การพัฒนาผลิตภัณฑ์และกรรมวิธีการผลิตอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ จากปลาช่อนทะเล (*Rachycentron canadum*)

Development of product and process for Blenderized Diet from Sugi fish (*Rachycentron canadum*)

ชยุตพงศ์ ทวีพิริยะ

ภภัทร์ฉัตร ม่วงปั้น

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาผลิตภัณฑ์และกรรมวิธีการผลิตอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุจากปลาช่อนทะเล (*Rachycentron canadum*)

Development of product and process for Blenderized Diet from Sugi fish (*Rachycentron canadum*)

ชยุตพงศ์ ทวีพิริยะ
ภภัทร์ฉัตร ม่วงปั้น

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF PRODUCT AND PROCESS FOR BLENDERIZED DIET FROM SUGI FISH (*Rachycentron canadum*)

CHAYUTPONG TAWEEPIRIYA

PAPATCHAT MUANGPUN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF FOOD ENGINEERING

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์และกรรมวิธีการผลิตอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุจากปลาช่อนทะเล(Rachycentron canadum)
ผู้จัดทำ	ชยุตพงศ์ ทวีพิริยะ ภภัทร์ฉัตร ม่วงปั้น
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์
ปริญญานิพนธ์	ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

_____ หัวหน้าภาควิชา

(ผศ.ดร.เจษฎา ชัยโฉม)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์และกรรมวิธีการผลิตอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุจากปลาช่อนทะเล(*Rachycentron canadum*)
ผู้จัดทำ	ชยุตพงศ์ ทวีพิริยะ ภภัทร์ฉัตร ม่วงปั้น
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขา	วิศวกรรมอาหาร
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

ผู้สูงอายุเป็นวัยที่มีปัญหาภาวะเบื่ออาหาร โดยเฉพาะสารอาหารประเภทโปรตีนที่ ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อภาวะขาดสารอาหารได้โดยง่าย พัฒนาสูตรอาหารปั่นผสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรอาหารให้มีสัดส่วนของสารอาหารที่เหมาะสมต่อความต้องการของร่างกาย และศึกษากรรมวิธีการฆ่าเชื้อภายใต้ความดันเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา จากการคำนวณพบว่าสูตรอาหารมีสัดส่วนการกระจายพลังงานเหมาะสม ประกอบไปด้วย liquid hydrolysate ร้อยละ 63.34 Solid hydrolysate ร้อยละ 16.39 มอลโตเดกซ์ตริน ร้อยละ 11.52 ฟักทอง ร้อยละ 8.42 น้ำมันปลา ร้อยละ 0.33 ให้พลังงาน 225 กิโลแคลลอรี่ ต่อ 1 หน่วยบริโภค ในด้านการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อภายใต้แรงดันโดยกำหนดให้ค่า F_0 = 5 นาที พบว่า ที่อุณหภูมิ 115 และ 120 ต้องใช้ระยะเวลาในช่วง cooking time 53 และ32 นาทีตามลำดับ ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อต่อคุณสมบัติของอาหารปั่นผสม ซึ่งทำการศึกษาไว้ที่อุณหภูมิ 115 และ 120 องศาเซลเซียส โดยจะวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ได้แก่ ความหนืด ค่าสี ค่า Browning index ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ จากการศึกษาพบว่า เทียบผลิตภัณฑ์ก่อน และหลังการฆ่าเชื้อ สมบัติของอาหารเปลี่ยนแปลไปอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่า ความหนืดของอาหารและค่า Browning index เพิ่มขึ้น และค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ลดลง จากผลของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล อย่างไรก็ดีที่ระดับอุณหภูมิต่างกันสมบัติของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้น Browning index ลดลงเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) จากระยะเวลาที่อาหารได้รับความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น เมื่อดำเนินการศึกษาการขยายกำลังการผลิตระดับ pilot scale และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยภาพรวมผู้ทดสอบมีความชอบต่ออาหารปั่นผสมในระดับชอบเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Titie	Development of product and process for blenderized diet from sugi fish (*Rachycentron canadum*)
Students	Mr. Chayutpong Taweepiriya, Miss. Papatchat Muangpun
Project Advisor	Asst. Prof. Dr. Pimpen Pornchaloempong
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Food Engineering
Academic Year	2022

ABSTRACT

Elderly adults who suffer from anorexia are at risk of malnutrition. The development of a blenderized diet formula aims to create a nutritionally balanced diet. The studying of retort process can extend the shelf life of the product. The calculated proportions of the blended food formula consist of 63.34% liquid hydrolysate, 16.39% solid hydrolysate, 11.52% maltodextrin, 8.42% pumpkin, and 0.33% fish oil, providing 225 kcal per serving. When studying the microbial inactivation process, a cooking time of 53 minutes was required at 115 ℃, while 32 minutes were needed at 120 ℃, with a reference F0 value of 5 minutes. The effects of different temperatures (115 ℃ and 120 ℃) on the physical properties of the blenderized diet that were observed in viscosity, color, browning index, pH, and Total soluble solids. Retort process were affect to physical properties of the blenderized diet, with increased viscosity and browning index, as well as decreased Total soluble solids after process. However, there were no significant differences in the properties of the blenderized diet for the elderly, except for a significant decrease in the browning index when higher temperatures were applied ($p < 0.05$). These findings were the result of the Maillard reaction occurring during heating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้คำชี้แนะในการดำเนินโครงงาน ตลอดจนช่วยแก้ไขในสิ่งบกพร่องและให้การสนับสนุนตลอดระยะเวลาในการทำโครงงาน ทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ คุณ ธัญชนก ศิริเมฆ คุณ วสันต์ อินทร์ตา คุณ ไกรสุวิทย์ ศรีสวัสดิ์ และทีมงานจากโรงงานต้นแบบแห่งการเรียนรู้ (Factory Classroom) ที่ให้คำชี้แนะและช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารสาดกระบังทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งความห่วงใยและความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัวที่ให้การสนับสนุนในการศึกษาของข้าพเจ้าจนสำเร็จการศึกษา

ชยุตพงศ์ ทวีพิริยะ
ภภัทร์ฉัตร ม่วงปั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ II

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 วัตถุดิบ 3

2.2 อาหารปั่นผสม 4

2.3 แนวทางการบริโภคอาหารเพื่อให้ได้รับปริมาณพลังงานที่เหมาะสมต่อร่างกาย 4

2.4 อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ 5

2.5 การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ 5

2.6 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการฆ่าเชื้อ 6

2.7 การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในอาหาร 8

2.8 เอกสารที่เกี่ยวข้อง 9

บทที่ 3 วัสดุและวิธีการดำเนินงาน 11

3.1 วัสดุอุปกรณ์ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 12
3.3 กระบวนการเตรียมโปรตีนไฮโดรไลเซตจากปลาช่อนทะเล 13
3.4 การพัฒนาอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ 15
3.5 การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ 17
3.5 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อสมบัติบางประการของอาหารปั่นผสม 18
3.6 การทดลองขยายกำลังการผลิตระดับ pilot scale 20
3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ 21
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 22
4.1 การพัฒนาสูตรอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ 22
4.2 การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ 22
4.3 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อสมบัติบางประการของอาหารปั่นผสม 24
4.4 การทดลองขยายกำลังการผลิตระดับ pilot scale 26
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 28
5.1 สรุปผลการศึกษา 28
5.2 ข้อเสนอแนะ 28
เอกสารอ้างอิง 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลโภชนาการของวัตถุดิบที่ศึกษา 3
ตารางที่ 4.1 ตารางการคำนวณสารอาหารของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ 20
ตารางที่ 4.2 สมบัติของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ ก่อนและหลังฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 และ 120 องศาเซลเซียส 23
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1 กราฟในการคำนวณค่า D 6
ภาพที่ 2.2 กราฟในการคำนวณค่า z 7
ภาพที่ 2.3 กราฟอุณหภูมิและ L-value ในการกาค่า F_0 8
ภาพที่ 3.2 การปั่นผสมเนื้อปลาช่อนทะเลกับน้ำด้วยอัตราส่วน 1 : 1 14
ภาพที่ 3.3 การเติมเอนไซม์โปรติเอส 14
ภาพที่ 3.4 การกรองโดยใช้ถุงกรองความละเอียด 25 ไมครอน 14
ภาพที่ 3.5 การเตรียม Solid hydrolysate กลิ่นสมุนไพรไทย 16
ภาพที่ 3.6 การเตรียม liquid hydrolysate แต่งกลิ่น 16
ภาพที่ 3.7 การผสมส่วนประกอบของอาหารปั่นผสม 16
ภาพที่ 3.8 การปั่นผสมอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุด้วยเครื่องปั่น 17
ภาพที่ 3.9 การปิดฝากระป๋องอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ 18
ภาพที่ 3.11 การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ 18
ภาพที่ 3.12 ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 20
ภาพที่ 3.13 การบรรจุถุงแบบ hot fill 21
ภาพที่ 3.14 การเตรียมสำหรับการฆ่าเชื้อภายใต้แรงดัน 21
ภาพที่ 4.2 การศึกษาการแทรกผ่านของความร้อนที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 2 23
ภาพที่ 4.3 การศึกษาการแทรกผ่านของความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 1 24
ภาพที่ 4.4 การศึกษาการแทรกผ่านของความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 2 24
ภาพที่ 4.5 อาหารตัวอย่างที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 และ120 องศาเซลเซียส 25
ภาพที่ 4.6 อาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ 27
ภาพที่ 4.7 กราฟใยแมงมุมคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสเฉลี่ยด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ จะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2565 มีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปมากกว่า 20% ของประชากรทั้งประเทศ อายุของคนไทยจะยืนยาวขึ้น ปัจจุบันมีการเฉลี่ยอายุของคนไทยอยู่ที่ประมาณ 75 ปี แต่ในปี พ.ศ. 2568 อายุของคนไทยโดยประมาณจะอยู่ที่ 85 ปี ผู้สูงอายุจะต้องได้รับการดูแลและการเอาใจใส่ที่ดีทั้งในด้านสุขภาพร่างกาย และจิตใจ เมื่อสุขภาพดี ร่างกายแข็งแรง จิตใจและอารมณ์ก็ย่อมดีไปด้วย (กลุ่มเสริมสร้างและพัฒนาศักยภาพเครือข่าย กองส่งเสริมศักยภาพผู้สูงอายุ, 2566)

