# โครงการ
# การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การพัฒนาอาหารที่มีส่วนประกอบของอัลบูมิน
สำหรับผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน


ชื่อนิสิต นายนวฤกษ์ สุภาษิต
นายฐาปกรณ์ โคตรภูชัย


ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
ปีการศึกษา 2561


คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงงานทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงงานทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด
The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the senior project authors' files submitted through the faculty.

# รายงานการวิจัย
# การวิจัยภายใต้โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

**เรื่อง**

# การพัฒนาอาหารที่มีส่วนประกอบของอัลบูมินสำหรับผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน

(Development of albumin containing food for consumers with mastication and swallowing problem)

โดย


นาย นวฤกษ์ สุภาษิต

นาย ฐาปกรณ์ โคตรภูชัย


ประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2561


ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# การพัฒนาอาหารที่มีส่วนประกอบของอัลบูมินสำหรับผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน


โดย

นาย นวฤกษ์ สุภาษิต

นาย ฐาปกรณ์ โคตรภูชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์



รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประจำปีการศึกษา 2561

# DEVELOPMENT OF ALBUMIN CONTAINING FOOD FOR CONSUMERS WITH MASTICATION AND SWALLOWING PROBLEM

Nawalerk Suphasit
Thapakorn Kortpuchai

Project Advisor

Asst. Prof. Inthawoot Suppavorasatit, Ph.D.

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

| | |
|---|---|
| **หัวข้องานวิจัย** | การพัฒนาอาหารที่มีส่วนประกอบของอัลบูมินสำหรับผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน |
| **โดย** | นายนวฤกษ์ สุภาษิต |
| | นายฐาปกรณ์ โคตรภูชัย |
| **สาขาวิชา** | เทคโนโลยีทางอาหาร |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์ |
| **ปีการศึกษา** | 2561 |

---

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ประจำปีการศึกษา 2561

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์)
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

**หัวข้องานวิจัย** การพัฒนาอาหารที่มีส่วนประกอบของอัลบูมินสำหรับผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน

**โดย** นายนวฤกษ์ สุภาษิต
นายฐาปกรณ์ โคตรภูชัย

**สาขาวิชา** เทคโนโลยีทางอาหาร

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์

**ปีการศึกษา** 2561

---

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนประกอบของอัลบูมินให้รับประทานได้ง่าย และเหมาะสมกับผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน รวมถึงเหมาะสมกับผู้ที่มีปัญหาการขาดโปรตีนหรือผู้ที่ต้องการโปรตีน โดยขั้นแรกศึกษาสัดส่วนระหว่างโปรตีนไข่ขาวและเวย์โปรตีนไอโซเลทที่แตกต่างกันระหว่าง 0 : 15, 2.5 : 12.5, 5 : 10, 7.5 : 7.5, 10 : 5, 12.5 : 2.5 และ 15 : 0 g / 200 ml ขึ้นรูปด้วยการทำให้แข็งตัวด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C เลือกลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมต่อผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน โดยอ้างอิงค่ามาตรฐานของ Universal Design Food และเปรียบเทียบกับ Nutri Jelly จากการศึกษา พบว่า เจลโปรตีนที่มีส่วนผสมของไข่ขาวต่อเวย์โปรตีนไอโซเลทเป็น 7.5 : 7.5 g / 200 ml มีค่าความแข็งของเจล 1988±213.8 $N/m^2$ จัดอยู่ในระดับที่ 4 หรือ UDF 4 ซึ่งเหมาะสมต่อผู้ที่มีภาวะกลืนลำบาก มีค่าการขับน้ำออกจากเจล 1.15% w/w จากนั้นนำสัดส่วนที่เหมาะสมนี้มาปรับปรุงกลิ่นรส โดยแปรปริมาณสารให้กลิ่นรสกาแฟเป็น 0.025, 0.05 และ 0.075% v/v พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบชอบเจลโปรตีนเมื่อเติมสารให้กลิ่นรสกาแฟที่ความเข้มข้น 0.05 % v/v มากที่สุด จากนั้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสี ลักษณะเนื้อสัมผัส การขับน้ำออกจากเจล และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิ 4°C พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และการขับน้ำออกจากเจลอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และไม่พบการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ระหว่างระยะการเก็บ 21 วัน ที่อุณหภูมิ 4°C

---

**Project Title** Development of albumin containing food for consumers with mastication and swallowing problem

**Student** Nawalerk Suphasit

Tapakorn Kortpuchai

**Study Program** Bachelor of Science in Food Technology

**Advisor** Asst. Prof. Inthawoot Suppavorasatit, Ph.D.

**Academic Year** 2018

---

## ABSTRACT

This research aimed to develop easy-to-eat albumin containing food and suitable for consumers with mastication and swallowing problems, including for people with protein deficiency problems or those who need protein. The ratio between albumins and whey protein isolates (WPI) between 0 : 15, 2.5 : 12.5, 5 : 10, 7.5 : 7.5, 10 : 5, 12.5 : 2.5 and 15 : 0 g / 200 ml was studied. The protein gels were formed by heat coagulation at 80ºC. The chosen protein gel for consumers with mastication and swallowing problems was based on the Universal Design Food (UDF) standard and compared with Nutri Jelly. It was found that gel proteins containing albumin and WPI at ratio of 7.5 : 7.5 g / 200 ml showed gel hardness of 1988 ± 213.8 $N/m^2$ which classified as UDF 4 level (suitable for people with mastication and swallowing problems) and the syneresis value was 1.15% w/w. The coffee flavoring was added in order to improve consumer acceptability by varying concentration of coffee flavoring at 0.025, 0.05 and 0.075% (v/v). It was found that the protein gel with 0.05% (v/v) coffee flavoring showed highest liking score. Therefore, the samples with 0.05% (v/v) coffee flavoring were prepared for the changes during storage study. It was found that there was no change in color, texture and syneresis of the gel ($p > 0.05$) after storage at 4ºC for 14 days. Furthermore, there was no deterioration due to microorganisms during storage at 4ºC for 14 days.

---

# กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาอาหารที่มีส่วนประกอบของอัลบูมินสำหรับผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืนนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากงบประมาณของโครงการเรียนการสอนเพื่อนเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2561 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

คณะวิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยอย่างสูง ตลอดจนตรวจแก้ไขโครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบริษัท Teste&blend จำกัด ที่ให้การอนุเคราะห์สารให้กลิ่นรสกาแฟ ช็อคโกแล็ต สตรอเบอรี่ และกล้วย ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณเหล่าคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่กรุณาถ่ายทอดความรู้อันมี ค่าตลอดหลักสูตร จนผู้วิจัยสามารถนำมาบูรณาการให้เกิดเป็นงานวิจัยนี้ได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงกรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆในการดำเนินโครงการนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารฯ ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร ห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร และห้องปฏิบัติการประกันคุณภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บุคลากร พี่ปริญญาเอก ปริญญาโท รุ่นพี่นิสิต รุ่นน้องนิสิต และเพื่อนนิสิตทุกท่านในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร รวมถึงภาควิชาอื่นๆ ที่ได้อำนวยความสะดวก ให้ความช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในทุกๆ ด้านในการดำเนินโครงการให้ลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวของคณะผู้วิจัย ทั้งสองครอบครับที่ได้สนับสนุนในทุกๆด้าน จนโครงการนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดจนส่งเสริมคณะผู้วิจัยด้านโอกาสการศึกษาแก่คณะผู้วิจัยตลอดมา

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา และการวิจัย ในหัวข้อที่เกี่ยวข้องต่อไปในอนาคต ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นายนวฤกษ์ สุภาษิต
นายฐาปกรณ์ โคตรภูชัย

# สารบัญเรื่อง


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญเรื่อง | ง |
| สารบัญตาราง | จ |
| สารบัญรูปภาพ | ฉ |
| ส่วนเนื้อหา | |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 วารสารปริทัศน์ | 3 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย | 11 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัย และวิจารณ์ผล | 16 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ | 24 |
| เอกสารอ้างอิง | 25 |
| ภาคผนวก | 30 |
| ภาคผนวก ก. | 31 |
| ภาคผนวก ข. | 33 |
| ภาคผนวก ค. | 34 |
| ภาคผนวก ง. | 39 |
| ภาคผนวก จ. | 51 |
| ภาคผนวก ฉ. | 57 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.1 | การแปรสัดส่วนโปรตีนในสารละลายโปรตีน | 12 |
| 3.2 | การแปรสัดส่วนสารให้กลิ่นรสกาแฟ | 13 |
| 4.1 | เนื้อสัมผัสของเจลโปรตีนเมื่อแปรสัดส่วนของโปรตีนโปรตีนอัลบูมิน และเวย์โปรตีนไอโซเลท | 16 |
| 4.2 | การขับน้ำของเจลโปรตีนที่แปรสัดส่วนระหว่างโปรตีนอัลบูมินและเวย์โปรตีนไอโซเลท | 18 |
| 4.3 | คะแนนความชอบของเจลโปรตีน | 19 |
| 4.4 | เนื้อสัมผัสของเจลโปรตีนระหว่างระยะการเก็บ | 21 |
| 4.5 | การเปลี่ยนแปลงการขับน้ำออกของเจลโปรตีนระหว่างระยะการเก็บ | 22 |
| 4.6 | การเปลี่ยนแปลงสีของเจลโปรตีนระหว่างระยะการเก็บ | 23 |
| ง.1 | ค่า Hardness | 39 |
| ง.2 | ค่า Adhesiveness | 39 |
| ง.3 | ค่า Springiness | 40 |
| ง.4 | ค่า Chewiness | 40 |
| ง.5 | ค่า Gumminess | 41 |
| ง.6 | ค่า Cohesiveness | 41 |
| ง.7 | ค่า Syneresis | 42 |
| ง.8 | ความชอบด้านลักษณะปรากฏ | 42 |
| ง.9 | ความชอบด้านกลิ่น | 43 |
| ง.10 | ความชอบด้านเนื้อสัมผัส | 43 |
| ง.11 | ความชอบด้านรสชาติ | 44 |
| ง.12 | ความชอบโดยรวม | 44 |
| ง.13 | ค่า Hardness ก่อน และหลังปรุงกลิ่นรส | 45 |
| ง.14 | ค่า Hardness ตามระยะการเก็บ | 45 |
| ง.15 | ค่า Adhesiveness ตามระยะการเก็บ | 46 |
| ง.16 | ค่า Springiness ตามระยะการเก็บ | 46 |
| ง.17 | ค่า Chewiness ตามระยะการเก็บ | 47 |
| ง.18 | ค่า Gumminess ตามระยะการเก็บ | 47 |
| ง.19 | ค่า Cohesiveness ตามระยะการเก็บ | 48 |
| ง.20 | ค่า Syneresis ตามระยะการเก็บ | 48 |
| ง.21 | ค่า L* ตามระยะการเก็บ | 49 |
| ง.22 | ค่า a* ตามระยะการเก็บ | 49 |
| ง.23 | ค่า b* ตามระยะการเก็บ | 50 |
| ง.24 | ค่า DeltaE ตามระยะการเก็บ | 50 |
| ฉ.1 | เกณฑ์ Universal Design Food | 57 |

