detected	Not detected
cis-10-Pentadecenoic acid (C15:1n10)	Not detected	Not detected
Palmitoleic acid (C16:1)	0.07	0.07
cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1n10)	0.05	0.03
trans-9-Elaidic acid (C18:1n9t)	Not detected	Not detected
cis-9-Oleic acid (C18:1n9c)	0.24	0.11
cis-11-Eicosenoic acid (C20:1)	0.01	0.01
Erucic acid (C22:1n9)	Not detected	Not detected
Nervonic acid (C24:1n9)	0.01	0.01
trans-Linolelaidic acid (C18:2n6t)	Not detected	Not detected
Linoleic acid (C18:2n6c)	0.06	0.03
gamma-Linolenic acid (C18:3n6)	Not detected	Not detected
alpha-Linolenic acid (C18:3n3)	0.03	0.02
cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	0.01	0.01
cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	Not detected	Not detected
cis-11,14,17-Eicosatrienoic acid (C20:3n3)	0.01	0.01
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.08	0.11
cis-13,16-Docosadienoic acid (C22:2)	Not detected	Not detected
Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	0.11	0.22
Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	0.12	0.23

หมายเหตุ: วิเคราะห์โดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหารวิธี ด้วยวิธี In-house method WI-TMC-05 based on * AOAC (2019) 996.06, 969.33

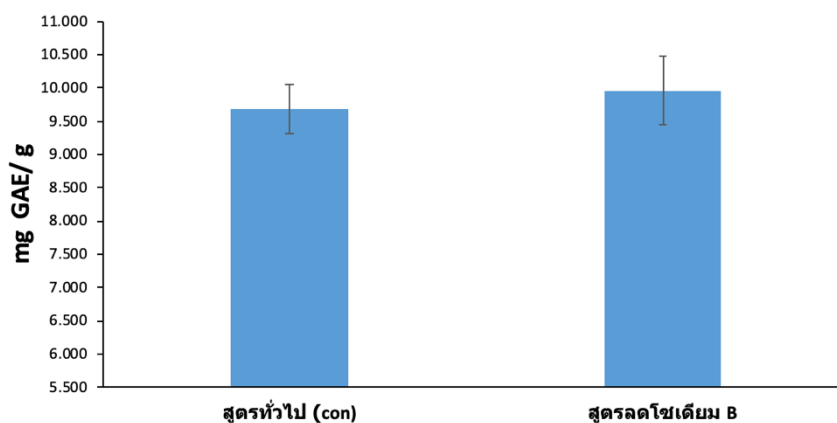
4.1.7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic content: TPC) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี FRAP (Ferric reducing antioxidant power)

ผลจากทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในกะปิสูตรทั่วไป (con) และสูตรลดโซเดียม B ที่ได้คำนวณหาปริมาณจากกราฟมาตรฐานของสาร Gallic acid (ภาพที่ 4.2 a.) จากสมการเส้นตรง $y = 44.165x - 0.0132$ ($R^2 = 0.9975$) พบว่ากะปิสูตรทั่วไป (con) มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 9.68 ± 0.36 mg GAE/ g ขณะที่สูตรลดโซเดียม B มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 9.96 ± 0.51 mg GAE/ g ดังแสดงในภาพที่ 4.2 b.

a.)



b.)



ภาพที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในกะปิสูตรทั่วไป (con) และสูตรลดโซเดียม B

a.) แสดงกราฟมาตรฐานของของสาร Gallic acid b.) แสดงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในหน่วย มิลลิกรัมเทียบเท่ากับสาร Gallic acid ต่อกรัมของกะปิ (mg Gallic acid equivalent (GAE)/ g extract)

ประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันของกะปิสูตรทั่วไป (con) และสูตรลดโซเดียม B ที่ได้ทดสอบด้วยวิธี FRAP (Ferric reducing antioxidant power) ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.7 จากผลการทดสอบพบว่ากะปิสูตรทั่วไป (con) มีค่า IC_{50} ในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันเท่ากับ 0.84 ± 0.02 mg/ml ขณะที่กะปิสูตรที่ 2 มีค่า IC_{50} อยู่ที่ 0.80 ± 0.014 mg/ml ผลที่ได้ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสูตรลดโซเดียม B มีแนวโน้มในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่ากะปิสูตรทั่วไป (con) เนื่องจากใช้ความเข้มข้นในการยับยั้งน้อยกว่าหรือมีค่า IC_{50} ต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบว่าสูตรลดโซเดียม B มีแนวโน้มของค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่ากะปิสูตรทั่วไป (con)

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี FRAP ของกะปิสูตรทั่วไป (con) และสูตรลดโซเดียม B

	กะปิสูตรทั่วไป (con) (IC ₅₀ , mg/ml)	สูตรลดโซเดียม B (IC ₅₀ , mg/ml)
ทดสอบครั้งที่ 1	0.86	0.79
ทดสอบครั้งที่ 2	0.82	0.79
ทดสอบครั้งที่ 3	0.84	0.82
ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.84 ± 0.02	0.80 ± 0.01