ผู้สูงอายุที่มีภาวะทุพโภชนาการ คือ ได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ ผู้สูงอายุมักปฏิเสธและหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหาร มีแนวโน้มได้รับโปรตีนได้ต่ำ เนื่องจากโรคประจำตัว ฟันและการบดเคี้ยวเนื้อสัตว์ ภาวะเบื่ออาหาร ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ (Jürgen Bauer et al., 2013) ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อภาวะขาดสารอาหารได้โดยง่าย จึงต้องการผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมรับประทานที่สามารถใช้ทานเป็นมื้ออาหารหลักหรือมื้ออาหารเสริมได้ นอกจากนี้โดยธรรมชาติร่างกายของผู้สูงอายุจะมีการฝ่อของกล้ามเนื้อ หากรับประทานโปรตีนในปริมาณที่ไม่เพียงพอ และมีสมดุลของโปรตีนในร่างกายที่ติดลบ ร่วมกับการออกกำลังกายลดลง จะทำให้อัตราการฝ่อของกล้ามเนื้อเพิ่มเร็วขึ้น โดยทั่วไปผู้ใหญ่ต้องการโปรตีนต่อวัน วันละประมาณ 0.8 – 1 กรัม ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2563)ดังนั้นการเพิ่มการเสริมสร้างกล้ามเนื้อด้วยโปรตีนจะต้องพยายามเพิ่มสัดส่วนอาหารโปรตีนให้ได้ 30-35% ของพลังงานต่อวัน ทั้งนี้ยังต้องผ่านความยุ่งยากของการบริโภคอันได้แก่ การกินง่าย ย่อยง่าย มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน (Christos S Katsanos. et.al., 2006)

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมรับประทาน บรรจุกระป๋องที่อุดมไปด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน ที่จำเป็นต่อร่างกายของผู้สูงอายุ ในขนาดบรรจุที่พอดี ½ มื้ออาหารมีความสะดวกต่อการรับประทานโดย 1 หน่วยบริโภค ให้พลังงาน 225 กิโลแคลอรี แหล่งโปรตีนหลักจะได้มาจากปลาช่อนทะเลที่ผ่านกระบวนการไฮโดรไลเซต มอลโตเดกซ์ตรินและฟักทองญี่ปุ่นเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต ฟักทองญี่ปุ่นนอกจากให้พลังงาน ยังเพิ่มรสชาติหวานให้กับอาหารและแต่สีสันจากสารกลุ่มบีตาแคโรทีนอีกด้วย และไขมันดีที่ต้องการในหนึ่งมื้ออาหารจะได้จากน้ำมันปลา โดยจะผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อภายใต้แรงดัน (Retort) ชนิดกลุ่มอาหารกรดต่ำ(Low acid food) ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท เมื่อผู้สูงอายุได้รับประทานแล้วจะได้รับโปรตีนจากปลาที่สามารถย่อยและดูดซึมง่าย ได้รับไขมันดีจากปลาทะเล ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันและต้านทานโรค NCDs และยังเหมาะกับผู้สูงวัยที่มีภาวะแพ้ผลิตภัณฑ์จากนมและถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาสูตรอาหารปั่นผสมจากปลาช่อนทะเลที่มีการกระจายพลังงานเหมาะสม

2. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิการฆ่าเชื้อภายใต้แรงดันต่อสมบัติของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุจากปลาช่อนทะเล

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. การพัฒนาสูตรอาหารที่ให้พลังงาน 225 กิโลแคลอรี มีการกระจายพลังงานเหมาะสม โดยมีปลาช่อนทะเล น้ำมันปลา ฟักทอง และมอลโตเดกซ์ตริน และมีความหนืดไม่เกิน 170 เซนติพอยส์

2. ศึกษาสมบัติของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อภายใต้แรงดัน กำหนดให้ค่า F_0 = 5 นาที ที่อุณหภูมิ 115 และ 120 องศาเซลเซียส สมบัติทำการศึกษา ได้แก่ ความหนืด ค่าสี ดัชนีสีน้ำตาล ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

3. การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่ออาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุในระดับ pilot scale

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับสูตรอาหารเพื่อผู้สูงอายุปั่นผสมจากปลาช่อนทะเลที่มีการกระจายพลังงานเหมาะสม

2. ทราบผลของอุณหภูมิการฆ่าเชื้อภายใต้แรงดันต่อสมบัติของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุสูตรจากปลาช่อนทะเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัตถุดิบ

2.1.1ปลาช่อนทะเล

ปลาช่อนทะเล หรือปลาซูกิ (cobia หรือ black kingfish) เป็นสัตว์น้ำประเภท ปลาทะเล มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Rachycentron canadum Linnaeus*

ลักษณะทั่วไป

มีรูปร่างคล้ายกับปลาช่อน จึงเรียกกันว่า ปลาช่อนทะเล มีลำตัวที่ค่อนข้างกลม ท่อนหางแบน รูปหัวทรงกรวย มีลำตัว และด้านข้างเป็นสีดำและน้ำตาล มีนัยน์ตาเล็ก ปากกว้างมีฟันเป็นเขี้ยวและแหลมคม ขากรรไกรล่างยาวกว่าขากรรไกรบน มีมุมปากอยู่ด้านหน้าของนัยน์ตา มีครีบหลังแยกออกจากกันเป็นสองส่วน ส่วนหน้าจะประกอบด้วยก้านครีบเดี่ยว 3 ก้าน และก้านครีบแขนงอีก 22-28 ก้าน มีครีบอกที่ใหญ่และปลายแหลม ครีบท้องมีจุดเริ่มต้นอยู่ตำแหน่งหน้าจุดเริ่มต้นของครีบอก ครีบก้นมีฐานที่ยาว ครีบหางมีปลายเว้าตื้น สีส่วนหลังและสีส่วนข้างมีสีน้ำตาลเข้ม ปลาช่อนทะเลขนาดยังไม่โตเต็มไวจะมีลายสีขาว 2 ลายยาวตามลำตัว ขนาดของปลาช่อนทะเลที่ใหญ่ที่สุดจะมีความยาว 2 เมตร โดยทั่วๆไปแล้วปลาช่อนทะเลจะมีความยาวอยู่ที่ 1.1 เมตร น้ำหนักสูงสุดโดยประมาณอยู่ที่ 50 กิโลกรัม (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป.)

โปรตีนไฮโดรไลเซต

โปรตีนปลาไฮโดรไลเซท เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีน จากส่วนของเนื้อปลา หรือส่วนของเศษเหลืออื่นๆ ด้วยโดยอาศัยสมบัติของ กรด ด่าง หรือเอนไซม์ ให้ได้ส่วนผสมของโปรตีนที่มีสายสั้นลง หรือมีส่วนของเปปไทด์และกรดอะมิโนอิสระเป็นส่วนประกอบมากขึ้น จุดประสงค์ในการผลิตโปรตีนปลาไฮโดรไลเซท เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของโปรตีนให้ดีขึ้น เช่น คุณสมบัติในด้านการละลาย การเกิดอิมัลชัน และการเกิดโฟม เป็นต้น การผลิตโปรตีนปลาไฮโดรไลเซท โดยใช้เอนไซม์ จะให้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดี พร้อมให้คุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีส่วนประกอบของกรดอะมิโนหลากหลายชนิด เทียบเท่ากับโปรตีน จากนม และพืชตระกูลถั่ว นอกจากนี้ ยังมีวิตามินชนิดที่ละลายน้ำได้สูง คือวิตามินบี ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (ปิยะนันท์ ชื่อเสียง, 2554)

2.1.2 ฟักทองญี่ปุ่น

ฟักทองญี่ปุ่น (Japanese Pumpkin) เป็นพืชตระกูลแตง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucurbita moschata*

ลักษณะทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟักทองญี่ปุ่น เป็นพืชล้มลุก มีลำต้นเป็นเถา เลื้อยไปตามพื้นดินมีขนาดยาว 20-30 ฟุต มีลักษณะเป็นลำต้นแข็ง เป็นเหลี่ยม และมีร่องยาว ใบมีลักษณะเป็นรูปห้าเหลี่ยม ขนาดใหญ่ ขอบใบมีลักษณะหยักมีขนปกคลุม เนื้อใบหยาบ ก้านใบและดอกมีขนาดที่เล็ก ผลมีสีเขียว เป็นทรงกลมค่อนข้างแบน เนื้อแน่น แข็ง ฟักทองอ่อนจะมีเนื้อเป็นสีเหลือง เมื่อฟักทองแก่เนื้อจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้ม รสเข้ม มีเมล็ดรูปทรงรีและแบน มีสีขาว(นายผัก, 2551)

2.1.3 น้ำมันปลา

น้ำมันปลา คือ น้ำมันที่สกัดได้จากส่วนเนื้อ หนัง หัวและหางของ น้ำมันปลาประกอบด้วยกรดไขมันโอเมก้า 3 โอเมก้า 6 กรดไขมันโอเมก้า 9 โดยน้ำมันปลามีกรดไขมัน Omega-3 ปริมาณสูงถึง 1-4 กรัม ต่อ เนื้อปลา 100 กรัม ซึ่งกรดไขมันโอเมก้า 3 คือ กรดไขมันจำเป็นไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่ร่างกายมีความจำเป็นต้องใช้แต่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ โดยโครงสร้างของกรดไขมันโอเมก้า 3 จะพบพันธะคู่อยู่ไม่น้อยกว่า 3 แห่ง ประกอบด้วยกรดไขมันสำคัญ คือ EPA และ DHA โดยจากการศึกษาพบว่า น้ำมันปลามีประโยชน์อย่างต่อร่างกายหลากหลาย เช่น ลดระดับไขมันไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด (บุษรินทร์ ทองมี, 2564)

2.1.4 มอลโตเดกซ์ตริน

มอลโทเดกซ์ตริน (maltodextrin) คือคาร์โบไฮเดรต ประเภท polysaccharide ได้จากกระบวการย่อยโมเลกุลของสตาร์ชที่เป็น polysaccharide สายยาว ให้เป็นสายสั้นๆ ของน้ำตาลกลูโคส (glucose) โดยทั่วไปที่นิยมผลิตจะมีค่า DE อยู่ในช่วง 5 - 19 มอลโทเดกซ์ทรินอาจอยู่ในรูปสารละลายเข้มข้นหรือรูปผงสีขาวไม่มีกลิ่นไม่มีรสหวานหรือหวานเล็กน้อย (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป.)