# สารบัญรูปภาพ


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | การกระจายตัวของหยดอิมัลชัน (O:W/30:70) เตรียมด้วย 1.5% โปรตีนไข่ขาว | 5 |
| 2.2 | ระดับของการไฮโดรไลซิสที่จุดสิ้นสุดของกระเพาะอาหารจำลองในหลอดทดลองของโปรตีนไข่ขาว | 5 |
| 4.1 | ค่า hardness ของเจลโปรตีนระหว่างก่อน และหลังการปรุงกลิ่นรส | 20 |
| จ.1 | ข้อมูลของอัลบูมินที่ใช้ในการทดลอง | 51 |
| จ.2 | ข้อมูลของเวย์โปรตีนไอโซเลทที่ใช้ในการทดลอง | 52 |
| จ.3 | ข้อมูลของเวย์โปรตีนไอโซเลทที่ใช้ในการทดลอง | 53 |
| จ.4 | สารให้กลิ่นรสกาแฟที่ใช้ในการทดลอง | 54 |
| จ.5 | เครื่อง Texture Analyzer ที่ใช้ในการทดลอง | 54 |
| จ.6 | เครื่อง Centrifuge ที่ใช้ในการทดลอง | 55 |
| จ.7 | เครื่อง Water bath ที่ใช้ในการทดลอง | 55 |
| จ.8 | เครื่องวัดสีที่ใช้ในการทดลอง | 56 |
| จ.9 | แม่พิมพ์ตัดตัวอย่างเพื่อวัดเนื้อสัมผัสที่ใช้ในการทดลอง | 56 |

# บทที่ 1

# บทนำ

อัลบูมิน (albumin) เป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในพลาสม่าของมนุษย์ (50-60% ของปริมาณโปรตีนในพลาสมาทั้งหมด) จัดอยู่ในกลุ่มโปรตีนลักษณะเป็นก้อน (globular protein) น้ำหนักโมเลกุลต่ำ ละลายน้ำได้ดี และเสียสภาพธรรมชาติ (denaturation) ได้ง่ายด้วยความร้อน ตัวอย่างแหล่งที่พบโปรตีนในกลุ่มนี้เช่น ไข่ขาว (egg albumin) น้ำนม (lactalbumin) และ ในซีรัม (serum albumin) โดยอัลบูมินจะรักษาน้ำและสารอาหารไม่ให้ซึมออกนอกหลอดเลือด (อัลบูมินมีสัดส่วน 80-85% ของความดันออสโมซิสของพลาสม่า) (Winkler and Shaz, 2009) ดังนั้นจึงควบคุมและรักษาปริมาณพลาสมาได้ ลำเลียงบิลลิรูบิน (bilirubin) เพื่อรักษาสมดุลของแคลเซียมในเลือด อีกทั้งยังเป็นองค์ประกอบของฮอร์โมนเพศเช่น โปรเจสเตอโรน (progesterone) และยังเป็นตัวพา (carrier) สารสำคัญ เช่น ยารักษาโรคเพื่อส่งไปที่เซลล์เป้าหมายได้

อัลบูมินผลิตจากกรดอะมิโนที่ตับเพียงแหล่งเดียวเท่านั้นและกำจัดออกได้ที่ไต หากร่างกายได้รับโปรตีน กรดอะมิโนจำเป็น และพลังงานจากอาหารไม่เพียงพอ จะส่งผลให้ระดับอัลบูมินในเลือดต่ำ (ค่าปกติจะอยู่ในช่วง 3.5-5 กรัม/เดซิลิตร) เมื่อระดับอัลบูมินในเลือดลดลง ระดับความดันออสโมติกในเลือดก็จะลดลงด้วย ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของของเหลวภายในหลอดเลือดออกสู่เนื้อเยื่อภายนอกหลอดเลือด ทำให้เกิดสภาวะบวมน้ำ (edema) หรือท้องมาน (ascites) ได้ ซึ่งมักพบในผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน ทำให้ผู้ที่มีอาการเบื่ออาหารและทานอาหารได้น้อย ดังนั้นระดับอัลบูมินจึงถูกใช้ในการประเมินสภาวะทางโภชนาการร่วมกับการประเมินอื่นๆ ด้วย เพราะระดับอัลบูมินในเลือดที่ลดต่ำลงมีความสำคัญในการเป็นตัวชี้วัดการพยากรณ์โรค (Prognostic indicator) ในส่วนของความรุนแรงของโรค อัตราการเกิดโรคแทรกซ้อน และอัตราการเสียชีวิตเพิ่มสูงขึ้น (ฐนิต วินิจจะกูล, 2559)

อาหารที่มีโปรตีนสูงจะเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในร่างกายซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นในผู้ป่วย แต่จากรายงานการวิจัยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อาหารจากไข่ขาวมีอัตราส่วนฟอสฟอรัสต่อโปรตีนต่ำ (<1.4 มิลลิกรัม / กรัม) จะช่วยลดฟอสฟอรัสในซีรัมโดยไม่ส่งผลเสียต่อภาวะโภชนาการของผู้ป่วย สามารถเพิ่มระดับอัลบูมินในเลือดได้ในขณะที่ระดับฟอสฟอรัสในเลือดไม่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ผู้ป่วยมีสภาวะทางโภชนาการดีขึ้นและป้องกันภาวะทุพโภชนาการอย่างได้ผล (Taylor et al., 2015) ดังนั้นแพทย์ จึงแนะนำให้รับประทานไข่ขาว แต่มีข้อจำกัดเมื่อรับประทานเป็นประจำ เช่น เกิดอาการเบื่อเมื่อรับประทานไข่ขาวในปริมาณมากเพื่อให้ได้โปรตีนเพียงพอ เนื่องจากไข่ขาวประกอบด้วยน้ำร้อยละ 88 โปรตีนร้อยละ 11 และสารอื่นๆ อีกร้อยละ 1 (Abeyrathne et al.,

2013) โดยการรับประทานไข่ขาว ผู้บริโภคส่วนใหญ่มักเติมซอสปรุงรสเพื่อเพิ่มรสชาติ ซึ่งอาจทำให้ผู้บริโภคได้รับปริมาณโซเดียมมากกว่าที่ร่างกายต้องการ อาจส่งผลต่อความดันโลหิตและภาวะบวมน้ำได้ อีกทั้งไม่สะดวกต่อการเตรียมและเก็บรักษา ปัจจุบันจึงนิยมใช้ผลิตภัณฑ์จากผงไข่ขาวที่ผ่านการระเหยน้ำออกด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer) ที่ 178.2 องศาเซลเซียส (Ma et al., 2013) ทดแทนไข่ขาวสดปรุงสุกทั่วไป โดยผงไข่ขาวสามารถปรับปรุงสี กลิ่น รสชาติแปลกใหม่ อีกทั้งละลายน้ำและดูดซึมได้ทันทีเนื่องจากผ่านกระบวนการทางความร้อนจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยทำให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่เป็นลักษณะเมือก อีกทั้ง โปรตีนอะวิดิน (avidin) ในไข่ดิบเมื่อได้รับความร้อนจะเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) ทำให้ไม่สามารถจับกับไบโอติน (biotin) ได้ ทำให้ร่างกายดูดซึมวิตามินที่ลำไส้ได้มากขึ้น งานวิจัยของ (Onnom, 2011) สามารถใช้ไข่ขาวผงเพิ่มระดับโปรตีนอัลบูมินในผู้ป่วยโปรตีนรั่ว โดยกลุ่มผู้ป่วยที่เสียโปรตีนวันละ 5-15 กรัม เมื่อทานไข่ขาวผงเสริมวันละ 7 กรัม เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าระดับอัลบูมินในร่างกายของกลุ่มผู้ป่วยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ด้วยเหตุนี้คณะผู้จัดทำจึงสนใจศึกษาการนำโปรตีนอัลบูมินมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่รับประทานได้ง่าย มีสี กลิ่น และรสชาติแปลกใหม่ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการบริโภคน้อย แต่มีระดับอัลบูมินสูงเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน รวมถึงผู้ที่มีความต้องการโปรตีนในปริมาณมากอีกด้วย

# บทที่ 2

# วารสารปริทัศน์

## 2.1 โปรตีนไข่ขาว

โปรตีนจากไข่ขาวเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพสูง เป็นแหล่งที่โปรตีนที่สำคัญ เนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนและมีปริมาณมาก มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีราคาถูก มีสมบัติสำคัญสำหรับการใช้งานที่หลากหลาย เช่น การเกิดโฟม การก่ออิมัลชัน การจับกับน้ำ และการแข็งตัวด้วยความร้อน จึงมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร ไข่ขาวประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 10% และน้ำ 90% โดยน้ำหนัก โปรตีนหลักของไข่ขาวได้แก่ ovalbumin (54%) ovotransferrin (12%) และ ovomucid (11%) (Selmer et al., 2015)

ส่วนประกอบในโปรตีนไข่ขาว (Alleoni, 2006)

2.1.1 Ovalbumin

Ovalbumin ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 3.5% มี หมู่ sulphydrilic อิสระ และหมู่ disulfide มีน้ำหนักโมเลกุล 44.5 kDa มีค่า Isoelectric point ที่ pH 4.5 เป็นแหล่งโปรตีนหลัก และมีปริมาณ 54% ของไข่ขาวมีคุณสมบัติเสียสภาพเมื่อเกิดความร้อน หรือ สารที่ทำให้เสียสภาพ

2.2.2 Conalbumin หรือ Ovotransferin

Conalbumin คือ ไกลโคโปรตีนประกอบไปด้วยพันธะdisulfide 15 พันธะ มีน้ำหนักโมเลกุล 60 – 95 kDa มีค่า Isoelectric point ที่ pH 6.0-6.5 สามารถจับกับพวกโลหะ จะเสียสภาพได้โดยควมร้อน, ความดัน, เอนไซม์ และสารที่ทำให้เสียสภาพ มีปริมาณ 13% ของไข่ขาว

2.2.3 Ovomucoid

Ovomucoid ประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดเรตประมาณ 20-25 % สามารถทนการเสียสภาพความร้อนเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรด มีความสามารถในการยับยังเอนไซม์ trypsin แต่ไม่มีผลกับเอนไซม์ trypsin ของมนุษย์ มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 26,100 – 28,300 Da มีค่า isoelectric point ที่ pH 3.9 – 4.3 มีปริมาณ 1.2%ของไข่ข่าว สารตัวสามารถทนสภาพต่อความร้อนเนื่องจากประกอบไปด้วย cysteine และ พันธะdisulfide จำนวนมาก

2.2.4 Ovomucin

Ovomucin คือ ไกลโคซัลฟิโปรตีน มีคาร์โบไฮเดรต 33% และถูกแทนที่ด้วยหมู่ disulfide จำนวนมากเป็นโปรตีนที่แตกต่างจากโปรตีนชนิดอื่นเนื่องจากประกอบด้วย sulphate esthers และ cysteine จำนวนมาก มีน้ำหนักโมเลกุล 5.5-8.3 Mda มีประมาณ 2% ของไข่ขาว โปรตีนตัวนี้ทำให้ไข่ขาวมีลักษณะเหมือนเจล

2.2.5 Lysozyme

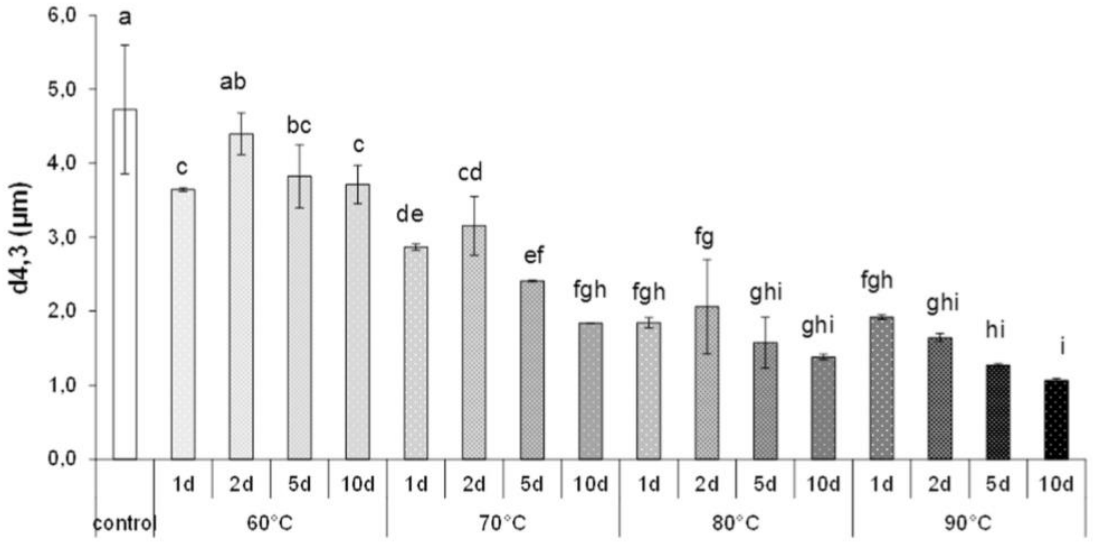
Lysozyme เป็นไกลโคโปรตีน มีน้ำหนักโมเลกุล 14,300-14,600 Da มีค่า isoelectric ที่ pH 10.7 มีประมาณ 3.5% ของไข่ขาว เป็นเอนไซม์ ที่สามารถทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรียที่มีการปนเปื้อนเข้ามาในฟองไข่ได้ มีสมบัติเป็นสารกันเสีย (preservative)