4.1.8 การศึกษาแบคทีเรียทั้งหมดในกะปิด้วยเทคนิค amplicon sequencing

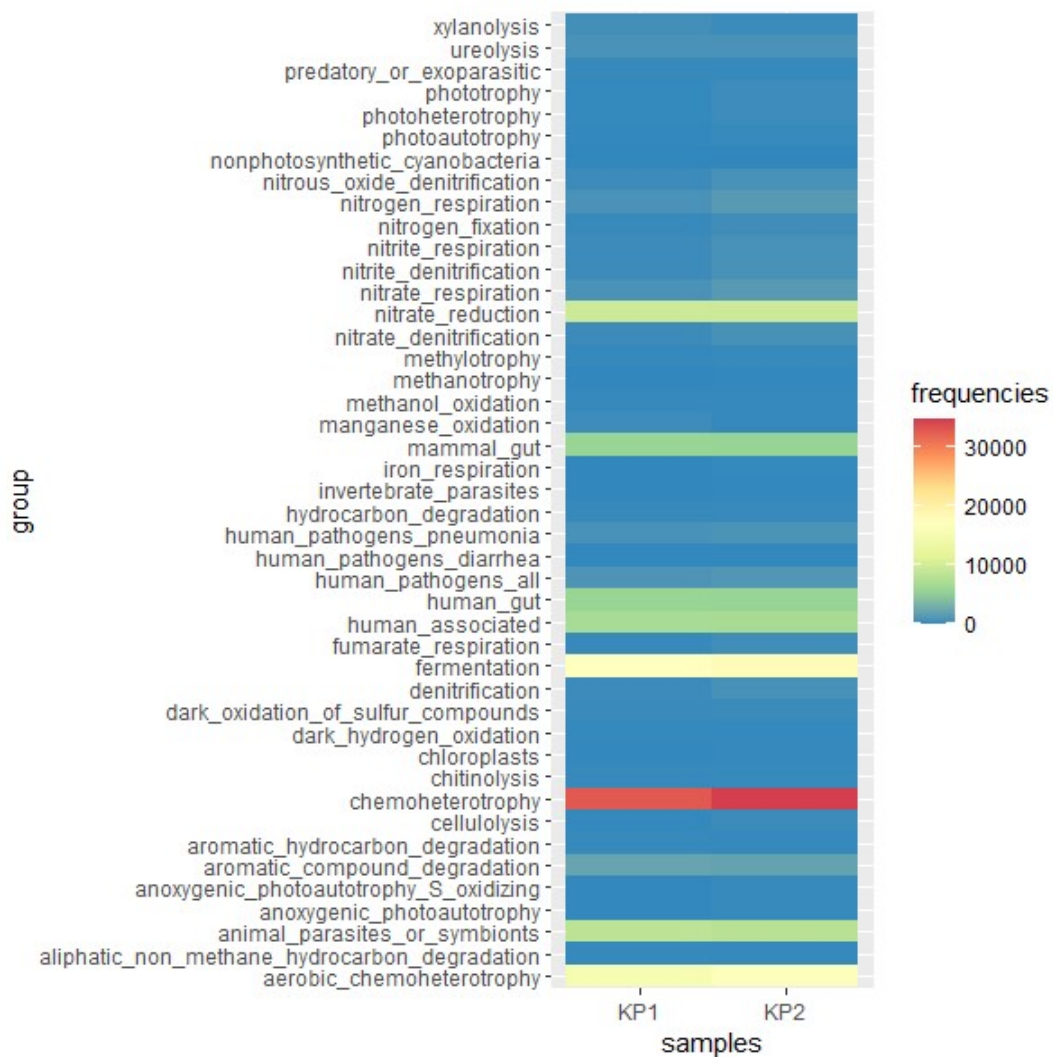
จากการศึกษาความหลากหลายของแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างกะปิทั้ง 2 สูตร คือ สูตรทั่วไป (con) และสูตรลดโซเดียม B พบว่า แบคทีเรียที่พบในทั้ง 2 ตัวอย่างนั้นมีความใกล้เคียงกันในด้านความหลากหลายชนิด แต่ต่างกันที่ความถี่ที่พบ แสดงดังตารางที่ 4.8 ซึ่งแบคทีเรียที่พบเป็นแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก การสร้างกลิ่นและสี (ภาพที่ 4.3) ซึ่งมีผลต่อรสชาติและความชอบของผู้บริโภค

ตารางที่ 4.8 แบคทีเรีย 15 อันดับที่พบบ่อยที่สุดในกะปิสูตรทั่วไปและสูตรที่คัดเลือก

กะปิสูตรทั่วไป (con)		กะปิสูตรลดโซเดียม B	
Frequencies	Taxa	Frequencies	taxa
22536	<i>g__Tissierella</i>	19510	<i>g__Staphylococcus</i>
6589	<i>g__Staphylococcus</i>	7210	<i>g__Bacillus</i>
4785	<i>g__Jeotgalicoccus</i>	5939	<i>g__Alloioococcus</i>
4498	<i>g__Enterobacter</i>	4596	<i>g__Atopostipes</i>
4064	<i>g__Bacillus</i>	4505	<i>g__Enterobacter</i>
3779	<i>g__Salinicoccus</i>	3139	<i>f__Enterobacteriaceae</i>
3620	<i>f__Enterobacteriaceae</i>	2921	<i>g__Jeotgalicoccus</i>
2764	<i>g__Atopostipes</i>	2858	<i>g__Salinicoccus</i>
2335	<i>g__Alloioococcus</i>	2075	<i>g__Pseudomonas</i>
1911	<i>g__Clostridiisalibacter</i>	2013	<i>g__uncultured</i>
1591	<i>g__Pseudomonas</i>	1870	<i>g__Blautia</i>
1454	<i>g__Allorhizobium- Neorhizobium-Pararhizobium-</i>	1827	<i>g__Allorhizobium-Neorhizobium- Pararhizobium-Rhizobium</i>

กะปิสูตรทั่วไป (con)		กะปิสูตรลดโซเดียม B	
Frequencies	Taxa	Frequencies	taxa
	<i>Rhizobium</i>		
1447	g__ <i>Streptomyces</i>	1567	g__ <i>Streptomyces</i>
1212	g__ <i>Faecalibacterium</i>	1300	s__ <i>Alkalibacterium_kapii</i>
1144	s__ <i>Alkalibacterium_kapii</i>	1235	g__uncultured