2.2 อาหารปั่นผสม

อาหารปั่นผสม หรือ อาหารทางการแพทย์ (Medical Food) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ดำเนินการผลิตโดยใช้วัตถุดิบ สูตร และกระบวนการผลิตที่มีความเฉพาะ ใช้เป็นโภชนบาบัดสำหรับผู้ป่วยที่ไม่สามารถได้รับสารอาหารจากอาหารปกติได้อย่างเพียงพอ หรือร่างกายอยู่ในภาวะที่ต้องการสารอาหารบางอย่างมากหรือน้อยเป็นพิเศษ ซึ่งไม่สามารถได้รับจากอาหารทั่วไปได้(ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ เงื่อนไข วิธีการ และอัตราส่วนของวัตถุเจือปนอาหาร. 2563; กัมปนาท และธนิกานต์. 2563) ปัจจุบันอาหารทางการแพทย์มีหลายประเภท โดยแต่ละประเภทต่างมีการพัฒนาให้ตรงตามความต้องการของร่างกายอย่างเจาะจง อาจอยู่ในรูปแบบที่ใช้รับประทานหรือดื่มทดแทนอาหารหลัก ดื่มเพื่อเสริมอาหารบางมื้อ หรือใช้เป็นอาหารทางสายยาง

2.3 แนวทางการบริโภคอาหารเพื่อให้ได้รับปริมาณพลังงานที่เหมาะสมต่อร่างกาย

ตามที่สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2563) แนะนำว่าปริมาณพลังงานที่ต้องการเฉลี่ยต่อวันของผู้สูงอายุประมาณ 1800 กิโลแคลอรี และเมื่อพิจารณาจากแหล่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารอาหารหลักที่ให้พลังงานต่อร่างกาย ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ควรมีสัดส่วนการกระจายพลังงานดังต่อไปนี้

สัดส่วนการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายควรได้รับคิดเป็นร้อยละ 40-65 ชนิดคาร์โบไฮเดรตที่ควรเลือกควรมาจาก ข้าว แป้ง หรือธัญชาติที่ไม่ขัดสี

สัดส่วนการกระจายพลังงานของโปรตีนที่ร่างกายควรได้รับคิดเป็นร้อยละ 10-15 ชนิดโปรตีนที่ควรเลือกควรมาจาก ปลา เนื้อสัตว์ไม่ติดมันและหนัง ถั่วเมล็ดแห้ง น้ำนมและผลิตภัณฑ์น้ำนมที่ไขมันไม่สูงมากนัก

สัดส่วนการกระจายพลังงานของไขมันที่ร่างกายควรได้รับคิดเป็นร้อยละ 20-35 ชนิดไขมันที่ควรเลือกควรมาจาก เนยสด ไขมันจากสัตว์ และน้ำมันพืชบางชนิด เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม

2.4 อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ

อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ หมายถึง อาหารที่มีคุณสมบัติอาหารที่ผ่านกรรมวิธีที่ใช้ความร้อนในการทำลายหรือยับยั้งการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ภายหลัง หรือก่อนบรรจุหรือปิด อาหารที่มีค่าพีเอช มากกว่า 4.6 (pH > 4.6) อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity) มากกว่า 0.85 (a > 0.85) อาหารที่ต้องเก็บรักษาไว้ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่ทำจากโลหะหรือวัตถุอื่นที่คงรูปหรือไม่คงรูปและสามารถป้องกันไม่ให้อากาศจากภายนอกเข้าไปในภาชนะบรรจุได้ อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำสามารถเก็บรักษาไว้ได้ในอุณหภูมิปกติ(สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2556)

2.5 การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ

การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้ออาหารแบ่งได้เป็น 2 วิธี ตามระดับของความร้อนที่ใช้ ซึ่งขึ้นกับวัตถุประสงค์ได้แก่ การพาสเจอไรซ์ และการสเตอริไลซ์

การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization) เป็นการใช้ความร้อนในระดับที่ไม่สูงมากโดยปกติอุณหภูมิที่ใช้มักจะน้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกิดจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียหรือจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค แต่ยังไม่ทำลายสปอร์ของแบคทีเรีย

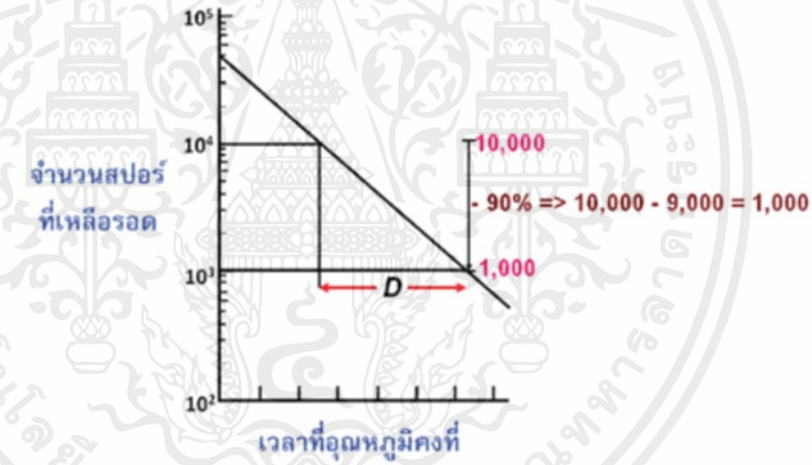
การสเตอรีไลซ์ (Sterilization) เป็นการใช้ความร้อนอุณหภูมิสูงมากกว่า 100 องศาเซลเซียส โดยมีจุดมุ่งหมายคือ การทำให้จุลินทรีย์และสปอร์ไม่สามารถเจริญได้ระหว่างการเก็บรักษา กล่าวได้ว่า จะมีจุลินทรีย์บางส่วนที่จะไม่ถูกทำลาย โดยสภาวะแวดล้อมทำให้มันไม่สามารถเจริญขึ้นได้ แต่พวกจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคต้องถูกทำลายหมด จึงเรียกการให้ความร้อนกับอาหารโดยใช้หลักการนี้ว่า การฆ่าเชื้อเชิงการค้า (Commercial sterilization) (สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการฆ่าเชื้อ

2.6.1 ค่า D

ค่า D (Decimal Reduction Time) หมายถึง ความสามารถในการทนต่อความร้อนของจุลินทรีย์ หมายถึงระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ลง 90% ของที่มีอยู่ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่า D แตกต่างกัน และหากศึกษาที่อุณหภูมิแตกต่างกันแม้จุลินทรีย์ชนิดเดียวกันค่า D ที่ได้ก็จะแตกต่างกัน ดังนั้นการเขียนค่า D จำเป็นต้องห้อยท้ายด้วยอุณหภูมิที่ใช้หา (สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2557) การศึกษาระยะเวลาและการลดลงของจุลินทรีย์หรือสปอร์ที่อุณหภูมิคงที่ ซึ่งเรียกว่าThermal Death Time test (TDT test) โดยเตรียมแบคทีเรียที่ทราบปริมาณเริ่มต้น เติมในสารอาหารที่ทำเพื่อจำลองอาหารจริง ใส่ในภาชนะที่มีขนาดเล็กมาก เพื่อให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิขึ้นถึงอุณหภูมิที่จะศึกษาอย่างรวดเร็ว ข้อมูลที่ได้นำมาแสดงในรูปของกราฟ ซึ่งเป็น Semi-log เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง โดยแนวตั้ง (แกน Y) เป็น log–scale แสดงจำนวนสปอร์ที่เหลือรอดอยู่ ส่วนแนวนอน (แกน X) เป็นสเกลปกติแสดงเวลาที่ให้ความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 2.1



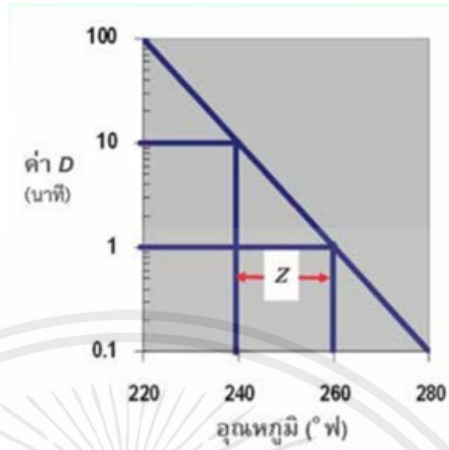
ภาพที่ 2.1 กราฟในการคำนวณค่า D

2.6.2 ค่า Z

ค่า Z หมายถึง จำนวนองศาฟาเรนไฮต์ หรือองศาเซลเซียสที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนไป 10 เท่า ค่า Z หาจากกราฟระหว่าง log ของค่า D กับอุณหภูมิที่ใช้ในศึกษาค่า D จาก Thermal Death Time (TDT) curve ดังแสดงในรูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลง 1 log cycle (จาก 10 มา 1) มีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการฆ่าเชื้อไป 20 องศาฟาเรนไฮต์ นั่นก็คือ ค่า z = 20 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งเป็นตัวบอกว่า ถ้าอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น 20 องศาฟาเรนไฮต์ เวลาในการฆ่าเชื้อสามารถลดลงมา 10 เท่า (1 log cycle) จากรูป 2.2 ถ้าใช้อุณหภูมิ 240 องศาฟาเรนไฮต์ จะใช้เวลาฆ่าเชื้อ 10 นาที แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิไปอีก 20 องศาฟาเรนไฮต์ เป็น 260 องศาฟาเรนไฮต์ เวลาที่ใช้ลดลง 10 เท่าเหลือเป็น 1 นาที โดยยังคงให้ผลในการฆ่าเชื้อได้เท่าเดิม โดยค่า Z นั้น จะมีความจำเพาะต่อเชื้อ ซึ่งเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำค่า Z นั้นมาคำนวณหาค่าเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อได้(สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2557)



ภาพที่ 2.2 กราฟในการคำนวณค่า z

2.6.3 ค่า F (Sterilization Value)

ค่า F หมายถึง จำนวนนาทีที่อุณหภูมิหนึ่งที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนหนึ่งในอาหารในสภาวะที่กำหนด ในการระบุค่า F จำเป็นต้องระบุค่า T และค่า Z ในรูปแบบ F_T^Z เช่นค่า $F_0 = F_{121.1}^{10}$ คือ จำนวนนาทีที่อุณหภูมิ 121.1 องศาเซลเซียส ที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ที่มีค่า Z=10 องศาเซลเซียส (สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2557) การกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีวัตถุดิบในกลุ่มปลาและผลิตภัณฑ์จากปลาโดยทั่วไปแนะนำค่า F_0 ในช่วง 5 ถึง 20 นาที (Adepoju MA et al., 2017, pp. 521–524)