## 2.2 คุณสมบัติของไข่ขาวผง

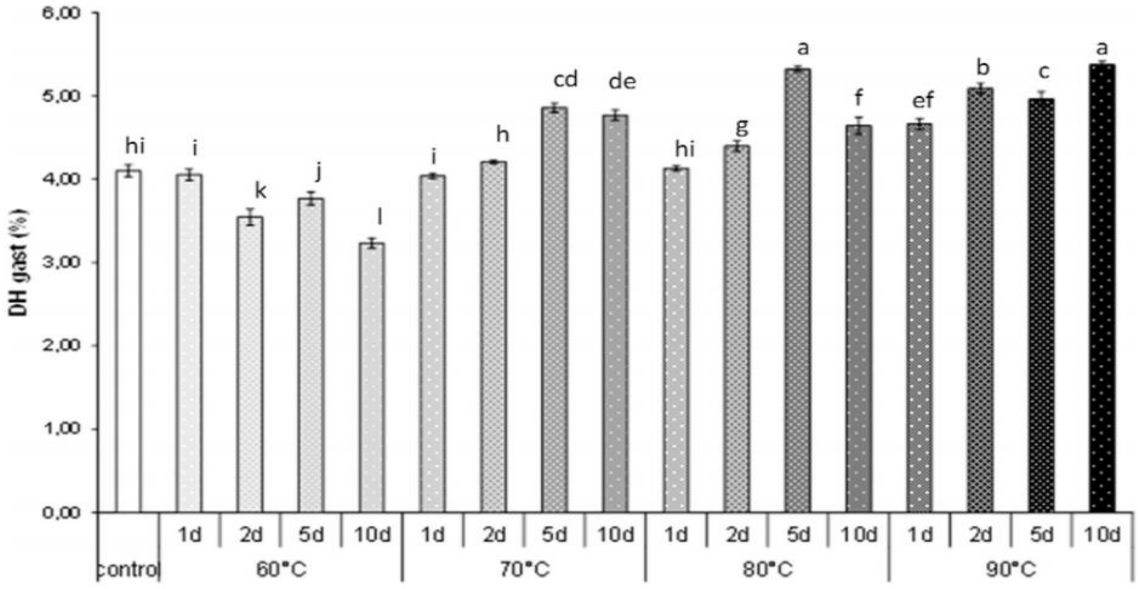
ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้ไข่ขาวอย่างกว้างขวางในการเป็นส่วนผสมของอาหารแปรรูป เนื่องจากคุณค่าทางโภชนาการที่ดี และมีสมบัติเชิงหน้าที่มากมาย (Lechevalier et al., 2017) เช่น สมบัติการเกิดเจล โปรตีนเกิดเจลผ่านการทำให้เป็นระเบียบพอลิเมอร์ของโมเลกุลให้เครือข่ายแบบสามมิติ และกระบวนการนี้เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของของเหลวข้นหนืด (viscous elastic) ในเมตริก (Alleoni, 2006) โดยไข่ขาวถูกนำมาใช้ในรูปของเหลว (liquid) แช่แข็ง (frozen) และ ทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dried) เป็นไข่ขาวผง ซึ่งไข่ขาวผงเป็นรูปแบบทั่วไปที่มีความสะดวกมากที่สุด (Lechevalier et al., 2017)

มีการศึกษาจำนวนมากเกี่ยวกับผลของการทำแห้งด้วยความร้อนที่มีต่อโครงสร้างของโปรตีนไข่ขาว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ คือ การรวมตัวของโปรตีน (aggregation) และการเพิ่มขึ้นของส่วนที่เป็นไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) บนพื้นผิวของโปรตีน โดยงานวิจัยของ Lechevalier และคณะ 2017 ได้ให้ความร้อนกับไข่ขาวผงที่อุณหภูมิ และเวลาต่างๆ กันเพื่อวัดผลค่าการละลายของโปรตีนไข่ขาว (protein solubility) ผลการทดลองพบว่า การทำแห้งด้วยความร้อนจะกระจายโปรตีนไข่ขาวที่อินเตอร์เฟสระหว่างอากาศ-น้ำ ทำให้โปรตีนที่ถูกทำแห้งด้วยความร้อนแล้ว พื้นผิวจะแอคทีฟมากขึ้น และการทำแห้งด้วยความร้อนเหนี่ยวนำให้เกิดการไฮโดรไลซิสบางส่วน (partial hydrolysis) ซึ่งการศึกษาโปรตีนหลากหลายชนิดแสดงให้เห็นว่า การไฮโดรไลซิสบางส่วนช่วยเพิ่มคุณสมบัติการเป็นอิมัลชันดังแสดงในรูปที่ 2.1 ด้วยการลดน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีน เพิ่มความสามารถในการ

ละลายของโปรตีน และเพิ่มความไม่ชอบน้ำที่พื้นผิวของโปรตีน (surface hydrophobicity) อีกทั้งยังได้อธิบายถึงการเพิ่มขึ้นของความไวต่อการย่อยโปรตีนดังแสดงในรูป 2.2 โดยโปรตีนจะมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นเนื่องจากการให้ความร้อน




**รูปที่ 2.1** การกระจายตัวของหยดอิมัลชัน (O:W/30:70) เตรียมด้วย 1.5% โปรตีนไข่ขาว เป็นฟังก์ชันของการอบแห้งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ กัน
ที่มา : Lechevalier et al., 2017




**รูปที่ 2.2** ระดับของการไฮโดรไลซิสที่จุดสิ้นสุดของกระเพาะอาหาร จำลองในหลอดทดลองของโปรตีนไข่ขาว เป็นฟังก์ชันของการอบแห้งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ กัน ที่มา : Lechevalier et al., 2017

## 2.3 การเกิดเจลของอัลบูมิน

อัลบูมินหรือโปรตีนไข่ขาว เป็นโปรตีนทรงกลมที่มีสมบัติเชิงหน้าที่การใช้งานที่มีประโยชน์ เช่น การเกิดโฟม การเป็นอิมัลซิไฟเออร์ มีความสามารถในการจับกับน้ำ และการเกิดเจล อีกทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง สิ่งที่น่าสนใจเป็นพิเศษ คือ ความสามารถในการเกิด เจลเนื่องจากสามารถปรับโครงสร้างและลักษณะผิวสัมผัสของอาหารได้ (Chaux-Gutiérrez et al., 2019)

การเสียสภาพธรรมชาติของอัลบูมินเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 °C ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างทั้งระดับจตุรภูมิ ตติยภูมิ และทุติยภูมิ (Chaux-Gutiérrez et al., 2019) เมื่อได้รับความร้อน โปรตีนไข่ขาวจะเสียสภาพธรรมชาติกลายเป็นเจล กระบวนการนี้สามารถอธิบายเป็นกลไกได้ 3 ขั้นตอน ขั้นแรก เนื่องจากความร้อน ทำให้พันธะไฮโดรเจนที่มีอยู่โดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างสายโพลีเพปไทด์ของโมเลกุลโปรตีนแตกตัว และคลายตัวออก (unfold) กลุ่มที่ไม่ชอบน้ำจะออกมาอยู่ด้านนอกของโปรตีน ในขั้นตอนที่สอง โมเลกุลของโปรตีนที่คลายตัวออกจะจัดรูปแบบใหม่ขึ้น เนื่องจากอันตรกิริยาที่ไม่ชอบน้ำและไฟฟ้าสถิต (hydrophobic and electrostatic interactions) โดยการเชื่อมข้ามระหว่างโมเลกุลของไดซัลไฟด์ (disulfide crosslinking) ทำให้เกิดการจัดเรียงโครงข่ายโปรตีนมีความเสถียรเพิ่มเติม และเกิดเป็นเจลขึ้น ขั้นที่สาม เจลที่เกิดขึ้นจะเย็นลง และยืดหยุ่นมากขึ้น (elastic) เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนที่ทำให้โครงข่ายโปรตีนแน่นขึ้น (stiffen) ส่งผลให้โครงสร้างของเจลที่ได้จะแตกต่างกันไปเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความแข็งแรงของอิออน (ionic strength) และชนิดของเกลือที่เติมลงไป (Selmer et al., 2015)

## 2.4 โปรตีนนม

นมมีแหล่งโปรตีนหลัก 2 ชนิด คือ เวย์ (whey) และเคซีน (casein) ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมาได้มีการนำนมมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เนยแข็ง และโยเกิร์ต เมื่อผ่านกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เคซีน (casein) จะเป็นแหล่งโปรตีนหลักในผลิตภัณฑ์ ส่วนเวย์ (whey) จะแยกออกมาพร้อมกับน้ำที่ออกมาขณะที่ทำผลิตภัณฑ์ ส่วนประกอบทาง ชีวภาพของเวย์ (whey) คือ beta-lactoglobulin, alpha-lactalbumin, bovine serum albumin, lactoferrin, immunoglobulins, lactoperoxidase enzymes, glycomacropeptides, lactose และ minerals (Walzem et al., 2002)

เวย์ (whey) ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นทุกชนิดในปริมาณที่สูงกว่าพืช นอกจากนั้นแล้วกรดอะมิโนที่อยู่ในเวย์โปรตีน ยังถูกดูดซึมและนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดกิ่ง (branched-chain amino acids) ได้แก่ วาลีน, ลิวซีน และไอโซลิวซีน ซึ่งจำเป็นต่อการ สร้างและซ่อมแซมเนื้อเยื่อ ลิวซีนเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการ เผาผลาญโปรตีน (protein metabolism) นอกจากนั้นแล้วเวย์ โปรตีนยังประกอบด้วยกรดอะมิโนที่มีกำมะถัน

เป็นองค์ประกอบสูง (sulfur-containing amino acids) คือ ซีสเตอีนและเมทไธโอนีน ซึ่งจำเป็นต่อระบบภูมิคุ้มกัน โดยการนำไปสร้างเป็นกลูตาไธโอน เวย์มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สารลดความดันโลหิตสูง (antihypertensive) สารต้านมะเร็ง (antitumor) ลดไขมันในกระแสเลือด (hypolipidemic) สารต้านไวรัส (antiviral) สารต้านแบคทีเรีย (antibacterial) และมีคุณสมบัติเป็น chelating agent อีกด้วย (Marshall, 2004)

องค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีนในนม (Marshall, 2004)

2.4.1 Lactoferrin

Lactoferrin เรียกอย่างว่าน้ำนมเหลือง น้ำนมเหลืองนั้นมาจากนมของวัว แต่เป็นนมแม่วัวที่เพิ่งคลอดลูกได้ 24-48 ชั่วโมงเท่านั้น มีคุณสมบัติเป็นสาร antioxidant และช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน มีโครงสร้างเป็น polypeptide สายเดี่ยว พบเพียง 1-2% ในเวย์