หมายเหตุ: f, family; g, genus; s, species



ภาพที่ 4.3 เมแทบอลิซึมของแบคทีเรียทั้งหมดในกะปิสูตรทั่วไป (con) และสูลูตรลดโซเดียม B

4.2 อภิปรายผล

จากการทดสอบความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของอาสาสมัครจำนวน 50 คน ด้วย 5-point hedonic scaling ต่อหมูผัดกะปิที่ปรุงประกอบด้วยกะปิสูตรทั่วไป (con) และกะปิสูตรลดโซเดียม (A B C และ D) โดยประเมินระดับคะแนนความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 6 ด้าน คือ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความพึงพอใจโดยภาพรวม พบว่าคะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจจากอาสาสมัครในด้านลักษณะที่ปรากฏ ด้านสี ด้านกลิ่น ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติของสูตร con และ B พบว่าไม่แตกต่างกัน ในขณะที่สูตร A C และ D มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติแตกต่างกับสูตร con อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยกะปิสูตรลดโซเดียม D มีคะแนนเฉลี่ยทั้งด้านรสชาติและความพึงพอใจโดยภาพรวมต่ำสุด อาจเนื่องมาจากการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 100 ส่งผลให้เกิดรสขมต่อผลิตภัณฑ์ จึงทำให้อาสาสมัครให้คะแนนความพึงพอใจต่อตัวอย่างที่มีการทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ปริมาณสูงน้อยกว่าสูตรอื่นๆ สอดคล้องกับการรายงานก่อนหน้านี้ที่กล่าวว่าผลิตภัณฑ์ลดโซเดียมที่มีการทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์มากกว่าร้อยละ 50 จะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสชาติขมเกิดขึ้น^{42,43,44} นอกจากนี้ทางผู้วิจัยได้เลือกกะปิสูตรลดโซเดียม B เพื่อมาศึกษาในขั้นตอนต่อไป เปรียบเทียบกับสูตรทั่วไป (con) เนื่องจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้ง 6 ด้าน มีระดับคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจไม่แตกต่างกับสูตรทั่วไป (con) ดังนั้น จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ ในอัตราส่วน 50:50 ไม่ส่งผลต่อคุณภาพของกะปิและยังเป็นที่ยอมรับของอาสาสมัคร

จากผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ของกะปิสูตรทั่วไป (con) มีค่าเท่ากับ 0.695 และสูตรลดโซเดียม B มีค่าเท่ากับ 0.692 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.60 - 0.85 ซึ่งจัดอยู่ในอาหารประเภทอาหารกึ่งแห้ง (Intermediate moisture food)⁴⁵ ค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุม และป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร ที่มีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยค่า a_w ที่น้อยกว่า 0.85 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดที่เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคไม่สามารถเจริญเติบโต จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กะปิได้นาน อีกทั้งค่า a_w ของกะปิทั้งสองสูตร ยังสอดคล้องกับการรายงานของ Daroonpunt และคณะ (2020)⁸ ที่รายงานค่า a_w ของกะปิส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 0.64 - 0.77 และค่า a_w ของทั้งสองสูตรยังเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (กะปิ) มพข.๖๑/๒๕๖๑ ที่กำหนดว่าค่า a_w ต้องน้อยกว่า 0.85 ส่วนค่าพีเอชของกะปิทั้งสองสูตรก็พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 7.12 - 7.18 สอดคล้องกับการศึกษาค่าพีเอชของตัวอย่างกะปิจากจังหวัดสงขลาและจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.90 - 8.10⁵ กะปิจากคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 7.01 - 7.71¹⁰ กะปิจากจังหวัดสงขลา ระนอง กระบี่ สตูล สมุทรสาคร ระยอง ฉะเชิงเทรา และสมุทรสงคราม มีค่าอยู่ในช่วง 7.01-8.40¹¹ อีกทั้งยังสอดคล้องกับการศึกษาค่าพีเอชในตัวอย่าง *Balacan* (shrimp paste) จากประเทศมาเลเซีย ค่าอยู่ในช่วง 6.80 - 7.60⁴⁶ จากผลการวิเคราะห์ค่าสี L^* (Lightness) a^* (Redness) และ b^* (Yellowness) (โดยที่ค่า $L^* = 0$ คือสีดำ $L^* = 100$ คือสีขาว ค่า a^* แสดงถึงสีแดง เมื่อค่า a^* เป็นบวก และแสดงถึงสีเขียว เมื่อค่า a^* เป็นลบ และค่า b^* แสดงถึงสีเหลือง เมื่อค่า b^* มีค่าเป็นบวก และแสดงถึงสีน้ำเงิน เมื่อค่า b^* เป็นลบ) ของตัวอย่างกะปิสูตร

ทั่วไป (con) กับสูตรลดโซเดียม B มีค่าอยู่ระหว่าง 31.16-38.13, 9.42-7.74 และ 16.39-14.74 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Daroonpunt และคณะ (2020) ที่แสดงค่า L^* , a^* และ b^* ของกะปิส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 29.6-51.84, 5.24-15.39 และ 4.56-17.91 ตามลำดับ⁸ นอกจากนี้กะปิสูตรทั่วไป และกะปิสูตรลดโซเดียม B พบว่ามีสีน้ำตาลแดง ซึ่งเป็นสีของกะปิที่ดีตามธรรมชาติ เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (กะปิ) มพช.๖๑/๒๕๖๑ โดยสีที่พัฒนาขึ้นในตัวอย่างกะปิเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบ Maillard reaction ส่งผลให้ค่า L^* มีค่าลดลง ในขณะที่ค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้น⁴⁷