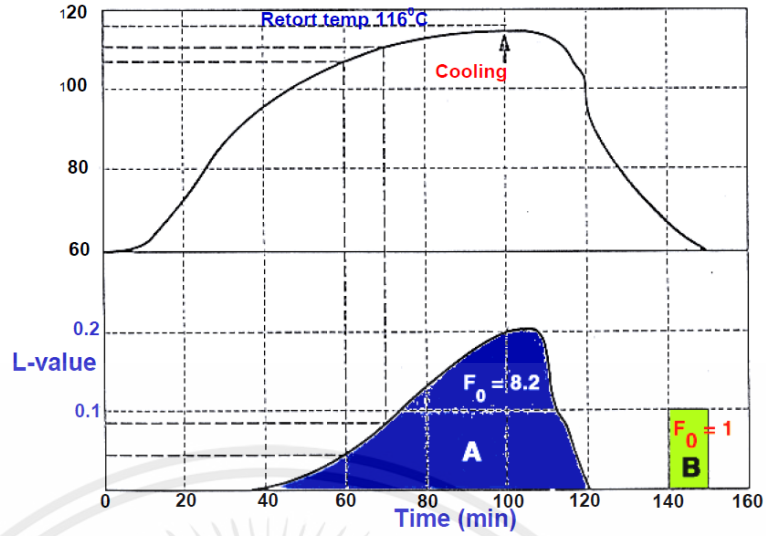
2.6.4 การหาค่า F_0

ค่า F_0 สามารถคำนวณได้ 2 วิธีได้แก่ การคำนวณโดยใช้สูตร และการคำนวณด้วยวิธีทั่วไปหรือการใช้กราฟ

1. การหาค่า F_0 ด้วยวิธีทั่วไป ทำได้โดยการนำค่าอุณหภูมิที่วัดได้ที่จุดร้อนช้าของอาหาร มาคำนวณหาค่า Lethal Rate ณ เวลาใดๆ โดยใช้สมการ (2.1) จากนั้นนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟระหว่างค่า Lethal Rate และเวลา โดยผลรวมของพื้นที่ใต้กราฟจะเป็นค่า F_0 ของกระบวนการ(สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2557)

$$L = 10^{\frac{T-121.1}{10}} \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 กราฟอุณหภูมิและ L-value ในการกาค่า F_0

2. วิธีการใช้สูตรใช้ในการหาระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่สภาวะของอุณหภูมิฆ่าเชื้อ และอุณหภูมิเริ่มต้นของอาหาร โดยต้องอาศัยข้อมูลการแทรกผ่านความร้อน ซึ่งถูกพล็อตบนกระดาษกราฟ Semi-log กลับหัว การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารไม่เป็นเส้นตรง คือช่วง Lag time จากนั้นความร้อนจะค่อยๆ แทรกผ่านเข้าไปภายในบรรจุภัณฑ์จนคงที่แล้ว การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจึงเป็นเส้นตรง เช่นเดียวกับกระบวนการลดอุณหภูมิซึ่งอุณหภูมิอาหารไม่ลดลงทันทีตามอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อแต่เมื่อเวลาผ่านไปการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอาหารจึงเป็นเส้นตรง (มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ และ ธีรินทร์ ฉายศิริโชติ, 2557)

2.7 การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในอาหาร

ขั้นตอนแรกเตรียมบรรจุภัณฑ์และเจาะรูติดตั้งอุปกรณ์ตามตำแหน่งที่ต้องการวัดอุณหภูมิเพื่อหาตำแหน่งบริเวณที่ร้อนช้า ต่อมาเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ตามสภาวะที่กำหนดสำหรับการทดสอบการแทรกผ่านของความร้อน บรรจุผลิตภัณฑ์ลงในบรรจุภัณฑ์ที่ติดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ แล้วทำการตรวจสอบอุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไปวางไว้ที่บริเวณตำแหน่งที่ร้อนช้าภายในเครื่องฆ่าเชื้อตามแบบการจัดเรียงที่กำหนดจากการศึกษา TD และจัดเรียงตัวแทนผลิตภัณฑ์ (Dummy หรือ Ballast) ให้ได้ตามที่กำหนด นำผลิตภัณฑ์เข้าเครื่องฆ่าเชื้อ รวมทั้งตัวแทน ให้เต็มตามจำนวนบรรจุของเครื่องฆ่าเชื้อ สิ่งที่ต้องระวังคือให้ตำแหน่งของตะกร้าที่มีตัวอย่างอยู่ในตำแหน่งร้อนช้าในเครื่องฆ่าเชื้อ ปิดฝาเครื่องฆ่าเชื้อและเปิดไอน้ำไล่อากาศตามตารางการไล่อากาศ หรือขั้นตอน Come up ที่มีผลการศึกษา TD ไว้แล้ว ฆ่าเชื้อตัวอย่างผลิตภัณฑ์ตามอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด หรือได้ค่าความร้อนสะสมที่ต้องการทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นลง (Cooling) จากนั้นทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรวบรวมข้อมูลนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผล คำนวณหาเวลา ค่า F_0 และกำหนดเป็นกระบวนการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ (สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2557)

2.8 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

นิรมล อังสุมาลี (2545) พัฒนาอาหารทางสายยางสูตรมังสวิรัติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรอาหารทางสายยางสูตรมังสวิรัติให้มีสัดส่วนของสารอาหารที่เหมาะสมต่อความต้องการของร่างกาย และศึกษากรรมวิธีการฆ่าเชื้อเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ทำการกำหนดสูตรอาหารโดยใช้โปรตีนเกษตรและน้ำนมถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน ใช้น้ำมันถั่วเลืองเป็นแหล่งไขมัน ใช้ข้าวกล้องฟักทอง และน้ำตาลทรายเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต ให้ได้สัดส่วนการกระจายพลังงานที่เหมาะสมต่อความต้องการของร่างกายพบว่าสูตรที่ดีที่สุดประกอบด้วยโปรตีนเกษตร 60 กรัม นมถั่วเหลือง 200 มิลลิตร ข้าวกล้อง 20 กรัม น้ำตาลทราย 60 กรัม ฟักทอง 100 กรัม น้ำมันถัวเหลือง 30 กรัม เป็นสูตรที่เหมาะสมมีสัดส่วนการกระจายพลังงานเหมาะสม ในด้านการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อนักวิจัยทำการศึกษาเปรียบเทียบการฆ่าเชื้อ 2 รูปแบบได้แก่การฆ่าเชื้อโดยใช้การพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที และการฆ่าเชื้อภายใต้แรงดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาทีในภาชนะแก้ว นำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพได้แก่ ความหนืด อัตราการไหล พีเอช พบว่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อโดยใช้การพาสเจอร์ไรซ์และการฆ่าเชื้อภายใต้แรงดันมีค่า 127.44 และ 122.13 เซนติพอยส์ ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือไม่เกิน 170 เซนติพอยส์ อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อโดยใช้การพาสเจอร์ไรซ์และการฆ่าเชื้อภายใต้แรงดันมีมีค่า 6.97 และ 7.04 มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือไม่ต่ำกว่า 5.91 มิลลิลิตรต่อนาที สำหรับค่าพีเอชพบว่าทั้ง 2 กระบวนการ มีค่าเท่ากันที่ 6.90 จึงสรุปว่าการฆ่าเชื้อภายใต้แรงดันสามารถใช้ในการผลิตได้ไม่แตกต่างกับกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์

มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ และ ธีรินทร์ ฉายศิริโชติ (2557) ศึกษาผลของระยะเวลาและอุณหภูมิฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของโจ๊กพร้อมรับประทานบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ โดยใช้หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์ การทดลองถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ 1)การศึกษาค่า F0 ที่เหมาะสม โดยทำการศึกษาค่า F0 3 ระดับ คือ 4 6 และ 8 นาที 2) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งทำการศึกษาไว้ที่อุณหภูมิ 110 116 และ 122 องศาเซลเซียส และได้คำนวณเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจากการทดลองก่อนหน้าสำหรับค่า F0 ระดับที่เหมาะสม โดยจะวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพต่างๆได้แก่ 1.สี 2.ความหนืด และ 3.ค่าความแข็งของถั่ว จากการศึกษาพบว่า ค่า F0 ที่เหมาะสมและปลอดภัยสำหรับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวกล้องผสมถั่วและลูกเดือยพร้อมรับประทานบรรจุรีทอร์ท คือ 4.02 นาที ยังพบว่าเมื่อลดอุณหภูมิของการฆ่าเชื้อทำให้ระยะเวลาในฆ่าเชื้อนานขึ้น ทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นขณะที่ความสว่างและความแข็งของถั่วและลูกเดือยลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Soottawat Benjakul et al. (2018) ทำการศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อภายใต้ความดันต่อสมบัติของซุปสมุนไพรผสมคอลลาเจนที่ย่อยจากหนังปลากระพง โดยผู้วิจัยทีการศึกษาการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 และ 121 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้ค่า F_0 ที่ 5 7 9 และ 11 นาที โดยบรรจุในขวดแก้วเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยสมบัติที่ศึกษาได้แก่ ปริมาณความชื้น พีเอช ความหนืด ค่าการดูดซับยูวี ดัชนีสีน้ำตาล สี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า เทียบผลิตภัณฑ์ก่อน และหลังการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิและค่า F_0 ต่างกัน ไม่มีผลให้ค่าปริมาณความชื้นค่า พีเอช ความหนืด สี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ค่าความหนืดที่วัดที่ 25 องศาเซลเซียสอยู่ในช่วง 2.29-2.32 เซนติพอยต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุและวิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

1. ปลาช่อนทะเล
2. น้ำมันปลา
3. ฟักทองเพียวเร่
4. มอลโตเดกซ์ตริน
5. fish masking powder flavour
6. ข่า
7. ตะไคร้
8. ใบมะกรูด
9. เซเลอรี
10. เห็ดหอมสด
11. ต้นหอมญี่ปุ่น
12. พาร์สลีย์
13. ไธม์
14. ใบกระวานแห้ง
13. พริกไทยดำบดหยาบ