2.4.2 beta-Lactoglobulin

beta-Lactoglobulin เป็นองค์ประกอบของเวย์ มีสัดส่วนประมาณ 50-55% พบได้เพียงน้ำนมของวัวไม่แต่พบในนมของมนุษย์ โปรตีนตัวนี้เป็นตัวพาสารจำพวก hydrophobic ขนาดเล็กรวมทั้ง retinoic acid สารตัวนี้ช่วยในระบบน้ำเหลือง

2.4.3 alpha-Lactalbumin

alpha-Lactalbumin เป็นโปรตีนหลักที่พบได้ทั้งในนมวัวและนมคน มีปริมาณ 20-25% ในเวย์ โปรตีนตัวนี้ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำจำนวนมาก มีความเหมาะสมสำหรับเด็กทารก

เวย์นำมาแปรรูปได้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้ เช่น Whey protein isolate (WPI) คือ เวย์บริสุทธิ์ เกิดจากการนำโปรตีนเวย์เข้มข้น (whey protein concentrate) มาทำให้ความเข้มข้นของเวย์โปรตีนสูงขึ้นมากกว่าร้อยละ 90 โดยแยกน้ำตาลแล็กโทส และไขมันที่ยังคงหลงเหลืออยู่ออกไป โดยใช้กระบวนการ Ion-exchange (IE) แยกโมเลกุลของสารต่างๆ ออกจากกัน โดยอาศัยประจุไฟฟ้าบนโมเลกุลที่ต่างกัน หรือการกรองด้วยเยื่อ (membrane filtration) กระบวนการ Ion-exchange สามารถทำให้เวย์โปรตีนบริสุทธิ์ได้มากที่สุด โดยอาจทำให้มีความเข้มข้นของเวย์โปรตีนได้ถึง 97-98% โดยน้ำหนักแห้ง Whey protein isolate มีลักษณะเป็นผงสีครีมอ่อนและมีกลิ่นรสธรรมชาติเช่นเดียวกับน้ำนม (นิธิยา รัตนาปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2555)

## 2.5 การเกิดเจลของเวย์โปรตีนไอโซเลท

เวย์โปรตีนไอโซเลท (WPI) เป็นหนึ่งในส่วนผสมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการ และสมบัติเชิงหน้าที่ที่ยอดเยี่ยม เช่น การเกิดฟอง การเป็นอิมัลซิไฟเออร์ และการเกิดเจล เวย์โปรตีนไอโซเลทส่วนใหญ่ประกอบด้วย β-lactoglobulin (β-lg) และα-lactalbumin (α-la) เนื่องจากโครงสร้างที่จัดเรียงตัวได้ดี ทั้ง β-lg และα-la มีความไวต่อความร้อนอย่างมาก การเสียสภาพธรรมชาติแบบย้อนกลับไม่ได้ และการรวมตัวของเวย์โปรตีนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิความร้อนสูงกว่า 70 °C การให้ความร้อนที่ความเข้มข้นสูง (เช่น> 8% w / w โปรตีน, ค่า pH 6.9) และอุณหภูมิสูง (เช่น 80 °C) โปรตีนเวย์ที่เสียสภาพมีปฏิกิริยาซึ่งกันและกันและสร้างโครงข่ายเจล (Li and Zhao, 2018)

คุณสมบัติในการเกิดเจลด้วยความร้อนของโปรตีนเวย์ได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ไอศครีม ขนม และพุดดิ้ง เพื่อให้ได้คุณลักษณะ และลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ต้องการ การก่อตัวของเจลโปรตีนเวย์เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนระหว่าง sulphydryl-disufide, ปฏิกิริยาที่ไม่ชอบน้ำ, พันธะไฮโดรเจน และปฏิกิริยาไอออนิก ข้อจำกัดอย่างหนึ่งของเจลเวย์โปรตีนไอโซเลท คือ จะเปราะแตกง่าย ไม่แข็งแรง และอ่อนแอต่อการขับน้ำออกจากเจล (Li and Zhao, 2018)

## 2.6 อาหารประเภทเจลกับผู้มีปัญหาด้านการเคี้ยวและกลืน

อาหารประเภทเจลมักบริโภคเป็นของว่าง หรือของหวาน เนื่องจากสามารถรับประทานได้ง่าย เหมาะกับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย เพราะมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม และมีความเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เหมาะสำหรับ ผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและกลืน จากการศึกษา พบว่ามีงานวิจัยเกี่ยวกับอาหารสำหรับผู้ป่วยที่มีลักษณะเป็นเจลโดยใช้เจลลี่โภชนา (Nutri Jelly) ให้ผู้ป่วยโรคมะเร็งในลำคอและช่องปากรับประทาน โดยเฉพาะผู้ที่ได้รับการฉายรังสี ซึ่งเนื้อเยื่อในช่องปากและลำคอบางส่วนถูกทำลาย หรือมีแผลในช่องปากจึงรับประทานอาหารทั่วไปได้ลำบาก ส่วนใหญ่จะรับประทานอาหารเหลวผ่านทางสาย (tube feeding) ส่งผลให้เกิดภาวะทุพโภชนาการและมีคุณภาพชีวิตที่ถดถอยลง ในบางกรณีมีผลให้อายุสั้นลงด้วย (ศิริกาญจน์ วิเศษสุวรรณภูมิ, 2560) โดยพบว่าผู้ป่วยที่รับประทานอาหารชนิดเจลชนิดนี้ติดต่อกัน จะสามารถลดปริมาณการให้อาหารทางสายยางระหว่างการทำรังสีบำบัด (radiotherapy) อย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มตัวอย่าง ดังนั้นอาหารประเภทเจลอาจเป็นทางเลือกสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการเคี้ยว และการกลืนได้ (Trachootham et al., 2015)

จากเจลลี่โภชนา ได้จุดประกายการพัฒนา ผลิตภัณฑ์อาหารนวัตกรรมใหม่ๆ สำหรับผู้ที่มีปัญหาในการบดเคี้ยวและการกลืน เช่น Bmune jel ซึ่ง ผลิตโดยบริษัท เบนส์เวล คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่ได้ นำ เจลลี่โภชนามาเป็นแรงบันดาลใจในการสร้าง ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อผู้ที่มีปัญหาการบดเคี้ยวให้

ได้ สารอาหารครบถ้วน อันจะเป็นตัวเลือกแทนอาหารทางสาย สอดคล้องกับแนวโน้มการพัฒนาอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการการดูแลเป็นพิเศษ หรือ Care Food ในประเทศญี่ปุ่น ที่มีการปรับเนื้อสัมผัสให้เหมาะสม เป็นหลายระดับตามมาตรฐาน Universal Design Food หรือ UDF ซึ่งมีขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003 แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ตามความแข็ง (hardness) ของอาหาร โดยเทียบเคียงกับการบดเคี้ยวของคนเรา คือ ระดับที่ 1 หรือ UDF 1 ใช้ฟันบดเคี้ยวได้ง่าย คือ มีความอ่อนนุ่มกว่าอาหารทั่วไป ระดับที่ 2 หรือ UDF 2 สามารถใช้เหงือกบดได้ง่าย ผู้ที่ไม่มีฟันมีแต่ เหงือกก็สามารถรับประทานได้ ระดับที่ 3 หรือ UDF 3 ใช้ลิ้นบดได้ง่าย และระดับที่ 4 หรือ UDF 4 ไม่ต้อง ผ่านการบดเคี้ยวสามารถกลืนได้เลย โดยอาหารที่อยู่ ในระดับที่ UDF 3-4 นี้ จะเหมาะสำ หรับผู้ที่มีภาวะ กลืนลำ บาก (dysphagia) ด้วยเช่นกัน (ศิริกาญจน์ วิเศษสุวรรณภูมิ, 2560)

การรักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืนในช่วงวิกฤตเฉพาะหน้า อาจแก้ปัญหาด้วยการใส่สายให้อาหารทางจมูก (nasogastric tube) หรือเจาะหน้าท้องเพื่อให้อาหาร (gas-trostomy) (ศศุภางค์ มุสิกบุญเลิศ, 2557) ซึ่งเป็นระยะที่ไม่สามารถใช้คุณสมบัติการแปรรูปของอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวเพื่อช่วยเหลือได้ แต่ถ้าเป็นผู้ป่วยที่ยังสามารถช่วยเหลือตัวเองในการกลืนได้จะสามารถปรับคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารให้เอื้อต่อผู้ป่วยได้ ซึ่งการปรับคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารให้เอื้อต่อสมรรถภาพการกลืนของผู้ป่วย ให้ผู้ป่วยสามารถรับประทานอาหารทางปากได้ต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ คือ ผู้ป่วยกลืนได้ปลอดภัย ไม่กลืนติด หรือสำลัก ,ได้คุณค่าทางอาหาร และปริมาณพอเพียง, ได้ปริมาณน้ำพอเพียง เช่น อาหารสำหรับผู้ป่วยที่มีภาวะกลืนลำบาก ควรเป็นอาหาร ที่มีการดัดแปลงเนื้ออาหารโดยการปั่นจนละเอียด และหนืดข้นเหมือนอาหารเด็ก หรืออาหารที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวคล้ายแป้งเปียก และต้องปลอดภัยไม่ก่อให้เกิดการไอ และสำลัก ขณะเดียวกันต้องหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารเหลว และอาหารที่มีเนื้ออาหารหลายแบบเพราะอาจทำให้ผู้ป่วยสำลักได้ ในแง่คุณสมบัติทางกายภาพของอาหารได้แก่ ปรับความหนืด (viscosity), ปรับความสามารถในการไหล (flowability), ปรับความเสียดทาน และปรับความหนาแน่น ขนาดและรสชาติของอาหารอาจมีส่วนช่วยการกลืนใน ผู้ป่วยกลืนลำบาก พบว่าอาหารรสเปรี้ยวกระตุ้นการกลืนได้ดี ทั้งขณะกลืน และหลังกลืน ตรงกันข้ามอาหารหวานจะกดการกลืน ผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืนอาจรับประทานอาหารไม่เพียงพอ ทำให้อาจเกิดภาวะทุพโภชนาการโปรตีนซึ่งพบได้มากในผู้ป่วยโรคร้ายแรงที่ต้องทำการรักษาควบคู่กับการฟื้นฟูของร่างกาย เช่น โรคมะเร็ง ทำให้ร่างกายอ่อนแอ และง่ายต่อการติดเชื้อเนื่องจากภูมิต้านทานลดลง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ร่างกายจะต้องได้รับอาหารโปรตีนสูงที่และคุณภาพอย่างต่อเนื่อง (ศศุภางค์ มุสิกบุญเลิศ, 2557)

อัลบูมินนับว่าเป็นโปรตีนที่น่าสนใจในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโปรตีนสูง เนื่องจากเป็นโปรตีนจากไข่ขาว ซึ่งมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน หาได้ง่าย ราคาถูก อีกทั้งอัลบูมินยังมีบทบาทสำคัญในร่างกาย คือ เป็นโปรตีนที่มีอยู่มากที่สุดในพลาสมาของคน และเป็นตัวชี้วัดปริมาณโปรตีนในเลือดซึ่งสัมภันธ์กับภาวะต่างๆ ของร่างกาย ทำให้มีการนำอัลบูมินมาใช้ในเชิงการแพทย์