จากผลการศึกษาค่าประกอบทางเคมีของกะปิสูตรทั่วไปและสูตรลดโซเดียม B พบว่าปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละของทั้งสองสูตรอยู่ในช่วง 33.35 - 44.56 จัดอยู่ในอาหารประเภทอาหารกึ่งแห้ง สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้^{5,11,46} รายงานว่ากะปิจะมีความชื้นคิดเป็นร้อยละอยู่ในช่วง 23.00 - 52.54 และกะปิสูตรลดโซเดียม B ที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้ ยังมีปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณลักษณะทางเคมีของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกะปิ (มอก. 1080-2535) ที่กำหนดให้ความชื้นไม่เกินร้อยละ 45 จากผลการศึกษาปริมาณเกลือในรูปของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในกะปิทั้งสองสูตรคิดเป็นร้อยละพบว่ามีอยู่ในช่วง 15.57 - 18.13 สอดคล้องกับข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (กะปิ) มพช.๖๑/๒๕๖๑ ที่กำหนดให้มีปริมาณ NaCl ไม่น้อยกว่าร้อยละ 12 โดยปริมาณโซเดียม (Na) ในตัวอย่างกะปิสูตรลดโซเดียม B มีปริมาณลดลงถึงร้อยละ 30.71 หรือลดลงกว่าสูตรทั่วไปถึง 1.44 เท่า เมื่อเทียบเป็นปริมาณหนึ่งช้อนชา (5 กรัมของกะปิ) จะพบว่ากะปิปริมาณ 1 ช้อนชาของสูตรทั่วไป (con) จะมีปริมาณโซเดียมเท่ากับ 290.84 มิลลิกรัม ในขณะที่สูตรลดโซเดียม B มีปริมาณโซเดียมอยู่เพียง 201.53 มิลลิกรัม องค์การอนามัยโลกได้กำหนดการบริโภคโซเดียม ไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน (หรือเท่ากับเกลือ 1 ช้อนชา) ดังนั้น ผู้บริโภคสามารถบริโภคกะปิสูตรลดโซเดียม B ได้ถึง ~10 ช้อนชาต่อวัน ในขณะที่สูตรทั่วไป สามารถบริโภคได้เพียง ~7 ช้อนชาต่อวัน จะเห็นได้ว่ากะปิสูตรลดโซเดียม B เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสุขภาพที่ใช้ทดแทนกะปิสูตรทั่วไปในการปรุงประกอบอาหารได้สำหรับบุคคลทั่วไปที่ต้องการลดปริมาณโซเดียมในอาหาร หรือผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงได้ ส่วนปริมาณโพแทสเซียมในกะปิสูตรลดโซเดียม B เพิ่มขึ้น 13.41 เท่า เนื่องจากการทดแทนเกลือ NaCl ด้วย KCl แต่อย่างไรก็ตาม การทดแทนอัตราส่วนของ NaCl:KCl เท่ากับ 50:50 พบว่าไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ กระบวนการหมัก รสชาติ และการยอมรับโดยภาพรวมของอาสาสมัคร เนื่องจากข้อจำกัดในการใช้โพแทสเซียมในผลิตภัณฑ์อาหาร คืออาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสขม หรือมีรสเค็มที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงนิยมให้ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่เหมาะสม³³ จากการรายงานของ Pilapil และคณะ (2016) กล่าวว่ากะปิเป็นแหล่งของแคลเซียม⁴⁸ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบปริมาณแคลเซียมในกะปิทั้งสองสูตร เท่ากับ 1,911.65 - 2,173.01 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง โดยกะปิสูตรลดโซเดียม B มีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าสูตรทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จึงส่งผลให้ปริมาณเถ้า (ash) ของกะปิสูตรลดโซเดียม B มีค่าสูงกว่า

จากผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในกะปิทั้งสองสูตร พบว่ามีปริมาณ Glutamic acid สูง (3,797 - 3,813 mg/100g หรือเท่ากับ 37.97-38.13 mg/g) ซึ่งแสดงว่ากะปิให้รสอูมามิ (Umami taste) ในการนำไปใช้เป็นเครื่องปรุงรสอาหารได้ดี ซึ่งปริมาณของ Glutamic acid ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ แสดงปริมาณ Glutamic acid ในตัวอย่าง *Balacan* จากประเทศมาเลเซีย

อยู่ในช่วง 180.0 – 4,207.0 mg/100g⁴⁹ ในตัวอย่าง *Terasi* จากประเทศอินโดนีเซีย อยู่ในช่วง 28.94 – 57.88 mg/g (Ali et al, 2020) โดยชนิดของกรดอะมิโนที่พบโดยส่วนใหญ่ในกะปิ ได้แก่ Glutamic acid, Lysine, Leucine, Isoleucine, Aspartic acid และ Proline^{5,50} นอกจากนี้ในกะปิทั้งสองสูตรยังพบชนิดของกรดอะมิโนจำเป็นครบทั้ง 9 ชนิด ส่วนผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมันในกะปิทั้งสองสูตรพบว่าสูตรทั่วไป (con) มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว คิดเป็นร้อยละ 58.55 และ 41.45 ของปริมาณไขมันทั้งหมด สูตรลดโซเดียม B มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว คิดเป็นร้อยละ 45.57 และ 54.43 ของปริมาณไขมันทั้งหมด ซึ่งปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในกะปิ อาจส่งผลกระทบต่อ การสร้างกลิ่น (odor) และกลิ่นรส (flavor) ของผลิตภัณฑ์กะปิ กรดไขมันที่พบโดยส่วนใหญ่ในกะปิ ได้แก่ Palmitic acid (C16:0), Stearic acid (C18:0), trans-9-Elaidic acid (C18:1n9t), Eicosapentaenoic acid (C20:5n3), and Docosahexaenoic acid (C22:6n3)⁵⁰

จากการศึกษาความหลากหลายของแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างกะปิทั้ง 2 สูตร คือ สูตรทั่วไป (con) และสูตรลดโซเดียม B พบว่า แบคทีเรียที่พบในทั้ง 2 ตัวอย่างนั้นเป็นแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก การสร้างกลิ่นและสี (ดังแสดงในภาพที่ 4.3) ซึ่งมีผลต่อกระบวนการหมัก รสชาติ กลิ่นรส และส่งผลกระทบต่อความชอบของผู้บริโภค โดยสกุลแบคทีเรียที่พบบ่อยมากในกะปิสูตรทั่วไป (con) ได้แก่ *Tissierella*, *Staphylococcus*, *Jeotgalicoccus*, *Enterobacter*, *Bacillus* และ *Salinicoccus* ส่วนสกุลแบคทีเรียที่พบมากในกะปิสูตรลดโซเดียม B ได้แก่ *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Alloiococcus*, *Atopostipes*, *Enterobacter*, *Jeotgalicoccus* และ *Salinicoccus* จากการศึกษาสายพันธุ์ของแบคทีเรียในตัวอย่างกะปิก่อนหน้านี้ พบแบคทีเรียชอบเค็ม (Halophilic bacteria) ส่วนใหญ่ในตัวอย่างกะปิ ได้แก่ *Lentibacillus kapialis*, *Salinicoccus siamensis*, *Alkalibacterium kapii*, *Oceanobacillus kapialis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Virgibacillus kapii*, *B. subtilis*, *Lent. Lipolyticus*, *B. tequilensis*, *B. infantis*, *B. flexus*, *B. paramycoides*, *Staphylococcus cohnii* subsp. *urealyticus*, *B. salacetis*, *Vir. Halodenitrificans*, *Jeotgalicoccus psychrophilus* และ *Macrocooccus caseolyticus*⁸ สำหรับแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) ที่พบในกะปิ ได้แก่ *Tetragenococcus halophilus*, *T. muriaticus*⁵¹

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาแกะปิสูตรทั่วไปและสูตรลดโซเดียม รวมทั้งหมด 5 สูตร แกะปิสูตรลดโซเดียม B ที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 50 ได้รับการยอมรับและมีระดับคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสทั้ง 6 ด้านเทียบเท่าสูตรทั่วไป (con) โดยแกะปิสูตรลดโซเดียม B มีสีน้ำตาลแดง ความชื้นและค่า a_w เท่ากับ 33.35 เปอร์เซ็นต์ และ 0.692 ตามลำดับ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันและเถ้า เท่ากับร้อยละ 13.97, 24.40, 1.85 และ 26.43 กรัม ตามลำดับ ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ เท่ากับ 15.57 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถลดปริมาณโซเดียมจากแกะปิสูตรทั่วไปลงได้ร้อยละ 30.71 และยังมีชนิดของกรดอะมิโนและกรดไขมันใกล้เคียงกับสูตรทั่วไป อีกทั้งความหลากหลายของแบคทีเรียที่พบในแกะปิสูตรทั่วไปและสูตรลดโซเดียมที่คัดเลือกนั้นมีความใกล้เคียงกัน และยังเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก การสร้างกลิ่นและสี ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแกะปิสูตรลดโซเดียม B ที่พัฒนาขึ้น มีคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของแกะปิสูตรทั่วไป และยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค จึงสามารถนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสุขภาพทดแทนแกะปิสูตรทั่วไปในการปรุงประกอบอาหารได้ ทั้งในบุคคลทั่วไปที่ต้องการลดปริมาณโซเดียมในอาหาร หรือผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาต่อยอดงานวิจัยในอนาคต อาจจะศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ตามระยะเวลาหมักของแกะปิสูตร (เก็บตัวอย่างในวันที่ 1, 30, 60, 90 ของระยะเวลาหมัก) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีกายภาพ และทางจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในตัวอย่งแกะปิสูตรตามระยะเวลาของการหมัก

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

โครงการวิจัยนี้ได้รับอนุมัติในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทำให้การเดินทางไปทำแกะปิสูตรในจังหวัดนครศรีธรรมราชยากลำบาก ประกอบด้วยช่วงฤดูกาลที่จะทดลองทำแกะปิสูตรซึ่งเป็นวัตถุดิบหลัก ชาวประมงท้องถิ่นไม่สามารถหาได้ในช่วงพฤษภาคม-มิถุนายน ได้ตามกำหนดเวลาของแผนการดำเนินงานได้ เนื่องจากต้องใช้กุ้งจำนวนมากและทดลองทำแกะปิสูตรในรอบเดียวกัน อีกทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัสในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลกระทบต่อการหาอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ จึงทำให้ล่าช้ากว่าแผนการดำเนินงานที่กำหนดไว้

นอกจากนี้ ยังเกิดปัญหาช่วงการวางแผนวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และศึกษากลุ่มของแบคทีเรียทั้งหมดในแกะปิสูตรลดโซเดียมสูตรคัดเลือกและแกะปิสูตรทั่วไป ซึ่งมีความจำเป็นต้องทดลองผลิตแกะปิสูตรใหม่ รอบที่ 2 เพื่อควบคุมตัวอย่างแกะปิสูตรให้มีระยะเวลาของการหมักแกะปิสูตรที่เหมาะสมก่อนนำไปส่งตรวจวิเคราะห์ จึงส่งผลให้เกิดความล่าช้า ไม่เป็นไปตามแผนการดำเนินงานที่ตั้งไว้เดิม