3.1.2 วัสดุอุปกรณ์

3.1.2.1 อุปกรณ์สำหรับการเตรียมอาหารปั่นผสม

1. เตาไฟฟ้า
2. หม้อสแตนเลส
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
4. เครื่องปั้นอาหาร
5. กระชอนกรอง
6. ไม้พายซิลิโคน
7. ทัพพี
8. เครื่องปิดฝากระป๋อง
9. เทอร์โมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. กระป๋องขนาด 211X300

3.1.2.2 อุปกรณ์สำหรับการทดลองขยายกำลังการผลิตระดับ pilot scale

1. หม้อสแตนเลส
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. เครื่องปั้นอาหาร Betterpack Colloid mill
4. เทอร์โมมิเตอร์
5. กระชอนกรอง
6. ไม้พายซิลิโคน
7. ทัพพี
8. เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน
9. ถุงรีทอทเพาช์

3.1.2.3 อุปกรณ์สำหรับการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า

1. เครื่องฆ่าเชื่อภายใต้แรงดัน
2. เทอร์โมคัปเปิลชนิด k
3. เครื่องบันทึกอุณหภูมิ

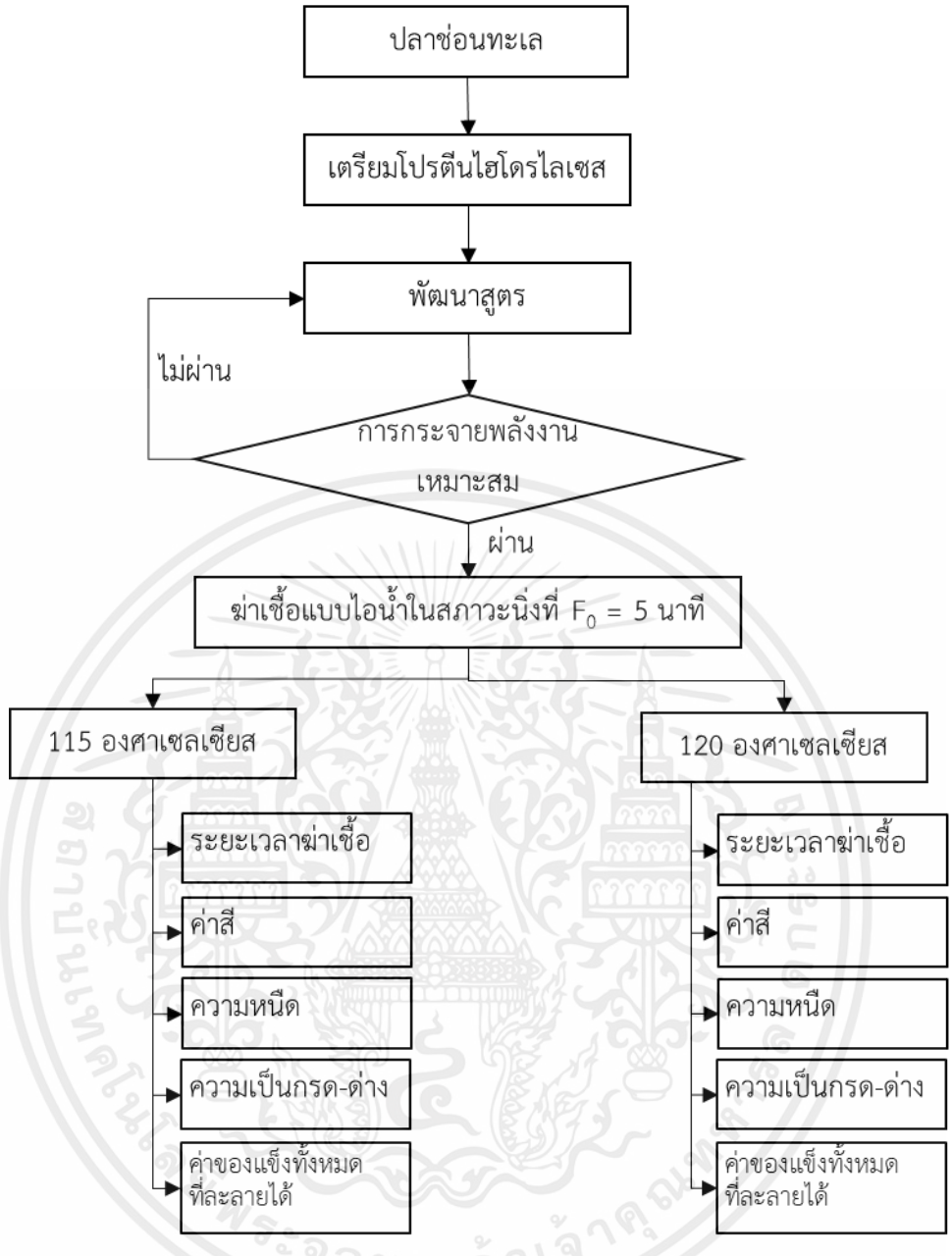
3.1.2.4 อุปกรณ์สำหรับการศึกษาสมบัติของอาหารปั่นผสม

1. เครื่องวัดค่าสี Color Flex ของ Hunter Lab
2. เครื่องวัดความหนืด BROOKFIELD VISCOMETERS รุ่น DV-II+TM PRO Visvometer
3. เครื่อง ATAGO pocket Refractometer รุ่น PAL-1
4. เครื่อง OHAUS portable pH meter รุ่น Starter 300

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้มีการใช้วัตถุดิบหลักเป็นปลาช่อนทะเลนำมาแปรรูปเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซต จากนั้นดำเนินการพัฒนาสูตรอาหารปั่นผสม และศึกษาการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมดังแสดงในภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แผนผังการดำเนินการ

3.3 กระบวนการเตรียมโปรตีนไฮโดรไลเซตจากปลาช่อนทะเล

โปรตีนไฮโดรไลเซตที่ใช้ในงานวิจัยนี้ผลิตจากกระบวนการย่อยเนื้อปลาช่อนทะเลโดยเริ่มจากการบดเนื้อปลาช่อนทะเลผสมกับน้ำที่อัตราส่วน 1:1 จากนั้นเติมเอนไซม์โปรตีเอส ความเข้มข้น 0.2%w/w บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสภายในเครื่องผสมและทำเข้มข้นแบบสุญญากาศ (Nishida, Automachic Vacuum Concentrator) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการย่อยทำการยุติปฏิกิริยาการย่อยด้วยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมากรอง จึงได้เป็น liquid hydrolysate จากปลาช่อนทะเล และ Solid hydrolysate จากปลาช่อนทะเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.2 การปั่นผสมเนื้อปลาช่อนทะเลกับน้ำด้วยอัตราส่วน 1 : 1

ภาพที่ 3.3 การเติมเอนไซม์โปรติเอส

ภาพที่ 3.4 การกรองโดยใช้ถุงกรองความละเอียด 25 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การพัฒนาอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ

3.4.1 การกำหนดสูตรอาหาร

การพัฒนาอาหารปั่นผสมจะใช้กระบวนการคำนวณสารอาหารด้วยการคำนวณ Liner Programming โดยใช้ liquid hydrolysate จากปลาช่อนทะเล และ Solid hydrolysate จากปลาช่อนทะเล เป็นแหล่งโปรตีน ใช้น้ำมันปลา เป็นแหล่งของไขมัน ฟักทอง และมอลโตเดกซ์ตริน เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต อ้างอิงสารอาหารของวัตถุดิบแต่ละชนิดจากโปรแกรม Thai NutriSurvey 2.00 ของสำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข นำมาคำนวณโดยกำหนดให้สูตรที่คำนวณได้ต้องให้พลังงาน 225 กิโลแคลอรี เท่ากับ 1/8 ของปริมาณแนะนำต่อวัน จากนั้นวัดความหนืดให้อาหารที่ได้มีความหนืดไม่เกิน 170 เซนติพอยส์

3.4.2 กระบวนการเตรียมอาหารปั่นผสม

1. กระบวนการเตรียม Solid hydrolysate กลิ่นสมุนไพรไทย

การเตรียม Solid hydrolysate กลิ่นสมุนไพรไทยนั้นขั้นตอนแรกจะทำการต้มน้ำสะอาดกับข่า ตะไคร้และใบมะกรูด เพื่อใช้สำหรับการเป็นน้ำที่ใช้ในการนึ่ง Solid hydrolysate กลิ่นสมุนไพรไทย โดยหั่นข่าที่ความกว้าง 1 เซนติเมตร หั่นตะไคร้เป็นท่อนความยาว 2 เซนติเมตร ใบมะกรูด จากนั้นนำ Solid hydrolysate แช่แข็งมาละลาย และนำ Solid hydrolysate ไปนึ่งเป็นเวลา 30 นาที

2. กระบวนการเตรียม liquid hydrolysate แต่งกลิ่น

การเตรียม liquid hydrolysate แต่งกลิ่นนั้นจะทำการต้ม liquid hydrolysate เซเลอรี เห็ดหอมสด ต้นหอมญี่ปุ่น พาร์สลีย์ ไธม์ ใบกระวานแห้ง และพริกไทยดำบดหยาบ ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

3. กระบวนการเตรียมอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ

การเตรียมอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุนั้นวัตถุดิบหลักที่ใช้จะประกอบด้วย liquid hydrolysate แต่งกลิ่น Solid hydrolysate กลิ่นสมุนไพรไทย ฟักทองญี่ปุ่นเพียวเร่ มอลโตเด็กตริน น้ำมันปลาและfish masking powder flavour ปั่นผสมวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันโดยใช้เครื่องปั่นที่ปริมาณ 1 ลิตรต่อครั้ง ใช้ความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 15 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.5 การเตรียม Solid hydrolysate กลิ่นสมุนไพรไทย

ภาพที่ 3.6 การเตรียม liquid hydrolysate แต่งกลิ่น

ภาพที่ 3.7 การผสมส่วนประกอบของอาหารปั่นผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.8 การปั่นผสมอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุด้วยเครื่องปั่น