มากมาย เช่น ใช้เป็นสารปฐมภูมิในการแทนที่พลาสมา (therapeutic plasma exchange), ตับแข็งและเยื่อบุช่องท้องอักเสบเนื่องจากแบคทีเรีย (cirrhosis with spontaneous bacterial peritonitis), การเจาะรักษาภาวะท้องมาน (large-volume therapeutic paracentesis), โปรตีนรั่วในปัสสาวะ (nephrotic syndrome) และ ภาวะโปรตีนในเลือดต่ำ (hypoalbuminemia) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณการใช้อัลบูมิน (albumin dosing) ในการรักษาไม่มีมาตรฐานกำหนดอย่างแน่ชัด ขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นอัลบูมินของตัวผู้ป่วย การตอบสนอง และสภาะทางร่างกายของผู้ป่วย (Winkler and Shaz, 2009) ซึ่งการพัฒนาเป็นอาหารที่สามารถกล่าวอ้างทางโภชนาการว่ามีโปรตีนสูงได้ คือ มีโปรตีนอยู่ไม่น้อยกว่า 10 ก. ต่ออาหาร 100 ก. หรือ ไม่น้อยกว่า 5 ก. ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี (อาหารที่เป็นของแข็ง) และ ไม่น้อยกว่า 5ก. ต่อ 100 มล. หรือ ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี (อาหารที่เป็นของเหลว) ตามหลักเกณฑ์ในการกล่าวอ้างทางโภชนาการบนฉลากอาหาร แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ.2541 บัญชีหมายเลข 4

อาหารประเภทเจลที่จะพัฒนาขึ้นในการวิจัยครั้งนี้ มีข้อกฎหมายประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่เกี่ยวข้อง 3 ฉบับ คือ ฉบับที่ 238 พ.ศ. 2544 และ ฉบับที่ 357 พ.ศ. 2556 เรื่อง อาหารมีวัตถุประสงค์พิเศษ และ ฉบับที่ 355 พ.ศ.2556 เรื่องอาหารในภาชนะ บรรจุที่ปิดสนิท

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินงานวิจัย

## 3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 โปรตีนอัลบูมิน ตรา AlbuQuik แบ่งบรรจุโดย บริษัท พลัสพอยท์ จำกัด ภายใต้ลิขสิทธิ์ การควบคุม และจัดจำหน่ายโดย บริษัท กินอยู่ดี จำกัด

3.1.2 เวย์โปรตีนไอโซเลท ตรา Hilmar$^{tm}$ 9010 จากบริษัท Hilmar Ingredients จำกัด จัดจำหน่ายโดย บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด

3.1.3 กาแฟผงสำเร็จรูปผสมกาแฟคั่วบดละเอียด ตรา NESCAFÉ Red Cup จาก ผลิตโดย บริษัท Quality Coffee Products จำกัด ภายใต้ลิขสิทธิ์ การควบคุม และจัดจำหน่ายโดย บริษัท เนสท์เล่ (ไทย) จำกัด

3.1.4 น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ ตรา ลิน ผลิตโดยบริษัท น้ำตาลพิษณุโลก จำกัด

## 3.2 สารเคมีที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 สารให้กลิ่นรสกาแฟ จากบริษัท Taste&blend จำกัด

## 3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

- บีกเกอร์ขนาด 250 ml
- กระบอกตวงขนาด 250 ml
- ช้อนตักสาร
- แท่งแก้วคน
- กระดาษชั่งสาร
- หลอด centrifuge ขนาด 50 ml
- Thermocouple
- แม่พิมพ์อะลูมิเนียมทรงกระบอกม ความสูง ½ นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว

**3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง/การวิเคราะห์**

- เครื่อง Texture Analyzer TA-XT2i บริษัท Charpa Techcenter Co.,Ltd.
- เครื่อง Centrifuge UNIVERSAL 320 R บริษัท Andreas Hettich GmbH & Co.KG, Germany
- เครื่อง Water bath Memmert WNB45 บริษัท Memmert GmbH + Co. KG, Germany
- เครื่องวัดสี Konica Minolta model : CR-400, Osaka, Japan
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง Scaltec Instrument GmbH, SBC 31, Goettingen, Germany

**3.5 วิธีการทดลอง**

**3.5.1 การเตรียมสารละลายโปรตีน**

เตรียมสารละลายโปรตีนโดยการละลายโปรตีนไข่ขาว และเวย์โปรตีนไอโซเลทตามสัดส่วนโปรตีนดังแสดงในตารางที่ 3.1 ในน้ำ 200 ml ในบีกเกอร์ขนาด 250 ml คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน และเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C ตลอดคืนเพื่อให้โปรตีนดูดน้ำได้สมบูรณ์

**ตารางที่ 3.1** การแปรสัดส่วนโปรตีนในสารละลายโปรตีนปฐมภูมิ

| สูตร | ปริมาณโปรตีนไข่ขาว (g) / 200 ml | ปริมาณเวย์โปรตีนไอโซเลท (g) / 200 ml |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 15 |
| 2 | 2.5 | 12.5 |
| 3 | 5 | 10 |
| 4 | 7.5 | 7.5 |
| 5 | 10 | 5 |
| 6 | 12.5 | 2.5 |
| 7 | 15 | 0 |

**3.5.2 การขึ้นรูปเจลโปรตีน**

ตั้งสารละลายโปรตีนไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที จากนั้นให้ความร้อนโดยใช้ water bath กำหนดอุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จนอุณหภูมิแกนกลางของเจลโปรตีนถึง 72 °C และคงไว้เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นนำออกจาก water bath ทิ้งให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง และเก็บในอุณหภูมิ 4 °C

### 3.5.3 การปรับปรุงกลิ่นรส

เตรียมสารละลายโปรตีนตามสัดส่วนที่เลือกจากข้อ 3.5.1 เติมน้ำตาลทราย 15.65 g และละลายในน้ำ 190 ml ใส่น้ำกาแฟ 10 ml (เตรียมขึ้นจากกาแฟผงสำเร็จรูป จำนวน 2 g ในน้ำกรอง 100 ml) ปิเปตสารให้กลิ่นรสกาแฟตามสัดส่วนมีการแปรค่าโปรตีนดังแสดงในตารางที่ 3.2 ในบีกเกอร์ขนาด 250 ml คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C ตลอดคืน เพื่อให้โปรตีนดูดน้ำได้สมบูรณ์

**ตารางที่ 3.2** การแปรสัดส่วนสารให้กลิ่นรสกาแฟ

| สูตร | ปริมาณสารให้กลิ่นรสกาแฟ (% v/v) |
|---|---|
| 1 | 0.025 |
| 2 | 0.050 |
| 3 | 0.075 |

### 3.5.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บของผลิตภัณฑ์

เตรียมสารละลายโปรตีนที่เลือกจากข้อ 3.5.3 และขึ้นรูปเจลโปรตีน เช่นเดียวกับข้อ 3.5.2 เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะเนื้อสัมผัส การขับน้ำออกจากเจล และสี ระหว่างการเก็บรักษา ณ วันที่ 0, 4, 7, 11 และ 14 ของการทดลอง

## 3.6 วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์

### 3.6.1 Texture Profile Analysis

เตรียมสารละลายโปรตีนเช่นเดียวกับข้อ 3.5.1 หรือ 3.5.3 ขึ้นรูปด้วยการทำให้แข็งตัวด้วยความร้อนเช่นเดียวกับข้อ 3.5.2 วัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA-XT2i ตั้งค่ามาตรฐานด้วยน้ำหนักถ่วง 1000g ใช้หัววัด P/100 วัดเจลตัวอย่างที่ตัดให้เท่ากันด้วยแม่พิมพ์อะลูมิเนียมทรงกลม ความสูง1/2นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว และประมวลผลด้วยโปรแกรม Texture Exponent Lite Express โดยตั้งค่าโปรแกรมดังนี้ Option : TPA, Pre-test speed : 5 mm/s, Test speed : 1 mm/s, Post-test speed : 1 mm/s, Distance : 30% strain, Trigger type : Auto-5g, Time : 35 sec และ Date acquisition rate : 10 pps ทำ 4 ครั้งต่อซ้ำ และทำซ้ำ 3 ซ้ำ

### 3.6.2 การขับน้ำออกจากเจล (ดัดแปลงจาก Banerjee and Bhattacharya, 2011)

เตรียมสารละลายโปรตีนเช่นเดียวกับข้อ 3.5.1 หรือ 3.5.3 ใส่สารละลายโปรตีนปฐมภูมิปริมาตร 30 ml ลงในหลอด centrifuge ขนาด 50 ml ขึ้นรูปด้วยการทำให้แข็งตัวด้วยความร้อนเช่นเดียวกับข้อ 3.5.2 ทิ้งไว้จนอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก ($m_1$) จากนั้นเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำตัวอย่างไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ด้วยความเร็ว 4500 rpm ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 10 นาที เทของเหลวใสที่อยู่ด้านบนออก ชั่งน้ำหนักเจล ($m_2$) ทำ 3 ครั้งต่อซ้ำ และทำซ้ำ 3 ซ้ำ ค่าการขับน้ำออกจากเจล (syneresis) คิดอยู่ในรูปร้อยละดังนี้

$$\text{ค่าการขับน้ำออกจากเจล \%} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} x\ 100$$

### 3.6.3 การวัดสี (Hwang et al., 2013)

วัดค่าสีของเจลโปรตีนระหว่างการโดยใช้เครื่องวัดสี (Konica Minolta model : CR-400, Osaka, Japan) ใช้จานพลาสติกสีขาวเป็นตัววัดค่ามาตรฐาน จากนั้นทำการวัดค่า CIE L*,a*,b* บน 3 ตำแหน่งที่ต่างกันของเจลโปรตีนแต่ละชิ้น ทำซ้ำ 3 ซ้ำ โดยค่า L* หมายถึงค่าความสว่าง (100-0) a* แสดงสีเขียวและสีแดง (-/+) b* แสดงสีฟ้าและสีเหลือง (-/+)

### 3.6.4 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบความชอบโดยใช้ 9-point Hedonic test โดยแปรความเข้มของสารให้กลิ่นรสกาแฟเป็นร้อยละ 0.025, 0.05 และ 0.075 (v/v) สำหรับตัวอย่างควบคุม ได้แก่ ตัวอย่างที่ไม่ใส่สารให้กลิ่นรสกาแฟ ทดสอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม กำหนดรหัสตัวอย่างด้วยตัวเลข 0-9 จำนวน 3 หลักลงบนตัวอย่างที่จัดเตรียมไว้ทั้ง 4 สูตรไม่ให้ซ้ำกัน จัดวางแบบสุ่ม ให้ผู้ทดสอบชิมทีละสูตรเริ่มจากซ้ายไปขวา ให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ลงในแบบประเมิน ก่อนชิมตัวอย่างถัดไปควรรับประทานขนมปังที่เตรียมให้ และดื่มน้ำทุกครั้งก่อนเพื่อตัดกลิ่นรส และเว้นระยะห่างอย่างน้อย 3 นาที โดยผู้เข้าร่วมการทดสอบเป็นนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งเพศชายและหญิง อายุ 18-25 ปี จำนวน 34 คน

### 3.6.5 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ใช้การประมวลผลโดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (Analysis of variance; One-way ANOVA) และใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วย Duncan’s New

Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในการวิเคราะห์ Texture Profile Analysis, การขับน้ำออกจากเจล และการวัดสี

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ใช้การประมวลผลโดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว แบบ One-way ANOVA และใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วย DNMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในการวิเคราะห์การทดสอบความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ใช้การเปรียบเทียบ t-test (Mean One Sample Test, ตัวอย่างอิสระสำหรับค่าเฉลี่ย) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเจลตัวอย่างก่อนและหลังปรับกลิ่นรส

# บทที่ 4

# ผลการวิจัย และวิจารณ์ผล

## 4.1 การศึกษาหาเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมกับผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวกลืน

### 4.1.1 การศึกษาเนื้อสัมผัสของเจลที่แปรสัดส่วนระหว่างโปรตีนอัลบูมิน และเวย์โปรตีนไอโซเลทท

เตรียมสารละลายโปรตีนอัลบูมินและเวย์โปรตีนอัตราส่วน 15:0, 12.5:2.5, 10:5, 7.5:7.5, 5:10, 2.5:12.5, 0:15 g/200 mL ให้ความร้อนโดยใช้ water bath กำหนดอุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลาหนึ่งคืน จากนั้นตัดเจลตัวอย่างเป็นทรงกระบอกขนาด ความสูง ½ นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว นำไปวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer โดยใช้ Nutri Jelly เป็นตัวอย่างอ้างอิง