บรรณานุกรม

1. Faithong, N., Benjakul, S., Phatcharat, S., & Binsan, W. (2010). Chemical composition and antioxidative activity of Thai traditional fermented shrimp and krill products. *Food Chemistry*, 119(1), 133-140.
2. Kleekayai, T., Harnedy, P.A., O’Keeffe, M.B., Poyarkov, A.A., Cunhaneves, A., Suntornsuk, W. & FitzGerald, R.J. (2015). Extraction of antioxidant and ACE inhibitory peptides from Thai traditional fermented shrimp pastes. *Food chemistry*, 176, 441-447.
3. Wittanalai, S., Rakariyatham, N., & Deming, R.L. (2011). Volatile compounds of vegetarian soybean kapi, a fermented Thai food condiment. *African Journal of Biotechnology*, 10(5), 821-830.
4. Chaijan, M., & Panpipat, W. (2012). Darkening prevention of fermented shrimp paste by pre-soaking whole shrimp with pyrophosphate. *Asian Journal Food and Agro-Industry*, 5(2), 163-171.
5. Daroonpunt, R., Uchino, M., Tsujii, Y., Kazami, M., Oka, D., & Tanasupawat, S. (2016). Chemical and physical properties of Thai traditional shrimp paste (Ka-pi). *Journal Applied Pharmaceutical Science*, 6(05), 058-062.
6. วันทนีย์ เกรียงสินยศ. (2555). *ลดโซเดียม ยืดชีวิต*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ในพระบรมราชูปถัมภ์.
7. ธีธาร์ตน์ อภิญา. (2556). *รายงานผลการทบทวนรูปแบบการดำเนินงานป้องกันโรคไม่ติดต่อในวิถีชีวิต ด้วยการลดการบริโภคเกลือ*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ในพระบรมราชูปถัมภ์.
8. Daroonpunt, R., Kingkaew, E., & Tanasupawat, S. (2020). Fermented Shrimp: Composition, Nutritive Value, Microbes and Benefits. In Kovalyov, O. (ed.), *Fermented Foods: Nutrition and Role in Health and Disease*. (pp. 229-275). New York: NOVA Science Publishers. ISBN: 978-153-618-656-7.
9. Ali, M., Joni, K., Aulanni’am, A., & Yunianta, Y. (2020). Amino acids, fatty acids and volatile compounds of *terasi udang*, an Indonesian shrimp paste, during fermentation. *AAFL Bioflux*, 13, 938-950.

10. Prapasuwannakul, N., & Suwannahong, K. (2015). Chemical composition and antioxidant activity of Klongkone shrimp paste. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *197*, 1095-1100.
11. Pongsetkul, J., Benjakul, S., Sampavapol, P., Osako, K., & Faithong, N. (2014). Chemical composition and physical properties of salted shrimp paste (Kapi) produced in Thailand. *International Aquatic Research* *6*(3), 155-166.
12. Lv, X., Li, Y., Cui, T., Sun, M., Bai, F., Li, X., Li, J., & Yi, S. (2020). Bacterial community succession and volatile compound changes during fermentation of shrimp paste from Chinese Jinzhou region. *LWT -Food Science and Technology*, *122*, 108998.
13. Fan, Y., Xue, Y., Li, Z., Hou, H., & Xue, C. (2017). Analyzing the flavor compounds in Chinese traditional fermented shrimp pastes by HS-SPME-GC/MS and electronic nose. *Journal of Ocean University of China*, *16*(2), 311-318.
14. Diana, M., Quílez, J., & Rafecas, M. (2014). Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: a review. *Journal of Functional Foods*, *10*, 407-420.
15. Surono, I.S., & Hosono, A. (1994a). Microflora and their enzyme profile in "Terasi" starter." *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, *58*(6), 1167-1169.
16. Surono, I. S., & Hosono, A. (1994b). Chemical and aerobic bacterial composition of "Terasi", a traditional fermented product from Indonesia. *Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi)*, *35*(3), 299-304.
17. Murwani, R., Subagio, S., Trianto, A., & Ambariyanto. (2015). Isolation and identification of thermophilic and mesophylic proteolytic bacteria from shrimp paste "Terasi". *AIP Conference Proceedings*.
18. Booncharoen, A., Visessanguan, W., Kuncharoen, N., Yiamsombut, S., Santiyanont, P., Mhuantong, W., Charoensri, S., Rojsitthisak, P., & Tanasupawat, S. 2019. *Lentibacillus lipolyticus* sp. nov., a moderately halophilic bacterium isolated from shrimp paste (Ka-pi). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, *69*(11), 3529-3536.

19. Pakdeeto, A., Tanasupawat, S., Thawai, C., Moonmangmee, S., Kudo, T., & Itoh, T. (2007). *Salinicoccus siamensis* sp. nov., isolated from fermented shrimp paste in Thailand. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 57(9), 2004-2008.
20. Ishikawa, M., Tanasupawat, S., Nakajima, K., Kanamori, H., Ishizaki, S., Kodama, K., Okamoto-Kainuma, A., Koizumi, Y., Yamamoto, Y., & Yamasato, K. (2009). *Alkalibacterium thalassium* sp. nov., *Alkalibacterium pelagium* sp. nov., *Alkalibacterium putridalgicola* sp. nov. and *Alkalibacterium kapii* sp. nov., slightly halophilic and alkaliphilic marine lactic acid bacteria isolated from marine organisms and salted foods collected in Japan and Thailand. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 59(5), 1215-1226.
21. Namwong, S., Tanasupawat, S., Lee, K.C., & Lee, J.S. (2009). *Oceanobacillus kapialis* sp. nov., from fermented shrimp paste in Thailand. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 59(9), 2254-2259.
22. Daroonpant, R., Saeng-in, P., & Tanasupawat, S. (2019). Identification and lipolytic activity of *Bacillus* and *Staphylococcus* strains from shrimp paste (Ka-pi). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 9(04), 024-029.
23. Daroonpant, R., Yiamsombut, S., Sitdhipol, J., & Tanasupawat, S. (2019). *Bacillus salacetis* sp. nov., a slightly halophilic bacterium from Thai shrimp paste (Ka-pi). *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 69(4), 1162-1168.
24. Pongsetkul, J., Benjakul, S., Sumpavapol, P., Vongkamjan, K., & Osako, K. (2018). *Bacillus subtilis* K-C3 isolated from Thai salted shrimp paste (Kapi): Its extracellular enzymes and use as a starter culture in Kapi production. *Journal of Food Biochemistry*, 42(6), e12649.
25. Daroonpant, R., Tanasupawat, S., Kudo, T., Ohkuma, M., & Itoh, T. (2016). *Virgibacillus kapii* sp. nov., isolated from Thai shrimp paste (Ka-pi). *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 66(4), 1832-1837.
26. Phewpan, A., Phuwaprisirisan, P., Takahashi, H., Ohshima, C., Lopetcharat, K., Techaruvichit, P., & Keeratipibul, S. (2020). Microbial diversity during processing of