3.5 การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ

อ้างอิงตามมาตฐานการกำหนดกระบวนการของ สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2557) การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์มีวิธีการดังต่อไปนี้ นำตัวอย่างอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ บรรจุในกระป๋องขนาด 211X300 โดยกำหนดให้แต่ละกระป๋องบรรจุ 225 มิลลิลิตร ทำการปิดฝาด้วยเครื่องปิดฝาโดยเจาะรูกระป๋องที่ 1/3 ของความสูงจากฐานกระป๋อง สำหรับเสียบสายเทอร์โมคัปเปิล วัดอุณหภูมิและค่า F_0 ด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (CALPLEX, TechniCAL) วางกระป๋องในตะกร้าในตำแหน่งที่ร้อนช้าที่สุดของเครื่อง เริ่มกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 และ 120 องศาเซลเซียส บันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 30 วินาที จากนั้นหาค่า F_0 โดยใช้วิธีทั่วไป โดยการนำค่าอุณหภูมิ(T) ที่ได้มาคำนวณตามสมการที่ 3.1 ได้ค่า Lethal rate (L) นำค่า Lethal rate ที่ได้มาพล็อตกราฟและหาพื้นที่ใต้กราฟโดยวิธี Rectangular Method นำค่าเวลาที่ได้ค่า F_0 เท่ากับ 5 ไปใช้กำหนดกระบวนการในขั้นตอนต่อไป

$$L = 10^{\frac{T-121.1}{10}} \qquad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.9 การปิดฝากระป๋องอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ

ภาพที่ 3.11 การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ

3.5 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อสมบัติบางประการของอาหารปั่นผสม

นำตัวอย่างอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ บรรจุในกระป๋องขนาด 211X300 โดยกำหนดให้แต่ละกระป๋องบรรจุ 225 มิลลิลิตร ทำการปิดฝาด้วยเครื่องปิดฝา เรียงตัวอย่างในตะกร้าและนำเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อภายใต้ความดันแบบนิ่ง ที่อุณหภูมิ 115 และ 120 องศาเซลเซียสโดยกำหนดระยะเวลาการฆ่าเชื้อ ตามกระบวนการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ให้ F_0 เท่ากับ 5 นาที นำตัวอย่างที่ได้ตรวจสอบสมบัติต่อไป

3.5.1 ความหนืด

วัดความหนืดของตัวอย่าง โดยปริมาณตัวอย่างที่ใช้วัดความหนืดต่อครั้ง เท่ากับ 600 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Brookfield Engineering Laboratories, LVDV-II + Pro) ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ครั้ง (นฤพนธ์, 2557) และบันทึกผล

ภาพที่ 3.11 การวัดค่าความหนืด

3.5.2 ค่าสี

วัดค่าสี โดยใช้เครื่อง Colorimeter (Hunter Lab, Color Flex) วัดในระบบ ClE L* a* b* เลือกแหล่งกำเนิดแสง D65 เป็นแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน บันทึกค่าที่ได้เป็น L*, a* และ b* ทำการเปรียบเทียบความเที่ยงตรงของค่าสีด้วย Zero Plate Calibration จากนั้นทำการวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ โดยนำตัวอย่างน้ำซุปปลาใส่ลงในตลับให้มีความสูง 1 เซนติเมตร ในแนวตั้งฉาก ทำการวัด 3 ซ้ำหาค่าเฉลี่ยของค่าทั้งหมด (นฤพนธ์, 2557)และนำค่าที่ได้มาคำนวณค่า Browning index โดยใช้สมการที่ 3.2 ที่ประยุกต์จากสมการคำนวณค่า Browning index ของ Palou et al. (1999)

$$BI = \frac{100\times\left(\frac{a*+1.75L}{5.645L+a*-3.012b*}-0.31\right)}{0.172} \qquad (3.1)$$

3.5.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยแบ่งตัวอย่างปริมาณ 40 มิลลิลิตรบรรจุในบีกเกอร์จากนั้นทำการวัดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสด้วยเครื่อง Portable pH meter (OHAUS, Starter 300) (Somwang Lekjing et al., 2013) ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ครั้งและบันทึกผล

3.5.4 ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

วัดค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ใช้เครื่อง Pocket Refractometer (ATAGO, PAL-1) ในการวัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซุปปลาที่นำมาวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ โดยการเริ่มจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดค่าความเข้มข้นซุปปลาโดยหยดน้ำซุปใส่ลงในเครื่อง (นฤพนธ์, 2557) ทำการบันทึกค่าที่ได้ในการวัด

ภาพที่ 3.12 ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

3.6 การทดลองขยายกำลังการผลิตระดับ pilot scale

ดำเนินการเตรียมตัวอย่างตามสัดส่วนที่คำนวณสำหรับผลิตภัณฑ์ 100 หน่วย ผสม liquid hydrolysate แต่งกลิ่น Solid hydrolysate กลิ่นสมุนไพรไทย ฟักทองญี่ปุ่นเพียวเร่ มอลโตเด็กตริน น้ำมันปลา และfish masking powder flavour ปั่นผสมวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันโดยใช้เครื่อง Colloid mill (Betterpack) ปริมาณ 4 ลิตร เป็นเวลา 2 นาที บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์แบบบรรจุร้อน ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส โดยมีระยะเวลา cooking time เท่ากับ 32 นาทีตามผลการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนที่ใช้ระยะเวลาน้อยกว่า เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อภายใต้แรงดันไม่ทำให้สมบัติของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุแตกต่างกันมากนัก จากนั้นนำอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุที่ได้ ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ใช้วิธีการทดสอบแบบ Hedonic scale 9 Point Scale จำนวน 20 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.13 การบรรจุถุงแบบ hot fill

ภาพที่ 3.14 การเตรียมสำหรับการฆ่าเชื้อภายใต้แรงดัน

3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในงานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics Version 28.0.0.0 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยการใช้ Duncan's multiple range test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 การพัฒนาสูตรอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ

ผลของการคำนวณคุณค่าทางโภชนาการพบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมตามเงื่อนไขได้แก่ มีสัดส่วนการกระจายของพลังงานเป็นไปตามเกณฑ์ที่สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุขแนะนำและมีค่าความหนืดไม่เกิน 170 เซนติพอยส์ ทำให้ได้สูตรอาหารดังตารางที่ 4.1 โดยที่ 1 หน่วยบริโภคประกอบไปด้วย liquid hydrolysate 143 กรัม Solid hydrolysate 37 กรัม น้ำมันปลา 0.75 กรัม ฟักทอง 19 กรัม มอลโตเดกซ์ตริน 26 กรัม ให้พลังงาน 225 กิโลแคลลอรี

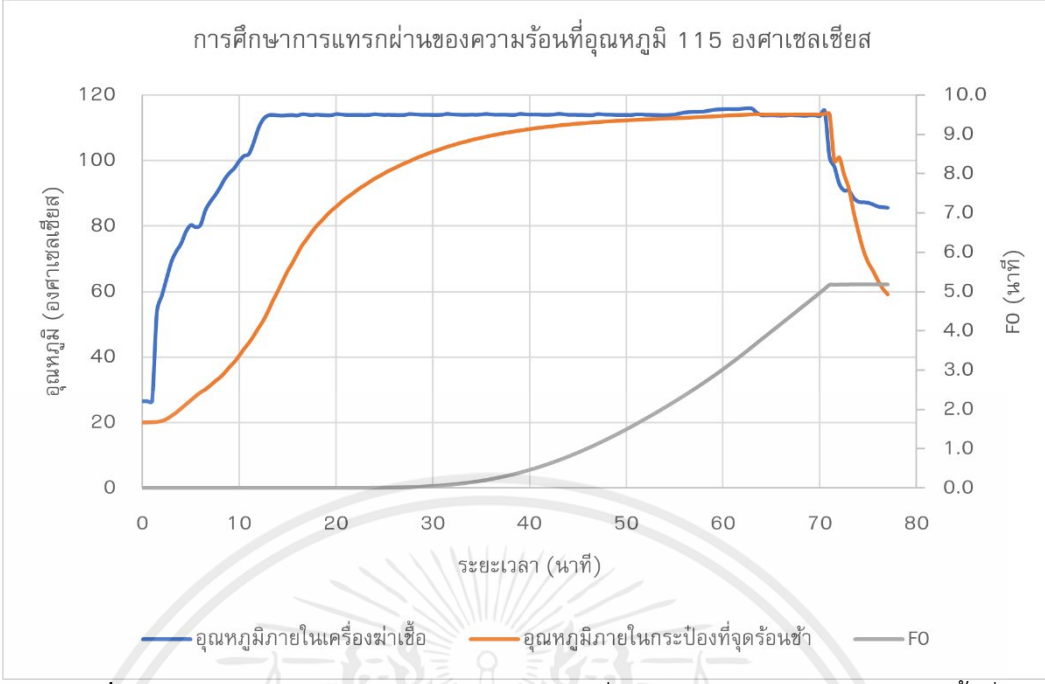
ตารางที่ 4.1 ตารางการคำนวณสารอาหารของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ

	liquid hydrolysate	Solid hydrolysate	น้ำมันปลา	ฟักทอง	มอลโตเดกซ์ตริน	รวม
น้ำหนัก (กรัม)	143.00	37.00	0.75	19.00	26.00	225
น้ำ (กรัม)	71.5	-	-	16.226		87.73
พลังงาน (kcal)	34.32	69.56	6.75	10.83	104.00	225
โปรตีน (กรัม)	8.58	7.4	-	0.266	-	16.25
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	-	-	-	2.299	26.00	28.30
ไขมัน (กรัม)	-	4.44	0.681	0.057	-	5.18
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	-	0.6882	-	1.9	-	2.59
วิตามินเอ (ไมโครกรัม)	-	0.0074	-	9.9427	-	9.95
เบต้าแคโรทีน(มิลลิกรัม)	-	-	-	119.32	-	119.32
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	-	3.0525	-	1.71	-	4.76
โพเทสเซียม (มิลลิกรัม)	-	71.077	-	58.9	-	129.98
โซเดียม (มิลลิกรัม)	-	1.628	-	2.66	-	4.29