**ตารางที่ 4.1** เนื้อสัมผัสของเจลโปรตีนเมื่อแปรสัดส่วนของโปรตีนอัลบูมินและเวย์โปรตีนไอโซเลท

| สัดส่วนระหว่างโปรตีนอัลบูมิน: เวย์โปรตีนไอโซเลท | Hardness ($N/m^2$) | Adhesiveness (g.sec) | Springiness (sec/sec) | Chewiness (g.sec/g.sec) | Gumminess (g) | Cohesiveness (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 : 15 | - | - | - | - | - | - |
| 2.5 : 12.5 | $1978^{d}$±116 | $-22^{b}$±2.24 | $0.66^{d}$±0.03 | $45.31^{de}$±6.24 | $68.15^{d}$±6.48 | $0.67^{d}$±0.03 |
| 5 : 10 | $1733^{d}$±168 | $-9.2^{b}$±7.78 | $0.78^{c}$±0.01 | $44.92^{de}$±7.09 | $57.46^{d}$±8.08 | $0.64^{d}$±0.03 |
| 7.5 : 7.5 | $1988^{d}$±214 | $-4.9^{b}$±3.46 | $0.96^{a}$±0.01 | $73.08^{cd}$±8.88 | $76.01^{cd}$±9.68 | $0.74^{c}$±0.02 |
| 10 : 0.5 | $2226^{d}$±243 | $-1.3^{b}$±2.00 | $0.97^{a}$±0.01 | $99.52^{c}$±12.94 | $102.08^{c}$±12.64 | $0.89^{b}$±0.02 |
| 12.5 : 2.5 | $3026^{c}$±532 | $-2.3^{b}$±3.25 | $0.98^{a}$±0.01 | $143.6^{b}$±28.78 | $146.84^{b}$±28.81 | $0.94^{a}$±0.03 |
| 15 : 0 | $4708^{a}$±552 | $-19^{b}$±30.33 | $0.98^{a}$±0.00 | $230.34^{a}$±31.27 | $235.2\pm^{a}31.02$ | $0.97^{a}$±0.01 |
| Nutri Jelly | $3656^{b}$±182 | $-218^{a}$±26.71 | $0.85^{b}$±0.02 | $38.9^{e}$±2.46 | $45.9^{d}$±1.59 | $0.24^{e}$±0.01 |

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a,b... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับไว้ตามแนวตั้ง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเจลพบว่าตัวอย่างเจลที่มีอัตราส่วนระหว่างโปรตีนอัลบูมิน และเวย์โปรตีนไอโซเลทมีค่า hardness แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่อัตราส่วน 15:0 g/200ml เจลมีค่า hardness สูงที่สุด เมื่ออัตราส่วนของโปรตีนอัลบูมินลดลงส่งผลให้ค่า hardness ลดลงตามลำดับ เนื่องจากปริมาณโปรตีนอัลบูมินเพิ่มสมบัติการเกิด coagulation เมื่อให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ โปรตีนจะเสียสภาพ เกิดการคลายตัวของสาย polypeptides และการแตกของพันธะไฮโดรเจน เมื่อให้ความร้อนต่อไปโปรตีนจะจัดเรียงตัวเป็นโครงร่างตาข่ายของเจลโดยอาศัยพันธะโปรตีน–โปรตีน ระหว่างโอวัลบูมิน คอนอัลบูมิน และไลโซไซม์ ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดเป็นโครงสร้าง $\beta$-sheet ระหว่างโมเลกุล ส่งผลให้ค่า hardness ของเจลเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของโปรตีนอัลบูมิน (ปราณี วัฒนพงษ์, 2539) นอกจากนี้ค่า hardness มีผลมาจากความสามารถในการเกิดเจลของเวย์โปรตีนไอโซเลทโดยเมื่อนำเวย์โปรตีนไอโซเลทผ่านการให้ความร้อนส่งผลให้เกิดการเสียสภาพของเสียสภาพของ $\beta$-lactoglobulin แล้วเกิดการรวมตัวด้วย ไดซัลไฟด์บอนด์, ไฮโดรเจนบอนด์ และ ปฏิกิริยาไม่ชอบน้ำ โดยความแข็งแรงของเจลขึ้นอยู่กับความเข้ม (%w/v) จากงานวิจัยพบว่าความเข้มต่ำสุดของเวย์โปรตีนไอโซเลทที่สามารถเกิดเจลที่แข็งแรงได้คือ 14 %w/v (Singh and Havea, 2003)

เมื่อพิจารณาค่า hardness ของเจลโปรตีนทุกอัตราส่วนจัดอยู่ใน UDF 4 ซึ่งเหมาะสมต่อผู้ที่มีภาวะกลืนลำบาก (มีค่า hardness $\leq 5\times10^3$ N/m$^2$) (ศิริกาญจน์ วิเศษสุวรรณภูมิ, 2560) เมื่อพิจารณาค่า gumminess บ่งบอกถึงพลังงานในการเคี้ยวกลืน พบว่าที่อัตราส่วน 2.5:12.5, 5:10, 7.5:7.5 g/200ml มีค่าไม่แตกต่างจากที่วัดได้ในตัวอย่าง Nutri jelly อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ผู้วิจัยจึงตัดสินเลือกอัตราส่วนที่ 7.5:7.5 g/200ml เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนอัลบูมินสูงที่สุดจากอัตราส่วนดังกล่าว

### 4.1.2 การศึกษาการขับน้ำออกของเจลโปรตีนจากการแปรสัดส่วนระหว่างโปรตีนไข่ขาวและเวย์โปรตีนไอโซเลท

เตรียมสารละลายโปรตีนเช่นเดียวกับข้อ 4.1.1 ใส่สารละลายโปรตีนปริมาตร 30 ml ลงในหลอด centrifuge ขนาด 50 ml การขึ้นรูปด้วยการทำให้แข็งตัวด้วยความร้อนเช่นเดียวกับข้อ 4.1.1 จากนั้นเก็บที่ 4 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำตัวอย่างไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 4500 rpm 10 นาที

**ตารางที่ 4.2** การขับน้ำของเจลโปรตีนที่แปรสัดส่วนระหว่างโปรตีนอัลบูมิน และเวย์โปรตีนไอโซเลท

| สัดส่วนระหว่าง โปรตีนอัลบูมิน:เวย์โปรตีนไอโซเลท (g/200ml) | Syneresis (%w/w) |
|---|---|
| 0 : 15 | $39.64^{a}$±0.48 |
| 2.5 : 12.5 | $4.45^{b}$±0.37 |
| 5 : 10 | $1.51^{c}$±0.10 |
| 7.5 : 7.5 | $1.15^{cd}$±0.15 |
| 10 : 5 | $0.95^{d}$±0.07 |
| 12.5 : 2.5 | $0.73^{de}$±0.04 |
| 15 : 0 | $0.50^{e}$±0.04 |

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
a,b... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับไว้ตามแนวตั้ง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลวิเคราะห์การขับน้ำของเจลพบว่าอัตราส่วนระหว่างโปรตีนอัลบูมิน และเวย์โปรตีนไอโซเลทมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ดูผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้จากตาราง ง.7, ภาคผนวก ง.) โดยอัตราส่วนระหว่างของโปรตีนอัลบูมินและเวย์โปรตีนที่อัตราส่วน 0:15 มีค่าการขับออกของน้ำ 39.64%w/w ที่อัตราส่วน 2.5:12.5, 5:10, 7.5:7.5, 10:15, 12.5:2.5, 15:0 มีค่าการขับน้ำลดลงตามลำดับ เมื่อพิจาราณา ตารางที่ 4.1 พบว่าความแข็งของเจลโปรตีนส่งผลต่อการขับน้ำของเจล เมื่อค่าความแข็งของเจลโปรตีนเพิ่มขึ้นค่าการขับน้ำลดลง เนื่องจากค่าการขับน้ำของเจลขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของเจล เจลที่มีความแข็งแรงสูงจะสามารถกักเก็บน้ำไว้ภายในเจลได้ดี จึงเกิดการแยกตัวของน้ำน้อยลง (กุสุมา ทินกร ณ อยุธยา และนัทมน พุฒดวง, 2559)

## 4.2 การศึกษาเจลโปรตีนเมื่อปรับกลิ่นรสกาแฟ

### 4.2.1 ความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของเจลโปรตีน

นำสารละลายโปรตีนที่มีอัตราส่วนระหว่างโปรตีนอัลบูมิน และเวย์โปรตีนไอโซเลทที่ 7.5:7.5 g /200ml แต่งกลิ่นรสโดยแปรสารให้กลิ่นรสกาแฟความเข้มข้น 0.025 %(v/v), 0.050 %(v/v) และ 0.075 %(v/v) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภค

**ตารางที่ 4.3** คะแนนความชอบของเจลโปรตีน

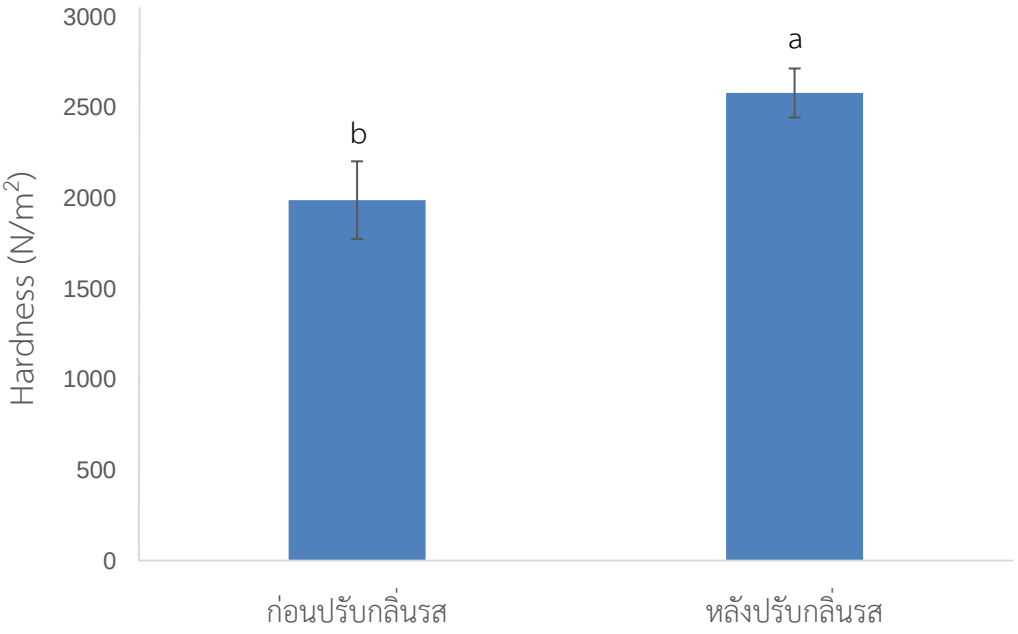
| กลิ่นรสกาแฟ | คุณลักษณะ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| %(v/v) | ลักษณะปรากฏ$^{ns}$ | กลิ่น | เนื้อสัมผัส$^{ns}$ | รสชาติ | ความชอบโดยรวม |
| 0 | 5.76±1.33 | 2.32$^{c}$±1.07 | 5.94±1.61 | 2.21$^{d}$±0.77 | 2.18$^{d}$±0.76 |
| 0.025 | 5.76±1.33 | 4.38$^{b}$±1.23 | 5.79±1.74 | 4.91$^{c}$±1.03 | 4.62$^{c}$±0.65 |
| 0.05 | 5.91±1.08 | 5.88$^{a}$±1.01 | 5.94±1.50 | 6.44$^{a}$±1.11 | 6.35$^{a}$±0.01 |
| 0.075 | 5.74±1.19 | 6.09$^{a}$±1.11 | 5.82±1.45 | 5.56$^{b}$±1.24 | 5.44$^{b}$±0.93 |

รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล
a,b... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับไว้ในแนวตั้ง แตกต่างอย่างมีนียสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

จากผลวิเคราะห์ (ตารางที่ 4.3) พบว่าเมื่อแปรปริมาณกลิ่นรสกาแฟ จะไม่ส่งผลต่อคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัส ส่วนคะแนนความชอบด้านทางกลิ่น รสชาติ และการความชอบโดยรวมนั้น พบว่าเมื่อแปรปริมาณกลิ่นรสกาแฟ ส่งผลให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาผลในด้านกลิ่นพบว่าตัวอย่างที่เติมกลิ่นรสกาแฟ 0.050 %(v/v) และ 0.075 %(v/v) มีคะแนนความชอบที่สูงสุด และยังพบอีกว่าตัวอย่างที่เติมการเติ่มกลิ่นกาแฟ 0.05%v/v มีคะแนนความชอบด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ทั้งนี้จะเห็นได้ว่ากลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์มีความสอดคล้องส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภค เมื่อปรับกลิ่นรสด้วยสารให้กลิ่นกาแฟพบว่ามีค่าความชอบด้านกลิ่น และรสชาติเพิ่มขึ้น เนื่องการสารให้กลิ่นรสกาแฟมีคุณสมบัติเป็นสารกลบกลิ่น (Cadwallader, 2015) นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกว่าไนโตรเจนที่อยู่ในโมเลกุลของของคาเฟอีนสามารถกลบกลิ่นไฮโดรเจนซัลไฟด์ในไข่ขาวได้ (Kante et al., 2012)

จากผลการทดลองข้างต้น ผู้วิจัยตัดสินใจเลือกการเติมกลิ่นรสกาแฟ 0.05%(v/v) มาทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บในขั้นต่อไป เนื่องจากความชอบทางด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากเติมกลิ่นรสกาแฟ 0.075 %(v/v) เป็นการประหยัดต้นทุนในการผลิต นอกจากนี้ความชอบทางด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมมีคะแนนสูงที่สุด

### 4.2.2 การเปรียบเทียบเนื้อสัมผัสของเจลโปรตีนระหว่างก่อน และหลังการปรุงกลิ่นรส




รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

a,b... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับไว้ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**รูปที่ 4.1** ค่า hardness ของเจลโปรตีนระหว่างก่อน และหลังการปรุงกลิ่นรส

จากผลวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเจลโปรตีน (รูปที่ 4.1) พบว่าเจลโปรตีนหลังการปรับกลิ่นรสมีค่า hardness มากกว่าก่อนปรับกลิ่นรสมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเกิดจากน้ำตาลที่เติมลงไปช่วยเพิ่มเสถียรภาพของ ovalbumin และ ovotranferrin โดยน้ำตาลจะช่วยเพิ่มความแข็งของเจลโปรตีน โดยช่วยสร้างพันธะระหว่างโปรตีน-โปรตีน (Khemakhem el al., 2019) นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า hardnessของตัวอย่างที่ปรับกลิ่นรสแล้วอยู่ในเกณฑ์ UDF 4 ซึ่งเหมาะสมต่อผู้ที่มีภาวะกลืนลำบาก (มีค่า hardness $\leq 5\times10^3$ N/m$^2$) (ศิริกาญจน์ วิเศษสุวรรณภูมิ, 2560) ผู้วิจัยจึงนำเจลโปรตีนหลังปรุงกลิ่นรสไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างระยะการเก็บของผลิตภัณฑ์ต่อไป

### 4.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างระยะการเก็บ

#### 4.3.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของเจลโปรตีนระหว่างระยะการเก็บ

**ตารางที่ 4.4** เนื้อสัมผัสของเจลโปรตีนระหว่างระยะการเก็บ

| ระยะการเก็บ | คุณลักษณะ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (วัน) | Hardness$^{ns}$ | Adhesiveness$^{ns}$ | Springness$^{ns}$ | Chewiness$^{ns}$ | Gumminess$^{ns}$ | Cohesiveness$^{ns}$ |
| 0 | 2579±135 | -9.34±3.31 | 0.95±0.00 | 110.81±5.23 | 116.03±5.22 | 0.87±0.02 |
| 4 | 2706±160 | -5.66±3.28 | 0.96±0.02 | 119.52±8.34 | 124.89±6.42 | 0.89±0.02 |
| 7 | 2765±225 | -3.21±0.23 | 0.96±0.01 | 124.84±13.27 | 130.03±12.38 | 0.91±0.02 |
| 11 | 2554±307 | -7.36±6.55 | 0.95±0.00 | 110.33±16.43 | 115.99±17.73 | 0.88±0.04 |
| 14 | 2810±250 | -10.43±8.81 | 0.96±0.01 | 126.88±8.63 | 131.91±8.44 | 0.91±0.03 |

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ผลวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเจลโปรตีนระหว่างการระยะการเก็บ แสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นจนถึง 14 วัน ค่าวิเคราะห์ทางคุณสมบัติทุกด้านไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทั้งนี้อาจเกิดจากระยะเวลาการเก็บรักษาไม่นานพอที่จะทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะค่า hardness ตามระยะการเก็บ พบว่าค่า hardness มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากโครงร่างตาข่ายสามมิติของเจลเกิดการหดตัว (Quan and Benjakul, 2017) และเกิดการจับกันของโปรตีนไข่ขาวแน่นขึ้นเป็นกลุ่มๆ โดยเกิดโครงร่างระหว่างพันธะไดซัลไฟด์ (วิภาศรี สุวรรณผล, 2557) จึงทำให้ค่าความแข็งของเจลดังกล่าวมีแนวโน้มที่สูงขึ้น

### 4.3.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการขับน้ำออกของเจลโปรตีนระหว่างระยะการเก็บ

**ตารางที่ 4.5** การเปลี่ยนแปลงการขับน้ำออกของเจลโปรตีนระหว่างระยะการเก็บ

| ระยะการเก็บ | Syneresis $^{ns}$ (%w/w) |
|---|---|
| วันที่ 1 | 0.93±0.03 |
| วันที่ 4 | 0.90±0.06 |
| วันที่ 7 | 0.92±0.03 |
| วันที่ 11 | 0.93±0.02 |
| วันที่ 14 | 0.96±0.04 |

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

จากผลวิเคราะห์การขับน้ำออกของเจลโปรตีนระหว่างการระยะการเก็บ แสดงในตารางที่4.5 พบว่าเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นจนถึง 14 วัน ค่าการขัยน้ำของเจลโปรตีนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทั้งนี้อาจเกิดจากระยะเวลาการเก็บรักษาไม่นานพอที่จะทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อพิจารณาค่าการขับของน้ำของเจลโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามระยะการเก็บ อาจเกิดจากการเก็บในอุณหูมิเย็นส่งผลให้โครงร่างตาข่ายสามมิติของเจลโปรตีนเกิดการหดตัวและถูกทำลาย จึงมีแนวโน้มการขับน้ำของเจลเพิ่มมากขึ้น (ปราณี วัฒนพงษ์, 2539) ซึ่งสอดคล้องกับค่า hardness ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บ

### 4.3.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของเจลโปรตีนระหว่างระยะการเก็บ

**ตารางที่ 4.6** การเปลี่ยนแปลงสีของเจลโปรตีนระหว่างระยะการเก็บ

| | ระยะเวลาการเก็บ(วัน) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 4 | 7 | 11 | 14 |
| $L^{*ns}$ | 72.33±0.82 | 71.93±0.45 | 72.43±0.59 | 72.34±0.061 | 72.72±0.35 |
| $a^{*ns}$ | 1.50±0.02 | 1.51±0.04 | 1.51±0.03 | 1.51±0.03 | 1.52±0.04 |
| $b^{*ns}$ | 4.78±0.23 | 4.59±0.20 | 4.84±0.02 | 4.88±0.14 | 4.83±0.27 |
| $\Delta E^{*ns}$ | | 0.16±0.10 | 0.24±0.11 | 0.05±0.02 | 0.10±0.71 |

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

จากผลวิเคราะห์สีของเจลโปรตีนระหว่างการระยะการเก็บ แสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าเมื่อเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นจนถึง 14 วัน ค่าสีของเจลโปรตีนไม่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เจลโปรตีนมีค่าสี L* อยู่ในช่วง 71.93 ถึง 72.72 ค่า a* อยู่ในช่วง 1.50 ถึง 2.52 และค่า b* อยู่ในช่วง 4.59 ถึง 4.88 นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบค่า ΔE (ค่าความแตกต่างของสี) ระหว่างแต่ระยะการเก็บของแต่ละวันกับวันที่ 0 พบว่ามีค่าน้อยกว่า 5 อาจกล่าวได้ว่าผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีที่เปลี่ยนไประหว่างการเก็บได้ด้วยตาเปล่า (Luchese el al., 2018)

# บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

- สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีอัลบูมินให้รับประทานได้ง่าย มีลักษณะเนื้อสัมผัสเหมาะสมกับผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน
- มีโปรตีนรวม 15 g ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค และมีอัลบูมินทดแทนไข่ขาวได้ 2 ฟองต่อหนึ่งหน่วยบริโภค เหมาะสมกับผู้ที่มีปัญหาการขาดโปรตีนหรือผู้ที่ต้องการโปรตีน

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

- คะแนนการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ควรพัฒนาสูตรต่อไปในอนาคต เช่น ลดกลิ่นไข่ขาวให้น้อยลง
- จากการที่น้ำตาลส่งผลให้ความแข็งของเจลเพิ่มขึ้น การพัฒนาสูตรต่อโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลอาจช่วยปัญหานี้ได้
- พบปัญหาการกระจายตัวของโปรตีนไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งผลิตภัณฑ์สุดท้าย ควรพัฒนาสูตรต่อไปโดยใช้สารเพิ่มความคงตัวที่เหมาะสม
- ควรใช้บรรจุภัณฑ์ซึ่งเหมาะสมต่อลักษณะการบริโภคของเจลมากขึ้น

# เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. บัญชีหมายเลข 4 แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ.2541 เรื่องหลักเกณฑ์ในการกล่าวอ้างโภชนาการบนฉลากอาหาร. ม.ป.ป. ค้นเมื่อ 19 กันยายน 2561, จาก elib.fda.moph.go.th/library/fulltext1/word/12578/ประกาศ8-4.doc

กุสุมา ทินกร ณ อยุธยา และ นัทมน พุฒดวง. (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชเพื่อสุขภาพ. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 11. 1: 13-20.

เกียรติคุณ ไกรพิบูลย์. (2556). แอลบูมิน (Albumin). ค้นเมื่อ 12 เมษายน 2561, จาก http://haamor.com/th/แอลบูมิน/

ฐนิต วินิจจะกูล. (2559). การประเมินระดับโปรตีนในเลือด. ค้นเมื่อ 22 เมษายน 2561, จาก http://sheacademy.in.th/?p=1070

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2555). Whey / เวย์. ค้นเมื่อ 19 กันยายน 2561, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word//0554/whey-เวย์

ปราณี วัฒนพงศ์. (2539). การผลิตและการประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์ไข่เหลวที่ลดคอเลสเทอรอล. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คู่มือปฏิบัติการรายวิชา 2314481 Food Quality Assurance Laboratory. ใน ลักษณะเนื้อสัมผัส, หน้า 5-8. ม.ป.ท. : ม.ป.พ., 2561.

วิภาศรี สุวรรณผล. (2557). การพัฒนากระบวนการผลิตไข่ขาวแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศศุภางก์ มุสิกบุญเลิศ. (2557). การรักษาผู้ป่วยกลืนลำบาก. ในเอกสารการประชุมวิชาการประจำปี เรื่อง ACRO สู่ความเป็นเลิศทางวิชาการ, หน้า 16-19. 15 พฤศจิกายน 2557. ขอนแก่น : คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยของแก่น.