- Thai traditional fermented shrimp paste, determined by next generation sequencing. *LWT-Food Science and Technology*, 122, 108989.
27. Kobayashi, T., Kajiwara, M., Wahyuni, M., Kitakado, T., Hamada-Sato, N. Imada, C. and Watanabe, E. (2003). Isolation and characterization of halophilic lactic acid bacteria isolated from “terasi” shrimp paste: a traditional fermented seafood product in Indonesia. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 49(5), 279-286.
28. Amalia, U., & Agustini, T.W. (2018). Characterization of Lactic Acid Bacteria (LAB) isolated from Indonesian shrimp paste (terasi). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 116, 012049.
29. สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2559). *ยุทธศาสตร์ลดการบริโภคเกลือและโซเดียมในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559-2568*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ในพระบรมราชูปถัมภ์.
30. World Health Organization. (2011). *Global status report on noncommunicable diseases 2010*. Geneva: World Health Organization.
31. สำนักงานพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ. (2555). *รายงานภาระโรคและการบาดเจ็บของประชากรไทย พ.ศ. 2552*. นนทบุรี: สำนักงานพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ.
32. วิฑูรย์ ปริญาวิวัฒน์กุล และสุจินดา ศรีวิณะ. (2556). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงวอชิงตัน.
33. Kilcast, D. and C. den Ridder. (2007). Sensory issues in reducing salt in food products. In D. Kilcast & F. Angus, eds. *Reducing Salt in Foods: Practical Strategies*. (pp. 201- 220). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
34. Gacula, JR.M., & Rutenbeck, S. (2006). Sample size in consumer test and descriptive analysis. *Journal of Sensory Studies*, 21, 129–145.
35. ครั้วบ้านพิม. *สามชั้นผัดกะปิ* [อินเทอร์เน็ต]. (2561). [เข้าถึงเมื่อ 13 มกราคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.pim.in.th/side-dish-by-pork/1225-fried-belly-pork-with-shirmp-paste>.
36. AOAC. (2019). *Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists*. 21st Edition, Washington DC.

37. Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R. M. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
38. Chen, S., Zhou, Y., Chen, Y., & Gu, J. (2018) fastp: an ultra-fast all-in-one FASTQ preprocessor. *Bioinformatics*, 34(17), 884-890.
39. Callahan, B.J., McMurdie, P.J., Rosen, M.J., Han, A.W., Johnson, A.J., & Holmes, S.P. (2016) DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data. *Nat Methods*. 13(7), 581-583.
40. Bolyen E, Rideout JR, Dillon MR, Bokulich NA, Abnet CC & Al-Ghalith GA. *et al.* (2019). Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nature Biotechnology*, 37(8), 852-857.
41. Nagpal, S., Singh, R., Yadav, D., & Mande, S.S. (2020). MetagenoNets: comprehensive inference and meta-insights for microbial correlation networks. *Nucleic Acids Research*, 48, 572–579.
42. Sinopoli, D.A. & Lawless, H.T. (2012). Taste properties of potassium chloride alone and in mixtures with sodium chloride using a check-all-that-apply method. *Journal of Food Science*, 77(9), 319-322.
43. Munasinghe, D.M.S. & Sakai, T. (2004). Sodium chloride as a preferred protein extractant for pork lean meat. *Meat Science*, 67, 697–703.
44. Cook, N. R., Cutler, J. A., Obarzanek, E., Buring, J. E., Rexrode, K. M., Kumanyika, S. K., Appel, L. J. & Whelton, P. K. (2007). Long term effects of dietary sodium reduction on cardiovascular disease outcomes: observational follow-up of the trials of hypertension prevention (TOHP). *British Medical Journal*, 334 (7599), 885-888.
45. Lewicki, P. P. (2004). Water as the determinant of food engineering properties. A review. *Journal of food engineering*, 61(4), 483-495.
46. Padilah, B., Bahruddin, S., Fazilah, A., Ahmad, M., & Gulam, R. R. A. (2018). Biogenic amines analysis in shrimp pastes belacan obtained from the Northern States of Peninsular Malaysia. *International Food Research Journal*, 25(5), 1893-1899.

47. Faithong, N., & Benjakul, S. (2014). Changes in antioxidant activities and physicochemical properties of Kapi, a fermented shrimp paste, during fermentation. *Journal of Food science and Technology*, 51(10), 2463-2471.
48. Pilapil, A. R., Neyrinck, E., Deloof, D., Bekaert, K., Robbens, J., & Raes, K. (2016). Chemical quality assessment of traditional salt-fermented shrimp paste from Northern Mindanao, Philippines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(3), 933-938.
49. Jinap, S., Ilya-Nur, A. R., Tang, S. C., Hajeb, P., Shahrim, K., & Khairunnisak, M. (2010). Sensory attributes of dishes containing shrimp paste with different concentrations of glutamate and 5'-nucleotides. *Appetite*, 55(2), 238-244.
50. Cai, L., Wang, Q., Dong, Z., Liu, S., Zhang, C., & Li, J. (2017). Biochemical, nutritional, and sensory quality of the low salt fermented shrimp paste. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 26(6), 706-718.
51. Tanasupawat, S. (2009). Thai lactic acid bacteria: diversity and applications. *Srinakharinwirot Science Journal*, 25(1), 1-13.