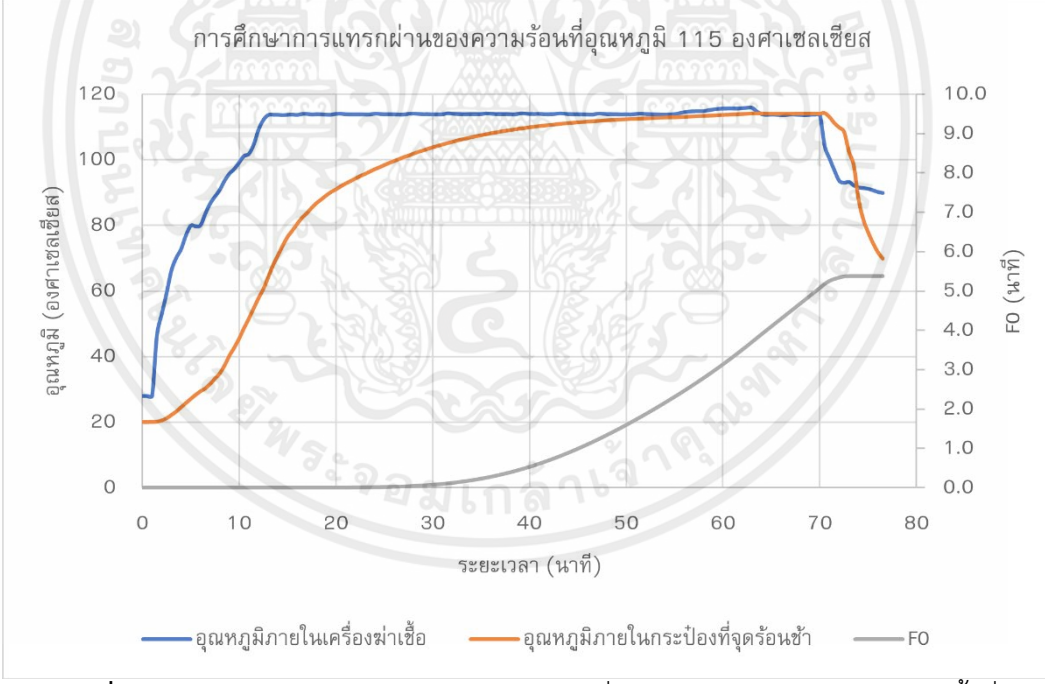
4.2 การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ

จากการวัดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของกระป๋องและนำมาคำนวณตามสมการที่ 3.1 ได้กราฟดังภาพที่ 4.1-4.4 เมื่อหาค่า F_0 จากการหาพื้นที่ใต้กราฟด้วยวิธี Left Riemann sum ทำให้ทราบระยะเวลาที่ใช้ในช่วง cooking time ของกระบวนการฆ่าเชื้อภายใต้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 และ 120 องศาเซลเซียส เท่ากับ 53 และ 32 นาที ตามสำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

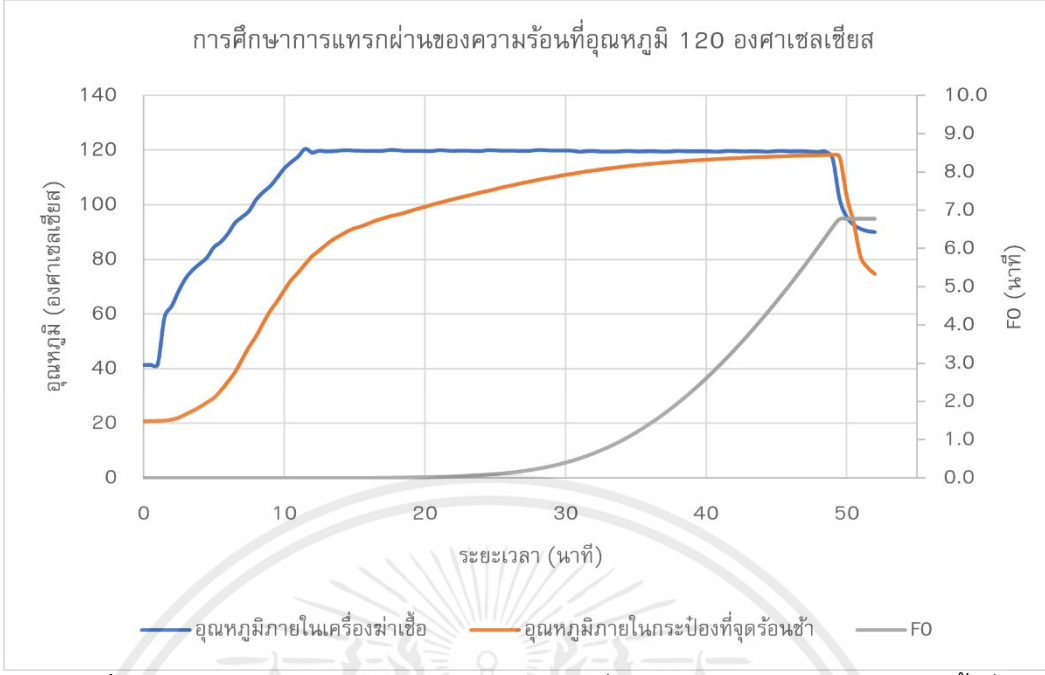


ภาพที่ 4.1 การศึกษาการแทรกผ่านของความร้อนที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 1

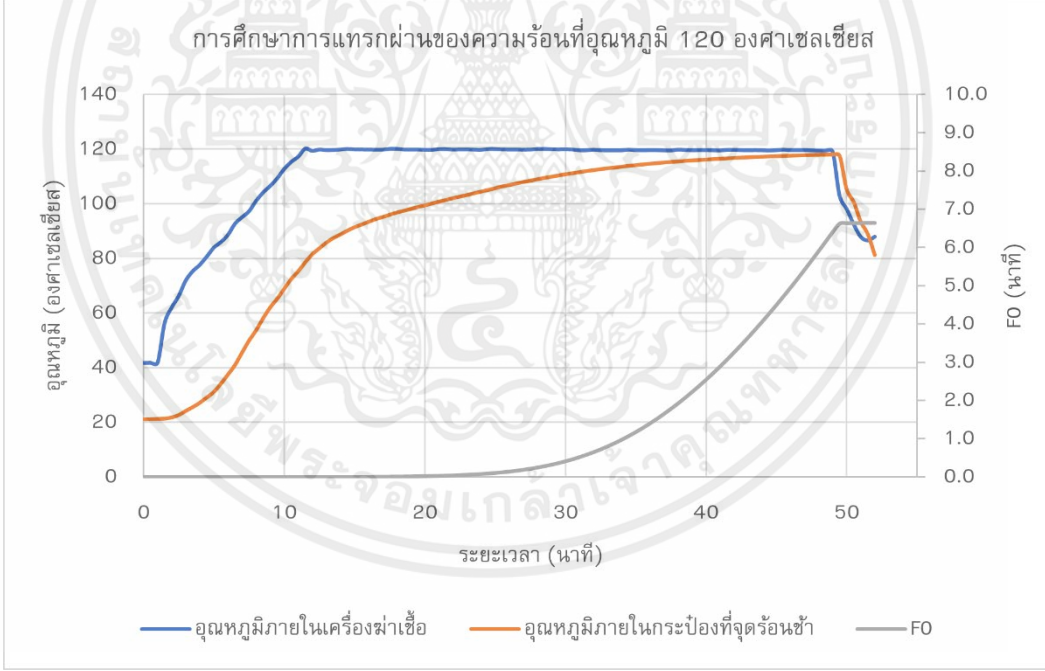


ภาพที่ 4.2 การศึกษาการแทรกผ่านของความร้อนที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 การศึกษาการแทรกผ่านของความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 1



ภาพที่ 4.4 การศึกษาการแทรกผ่านของความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 2

4.3 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อสมบัติบางประการของอาหารปั่นผสม

หลังจากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนทำ การทดลองวัดค่าและเปรียบเทียบสมบัติของอาหารก่อนและหลังการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 และ 120 องศาเซลเซียสได้ผลดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 สมบัติของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ ก่อนและหลังฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 และ 120 องศาเซลเซียส

	ความหนืด	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	สี				ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้
			L*	a*	b*	Browning index	
ก่อนการฆ่าเชื้อ	23.76 ±0.51a	5.59 ±0.64a	69.83 ±0.78c	9.60 ±0.01a	49.07 ±2.03b	16.75 ±0.51a	21.90 ±0.14b
ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส	27.61 ±0.24b	6.05 ±0.04a	56.63 ±0.14a	13.41 ±0.34c	43.43 ±0.10a	24.18 ±0.32c	19.55 ±0.10a
ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส	27.63 ±0.10b	6.11 ±0.02a	62.00 ±0.56b	11.71 ±0.46b	42.77 ±0.47a	20.14 ±0.75b	19.85 ±0.21a

หมายเหตุ a-c แสดงค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95($p<0.05$)

ภาพที่ 4.5 อาหารตัวอย่างที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 และ120 องศาเซลเซียส

4.3.1 ความหนืด

ค่าความหนืดของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิมีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.2 โดยการฆ่าเชื่อที่อุณหภูมิ 115 และ 120 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อความหนืดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่การฆ่าเชื้อมีผลในการเพิ่มค่าความหนืดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาดสร้างสารโมเลกุลใหญ่ขึ้นทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น สอดคล้องการศึกษาของ Geraldine et al. (2016) ที่ศึกษาผลของการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงต่ออาหารที่มีส่วนผสมของเวย์โปรตีนและน้ำตาลที่พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของความหนืดหลังจากการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารสูตรปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ ก่อนการฆ่าเชื้อ และหลังการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 และ 120 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งอาจเกิดจากการผลของความร้อนต่อกรดอะมิโนบางชนิด เช่นเดียวกันกับการทดลองของ Somwan et al. (2021) ที่ศึกษาผลของความร้อนที่มีต่อสมบัติของซุปสกัดจากปลากะพงขาว ที่พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

4.3.3 ค่าสี

การศึกษาสีของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุได้ผลดังตารางที่ 4.2 โดยค่า L* และค่า b* มีการลดลงเมื่อทำการฆ่าเชื้อและจะลดลงมากขึ้นเมื่อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่ำอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$) ในส่วนของค่า a* ค่าที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อนำค่าที่วัดได้มาคำนวณค่า Browning index พบว่าค่า Browning index ลดลงเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ด้วยเพราะว่าที่อุณหภูมิต่ำอาหารจำเป็นต้องได้รับความร้อนนานกว่า ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ในส่วนของค่า a* ค่าที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น Somwan et al. (2021) ที่ศึกษาผลของความร้อนที่มีต่อสมบัติของซุปสกัดจากปลากะพงขาว และ Soottawat Benjakul et al. (2018) ที่ศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่มีต่อสมบัติของซุปสกัดจากปลากะพงขาว ที่พบว่าความร้อนมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