ภาคผนวก ก

เอกสารรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์



เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย : HS 064/2564

โครงการวิจัยเรื่อง : การพัฒนากะปิลดโซเดียม

หัวหน้าโครงการวิจัย : อาจารย์รังสิมา ดรณพันธ์

หน่วยงานที่สังกัด : คณะสหเวชศาสตร์

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า โครงการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดภัยอันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

- | | |
|--|---|
| 1. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ | ฉบับที่ 2 วันที่ 1 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564 |
| 2. เอกสารโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย | ฉบับที่ 1 วันที่ 23 เดือน กันยายน พ.ศ. 2564 |
| 3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ 1 วันที่ 1 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564 |
| 4. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ 1 วันที่ 1 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564 |
| 5. เอกสารแสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | ฉบับที่ 1 วันที่ 23 เดือน กันยายน พ.ศ. 2564 |
| 6. เอกสารอื่นๆ | |
| 6.1 ประกาศเชิญชวนเข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ 1 วันที่ 1 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564 |

วันที่รับรอง : วันที่ 20 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564

วันที่หมดอายุ : วันที่ 20 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2565

ลงนาม


(รองศาสตราจารย์ ดร.วิฑูรย์ แจงเอี่ยม)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ชุดที่ 1 (กลุ่มคลินิก/ วิทยาศาสตร์สุขภาพ/ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบสอบถามชุดที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร
เรื่อง การพัฒนากะปิลดโซเดียม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ตามความเป็นจริงของอาสาสมัคร

1. เพศ

ชาย

หญิง

2. อายุ

18 - 25 ปี

25 - 30 ปี

30 - 40 ปี

มากกว่า 40 ปีขึ้นไป

3. อาชีพ

นักเรียน / นักศึกษา

ธุรกิจส่วนตัว

ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ

พ่อบ้าน / แม่บ้าน

พนักงานบริษัทเอกชน

รับจ้างทั่วไป

อื่นๆ โปรดระบุ.....

4. ประวัติการแพ้อาหาร

ไม่มี

กุ้ง

กะปิ

อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. โรคประจำตัว

ไม่มี

ความดันโลหิตสูง

โรคไต

โรคหัวใจและหลอดเลือด

อื่นๆ โปรดระบุ.....



BUU-IRB Approved
20 Oct 2021

แบบสอบถามชุดที่ 2 ประเมินความพึงพอใจทางประสาทสัมผัส

เรื่อง การพัฒนากะปิลดโซเดียม

คำชี้แจง: กรุณาทดสอบตัวอย่างอาหารในแต่ละสูตร เพื่อประเมินความพึงพอใจทางประสาทสัมผัส แล้วให้คะแนนความพึงพอใจตามความเป็นจริง โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในแต่ละข้อตามความรู้สึกของท่าน (ก่อนการทดสอบตัวอย่างอาหารแต่ละสูตร ขอให้อาสาสมัครกรอกรหัสตัวอย่างที่ระบุอยู่บนภาชนะใส่ตัวอย่าง ลงในช่องว่างที่กำหนด และกลั้วปากด้วยน้ำเปล่าทุกครั้ง)

รหัสตัวอย่าง (โปรดระบุ)

ความพึงพอใจ	ชอบมาก 	ชอบเล็กน้อย 	เฉยๆ 	ไม่ชอบ 	ไม่ชอบมาก 
ลักษณะที่ปรากฏ					
สี					
กลิ่น					
เนื้อสัมผัส					
รสชาติ					
ความพึงพอใจโดยภาพรวม					

รหัสตัวอย่าง (โปรดระบุ)

ความพึงพอใจ	ชอบมาก 	ชอบเล็กน้อย 	เฉยๆ 	ไม่ชอบ 	ไม่ชอบมาก 
ลักษณะที่ปรากฏ					
สี					
กลิ่น					
เนื้อสัมผัส					
รสชาติ					
ความพึงพอใจโดยภาพรวม					

รหัสตัวอย่าง (โปรดระบุ)

ความพึงพอใจ	ชอบมาก 	ชอบเล็กน้อย 	เฉยๆ 	ไม่ชอบ 	ไม่ชอบมาก 
ลักษณะที่ปรากฏ					
สี					
กลิ่น					
เนื้อสัมผัส					
รสชาติ					
ความพึงพอใจโดยภาพรวม					



BUU-IRB Approved
20 Oct 2021

รหัสตัวอย่าง (โปรดระบุ)

ความพึงพอใจ	ชอบมาก 	ชอบเล็กน้อย 	เฉยๆ 	ไม่ชอบ 	ไม่ชอบมาก 
ลักษณะที่ปรากฏ					
สี					
กลิ่น					
เนื้อสัมผัส					
รสชาติ					
ความพึงพอใจโดยภาพรวม					

รหัสตัวอย่าง (โปรดระบุ)

ความพึงพอใจ	ชอบมาก 	ชอบเล็กน้อย 	เฉยๆ 	ไม่ชอบ 	ไม่ชอบมาก 
ลักษณะที่ปรากฏ					
สี					
กลิ่น					
เนื้อสัมผัส					
รสชาติ					
ความพึงพอใจโดยภาพรวม					

ข้อเสนอแนะ.....

ขอขอบพระคุณในการให้ความร่วมมือของท่าน มา ณ โอกาสนี้ด้วย


 BUU-IRB Approved
 20 Oct 2021