4.3.4 ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

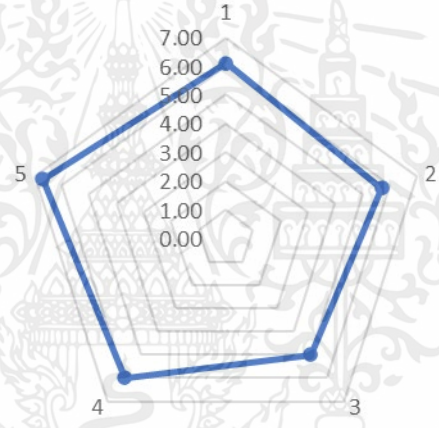
ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของอาหารปั่นผสม สำหรับผู้สูงอายุมีค่าดังตารางที่ 4.2 พบว่าค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากผ่านได้รับความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน

4.4 การทดลองขยายกำลังการผลิตระดับ pilot scale

จากการศึกษาในระดับ lab scale ได้ผลการศึกษาว่าการฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ไม่ทำให้สมบัติของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ แต่จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุพบว่าการฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสใช้ระยะเวลาช่วง cooking time เพื่อให้การฆ่าเชื้อมีค่า F_0 เท่ากับ 5 นาที เพียง 32 นาที น้อยกว่าการฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส จึงเลือกใช้อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิฆ่าเชื้อ จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า โดยภาพรวมผู้ทดสอบมีความชอบต่ออาหารปั่นผสมในระดับชอบเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.6 อาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ



ภาพที่ 4.7 กราฟใยแมงมุมคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสเฉลี่ยด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

คุณภาพ	คะแนนเฉลี่ย	ระดับความชอบ
1. สี/Color	6.10±1.37	ชอบเล็กน้อย
2. กลิ่นคาว/Flavor	5.70±0.82	เฉยๆ
3. รสขม/Bitterness	5.00±0.82	เฉยๆ
4. ความหนืด/Viscosity	6.00±0.67	ชอบเล็กน้อย
5. ความชอบโดยรวม/Overall	6.70±0.95	ชอบเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากผลการดำเนินงานสามารถสรุปได้ว่า สามารถคำนวณสูตรอาหารที่เหมาะสมตามเงื่อนไข โดยสูตรที่คำนวณได้ประกอบไปด้วย liquid hydrolysate 63.34 % โดยมวล Solid hydrolysate 16.39 % โดยมวล มอลโตเดกซ์ตริน 11.52 % โดยมวล ฟักทอง 8.42 % โดยมวล น้ำมันปลา 0.33 % โดยมวล ให้พลังงาน 225 กิโลแคลลอรี่ ต่อ 1 หน่วยบริโภค เมื่อนำอาหารปั่นผสมไปศึกษาการแทรกผ่านความร้อนพบว่า การฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในช่วง cooking time 32 นาที น้อยกว่าการฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส 21 นาที

จากการศึกษาผลของการฆ่าเชื้อภายใต้ความดันต่อบางประการของอาหารปั่นผสม พบว่าการฆ่าเชื้อภายใต้ความดันมีผลต่อสมบัติที่ตรวจวัดทุกประการอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่อุณหภูมิมีผลต่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อหากฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อน้อยกว่าฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่อุณหภูมิต่ำ อย่างไรก็ดีที่ระดับอุณหภูมิต่างกันสมบัติของอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้น Browning index ลดลงเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) จากระยะเวลาที่อาหารได้รับความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น เมื่อดำเนินการศึกษาการขยายกำลังการผลิตระดับ pilot scale และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยภาพรวมผู้ทดสอบมีความชอบต่ออาหารปั่นผสมในระดับชอบเล็กน้อย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาปรียบเทียบผลของการบริโภคอาหารปั่นผสมสำหรับผู้สูงอายุ ต่อมวลกล้ามเนื้อของผู้สูงอายุ

2. ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กระบวนการทำแห้งในการผลิตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มเสริมสร้างและพัฒนาศักยภาพเครือข่าย. (2566). สังคมผู้สูงอายุในปัจจุบันและเศรษฐกิจในประเทศไทยไทย. สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2566. จาก : https://www.dop.go.th/th/know/15/926.

กัมปนาท หวลบุตตา และธนิกานต์ แสงนิ่ม. (2563). การพัฒนาสูตรตำรับและกระบวนการผลิตอาหารทางการแพทย์สาหรับผู้สูงอายุ (รายงานผลการวิจัย). ชลบุรี:มหาวิทยาลัยบูรพา.

ชโลบล. (2553). ซุปแบบข้น/Cream Soup. สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2566. จาก : https://chalobon.wordpress.com/2010/10/10/ซุปแบบข้นcream-soup/.

นฤพนธ์ พันธุ์หวยพงษ์ สุวพัชร ดอกแขมกลาง และเอกนุช แย้มเกษร. (2557). การพัฒนาต้นแบบกระบวนการผลิตซุปปลาสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม. (ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

นายผัก. (2551). ฟักทองญี่ปุ่น (Japanese Pumpkin). สืบค้น 24 มกราคม 2556. จาก : https://vegetweb.com/ฟักทองญี่ปุ่น-japanese-pumpkin/.

นิรมล อังสุมาลี. (2545). การพัฒนาอาหารทางสายยางให้อาหารชนิดปั่นผสมสูตรมังสวิรัติ(ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง การแสดงฉลากของอาหารพร้อมปรุงและอาหารสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภคทันที. (2544, 22 สิงหาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 118 ตอนพิเศษ 82 ง. หน้า 22-26.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค พ.ศ. 2563. (2563, 9 ตุลาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 137 ตอนพิเศษ 237 ง. หน้า 9.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารกึ่งสำเร็จรูป. (2544, 24 มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 118 ตอนพิเศษ 6 ง. หน้า 90-95.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารมีวัตถุประสงค์พิเศษ. (2544, 15 กันยายน). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 118 ตอนพิเศษ 90 ง. หน้า 1-5.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ เงื่อนไข วิธีการ และอัตราส่วนของวัตถุเจือปนอาหาร (ฉบับที่ 2). (2563, 9 ตุลาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 137 ตอนพิเศษ 237 ง. หน้า 18.

พริกไทยตรากระต่ายคู่. (ม.ป.ป.). พริกไทยขาว ข้อควรรู้สมุนไพรสารพัดประโยชน์. สืบค้น 24 มกราคม 2556. จาก : https://vegetweb.com/ฟักทองญี่ปุ่น-japanese-pumpkin/.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิมพ์พร แดงอุบล. (2550). การศึกษาปริมาณฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพรที่ใช้ในอาหารไทย (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาโภชนศาสตร์). มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2554). แนวทางการศึกษาการกระจายความร้อนสำหรับการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำและนิ่ง (steam still retort). สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2566. จาก : https://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/0141/141#6.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป.). Maltodextrin / มอลโทเดกซ์ทริน. สืบค้น 5 พฤษภาคม 2566. จาก : https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1914/maltodextrin-มอลโตเดกซ์ตริน.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป.). ปลาช่อนทะเล / Cobia. สืบค้น 24 มกราคม 2565. จาก : https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3278/ปลาช่อนทะเล-cobia.

แพรว เพิ่มทอง. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปข้นพร้อมบริโภคจากเนื้อปลานิล (*Oreochromis niloticus*) สำหรับผู้สูงอายุ (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ปิยะนันท์ ชื่อเสียง. (2554). โปรตีนไฮโดรไลเซทจากโครงปลานิล และปลากะพง : สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการทำงานของเอซีอี. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

บุษรินทร์ ทองมี. (2564). นวัตกรรมน้ำมันปลาจากปลาหนังลูกผสมน้ำจืดในมนุษย์ที่มีความเสี่ยงต่อภาวะเมตาบอลิกซินโดรม. (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร) มหำวิทยำลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ และธีรินทร์ ฉายศิริโชติ. (2557). ผลของระยะเวลาและอุณหภูมิฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของโจ๊กพร้อมรับประทานบรรจุรีทอร์ทเพาช์(รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำนักโภชนาการ. กองอนามัย. กระทรวงสาธารณสุข. (2563). ปริมาณสารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ.2563 (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ.วี. โปรเกรสซีฟ.

สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2557). คู่มือสำหรับผู้ควบคุมการผลิตอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดที่ปรับกรด (Retort

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Supervisors) (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์สงเคราะห์องค์กรทหารผ่านศึก.

สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2556). คู่มือการตรวจสถานที่ตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดที่ปรับกรด(Low-acid Canned Foods and Acidified Foods) (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์สงเคราะห์องค์กรทหารผ่านศึก.

Adepoju, MA., Omitoyin, BO., Mohan, CO., & Zynudheen, AA. (2017). Heat penetration attributes of milkfish (*Chanos chanos*) thermal processed in flexible pouches: a comparative study between steam application and water immersion. food science and nutrition, 5(3), 521–524.

Christos, S. KA., Hisamine, KO., Melinda, S., Asle, A., & Robert, R. W.(2006). A high proportion of leucine is required for optimal stimulation of the rate of muscle protein synthesis by essential amino acids in the elderly. Am J Physiol Endocrinol Metab. 291(2), E381–E387.

Geraldine A. R., Bingyan X., Marcel M. and Guido S. (2016). High-Pressure–High-Temperature Processing Reduces Maillard Reaction and Viscosity in Whey Protein–Sugar Solutions. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 64,p 7208–7215.

Jürgen, BA., Gianni, BI., Tommy, CE., Matteo, CE., Alfonso, J., John, E. M., Stuart, P., Cornel, SI, Peter, ST., Daniel, T., Renuka, VI., Elena, VO., & Yves, BO., (2013) Evidence-Based Recommendations for Optimal Dietary Protein Intake in Older People: A Position Paper From the PROT-AGE Study Group. Journal of the American Medical Directors Association. 14(8), 542-559.

Palou E., Lopez-Malo A., Barbosa-Canovas G. V., Welti-Chanes J. and Swanson B. G. (1999). Polyphenoloxidase Activity and Color of Blanched and High Hydrostatic Pressure Treated Banana Puree. Journal of Food Science, 64(1),p 42–45.

Somwang L., Karthikeyan V. and Chutima W. (2016). Biochemical evaluation of novel seabass (*Lates calcarifer*) fish essence soup prepared by prolonged boiling process. Arabian Journal of Chemistry, 14(10),p 103365-103380.

Soottawat B., Kasidate C. and Supatra K. (2018). Impact of retort process on characteristics and bioactivities of herbal soup based on hydrolyzed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

collagen from seabass skin. Journal of food science and technology, 55(9),F 3779-3791.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้