ศิริกาญจน์ วิเศษสุวรรณภูมิ. (2560). จากอาหารพระราชทานสู่นวัตกรรมอาหารเพื่อผู้ป่วยและผู้สูงวัย. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ. 87: 43-47.

สายสมร พูลพันธ์. (2547). ผลของสารที่ทำให้เกิดเจลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่รสนมผสมน้ำสตรอเบอร์รี่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัย ศิลปากร.

Abeyrathne, E.D.N.S., Lee, H.Y., and Ahn, D.U. (2013). Egg white proteins and their potential use in food processing or as nutraceutical and pharmaceutical agents. Poultry Science. 92: 3292-3299.

Alleoni, A.C.C. (2006). Albumen protein and functional properties of gelation and foaming. Scientia Agricola. 63(3): 291-298.

Banerjee, S., and Bhattacharya, S. (2011). Compressive textural attributes, opacity and syneresis of gels prepared from gellan, agar and their mixtures. Journal of Food Engineering. 102: 287-292.

Cadwallader, K. (2015). Flavor challenges and solutions for high protein functional foods and beverages. Protein Trends and Technologies Seminar 2015. Retrieved July 08, 2019 from https://www.globalfoodforums.com/wp-content/uploads/2015/05/2015-PTT-Flavor-Challenge-Keith-Cadwallader.pdf.

Chaux-Gutiérrez, A.M., Pérez-Monterroza, E.J., and Mauro, M.A. (2019). Rheological and structural characterization of gels from albumin and low methoxyl amidated pectin mixtures. Food Hydrocolloids. 92: 60-68.

Derkach, S.R., Voron'ko, N.G., Kuchina, Y.A., Kolotova, D.S., Gordeeva, A.M., Faizullin, D.A., Gusev, Y.A., Zuev, Y.F., and Makshakova, O.M. (2018). Molecular structure and properties of **K**-carrageenan-gelatin gels. Carbohydrate Polymers. 197: 66-74.

Dong, M., Xue, A., Wang, L., and Xia, Y. (2018). NaOH induced the complete dissolution of **ι**-carrageenan and the corresponding mechanism. Polymer. 151: 334-339.

Hwang, K.E., Choi, Y.S., Choi, S.M., Kim, H.W., Choi, J.H., Lee, M.A., and Kim, C.J. (2013). Antioxidant action of Ganghwayaksuk (Artemisia princeps Pamp.) in combination with ascorbic acid to increase the shelf life in raw and deeped fried chicken nuggets. Meat Science 95: 593-602.

Kante, K., Nieto-Delgado, C., Rangel-Mendez, J.R., and Bandosz. T.J. (2012). Spent coffee-based activated carbon: Specific surface features and their importance for H2S separation process. Journal of Hazardous Materials, 141: 201-202.

Khemakhem, M., Attia, H., and Ayadi, M.A. (2019). The effect of pH, sucrose, salt and hydrocolloid gums on the gelling properties and water holding capacity of egg white gel. Food Hydrocolloids. 87: 11-19.

Lechevalier, V., Guerin-Dubiard, C., Anton, M., Beaumal, V., Briand, E.D., Gillard, A., Gouar, Y.L., Musikaphun, N., Pasco, M., Dupont, D., and Nau, F. (2017). Effect of dry heat treatment of egg white powder on its functional, nutritional and allergenic properties. Journal of Food Engineering. 195: 40-51.

Li, Q., and Zhao, Z. (2018). Interaction between lactoferrin and whey proteins and its influence on the heat-induced gelation of whey proteins. Food Chemistry. 252: 92-98.

Luchese, C.L., Abdalla, V.F., and Spada, J.C. (2018). Evaluation of blueberry residue incorporated cassava starch film as pH indicator in different simulants and foodstuffs. Food Hydrocolloids. 82: 209-218.

Ma, S., Zhao, S., Zhang, Y., Yu, Y., Liu, J., and Xu, M. (2013). Quality characteristic of spray-drying egg white powders. Molecular biology report. 40(10): 83-5567.

Marshall. K., (2004). Therapeutic Applications of Whey Protein. Alternative Medicine Review. 9(2) :136-156.

Onnom, J. (2011). Comparison of Nutritional Status among Continuous Ambulatory Peritonea Dialysis Patients Receiving Egg White and Whey Protein Powder Seasoning. Retrieved April 22, 2018 from https://www.hemomin.com/albumin

Quan, T.H., and Benjakul, S. (2018). Quality, protease inhibitor and gelling property of duck egg albumen as affected by storage conditions. Journal of Food Science and Technology. 55(2): 513–522.

Selmer, I., Kleeman, C., Kulozik, U., Heinrich, S., and Smirnova, I. (2015). Development of egg white protein aerogels as new matrix material for microencapsulation in food. The Journal of Supercritical Fluids. 106: 42-49.

Singh, H., and Havea, P. (2003). Thermal denaturation, aggregation and gelation of whey proteins. Advanced Dairy Chemistry. 1(3): 1261-1287.

Sánchez-gimeno, A.C., Vercet, A., and López-buesa, P. (2006). Studies of ovalbumin gelation in the presence of carrageenans and after manothermosonication treatments. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 7, 270–274.

Taylor, L.M., Kalantar-Zadeh, K., Markewich, T., Colman, S., Benner, D., Sim, J.J., and Kovesdy, C. P. (2011). Dietary egg white for Phosphorus control in maintenance Haemodialysis patient: a pilot study. Journal of renal care. 37(1): 16-24.

Trachootham, D., Songkaew, W., Hongsachum, B., Wattana, C., Changkluengdee, N., Karapoch, J., Thirdsuttironnapumi, S., Meennuch, E., Klaitong, C., Sinthusek, T., and Lam-ubol, A. (2015). Nutri-jelly may improve quality of life and decrease tube feeding demand in head and neck cancer patients. Support Care Cancer. 23, 1421-1430.

Walzem, R.L., Dillard, C.J., German, J.B., Whey components: millennia of evolution create functionalities for mammalian nutrition: what we know and what we may be overlooking. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 42(4): 353-375.

Winkler, A.M. and Shaz, B.H. (2009). Albumin and Related Products. Transfusion Medicine and Hemostasis Clinical and Laboratory Aspects. 1, 91-185.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก.

วิธีการวิเคราะห์

ก.1 การตรวจวัดค่าสี (Hwang et al., 2013)

เครื่องมือ - Chroma Meter (Konica Minolita, CR-400, Japan)

วิธีการวิเคราะห์

1) สอบเทียบเครื่อง chroma meter ด้วย white standard plate L* = 97.59, a*=0.00, b*=1.98
2) วัดค่าสี (CIE L*,a*และ b*) บนผิวตัวอย่างจากสามตำแหน่งที่แตกต่างกันแล้วบันทึกผล

ก.2 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

เครื่องมือ - เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer TA-XT2i และหัววัด P/100

วิธีวิเคราะห์

1) เปิดเครื่องวัดเนื้อสัมผัส และโปรแกรม Texture Exponent Lite Express
2) ตั้งค่ามาตรฐานด้วยน้ำหนักถ่วง 1000g และตั้งค่ามาตรฐานความสูง 5 ซม.
3) เตรียม probe สำหรับกดตัวอย่างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. (P/100)
4) วางตัวอย่างลงบนกึ่งกลางของ platform
5) ตั้งค่าโปรแกรมเครื่องดังนี้ Option : TPA, Pre-test speed : 5 mm/s, Test speed : 1 mm/s, Post-test speed : 1 mm/s, Distance : 30% strain, Trigger type : Auto-5g, Time : 35 sec และ Date acquisition rate : 10 pps
6) ทำการวัดละบันทึกค่าความแข็ง (hardness – แรงสูงสุดในการกดครั้งแรก), พื้นที่กราฟของการกดครั้งแรก (Area 1 หรือ A1), พื้นที่กราฟของการกดครั้งที่ 2 (Area 2 หรือ A2), Adhesiveness (Area 3, A3), Time difference 1:2 (T1) และ Time difference 4:5 (T2)
7) คำนวณและบันทึกค่าต่างๆ ดังนี้

   Hardness = แรงสูงสุดในการกดครั้งแรก (F1)

   Adhesiveness = พื้นที่ใต้กราฟของการกดครั้งแรก (A3)

   Springiness = T2/T1

   Cohesiveness = A2/A1

   Gumminess = Hardness x Cohesiveness

   Chewiness = Gumminess x Springiness

ก.3 การขับน้ำออกจากเจล (ดัดแปลงจาก Banerjee and Bhattacharya, 2011)

เครื่องมือ - เครื่อง centrifuge (UNIVERSAL 320 R ,Andreas Hettich GmbH & Co.KG, Germany)

วิธีวิเคราะห์

1) ใส่สารละลายปริมาตร 30 ml ลงในหลอด centrifuge ขนาด 50 ml
2) ขึ้นรูปด้วยการทำให้แข็งตัวด้วยความร้อน ทิ้งไว้จนอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก ($m_1$)
3) จากนั้นเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
4) นำตัวอย่างไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ด้วยความเร็ว 4500 rpm ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 10 นาที
5) เทของเหลวใสที่อยู่ด้านบนออก ชั่งน้ำหนักเจล ($m_2$)
6) คิดค่าการขับน้ำออกจากเจล (syneresis) อยู่ในรูปร้อยละดังนี้

$$\text{ค่าการขับน้ำออกจากเจล \%} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \, x \, 100$$

ก.4 การวิเคราะห์จำนวน Total plate count (AOAC, 1995)

ทำการวิเคราะห์จำนวน Total plate count ด้วยวิธี spread plate

วิธีวิเคราะห์

1) ชั่งตัวอย่างเจลโปรตีน 25 กรัม ผสมกับ peptone water 225 มิลลิลิตร ในถุงปลอดเชื้อ
2) นำถุงปลอดเชื้อเข้า stomacher ที่ระดับความเร็ว 4 เป็นเวลา 2 นาที
3) ทำการเจือจางระดับ $10^{-2}$ โดยปิเปตส่วนที่เป็นน้ำในถุงปลอดเชื้อ 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มี peptone water 9 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากัน
4) ทำการเจือจางระดับ $10^{-3}$ โดยปิเปตสารละลายจากหลอดทดลองในข้อที่ 3) 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มี peptone water 9 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากัน
5) ทำการปิเปตสารละลายที่ระดับการเจือจาง $10^{-1}$ ถึง $10^{-3}$ อย่างละ .01 มิลลิลิตร ลงใน Nutrient agar plate ทำการใช้แท่งแก้วรูปตัวแอลที่จุ่มแอลกอฮอล์แล้วเกลี่ยสารละลายให้ทั่วเพลท ปิดฝา โดยทำระดับการเจือจางละ 3 ซ้ำ
6) นำไปบ่มแบบคว่ำที่ตู้บ่มอุณหภูมิ 32±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน แล้วทำการนับโคโลนีของจุลินทรีย์เพื่อวิเคราะห์จำนวน Total plate count

**ภาคผนวก ข.**

แบบประเมิน

วันที่.....

ผลิตภัณฑ์: โปรตีนเจล กลิ่นรสกาแฟ

เลขประจำตัวผู้ทดสอบ.....

คำแนะนำ : ให้ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่าง และให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ก่อนชิมตัวอย่างถัดไปควรรับประทานขนมปังที่เตรียมให้เพื่อตัดกลิ่นรส

| | รหัสตัวอย่าง ..... | รหัสตัวอย่าง ..... | รหัสตัวอย่าง ..... | รหัสตัวอย่าง ..... |
|---|---|---|---|---|
| ลักษณะปรากฏ | | | | |
| กลิ่น | | | | |
| เนื้อสัมผัส | | | | |
| รสชาติ | | | | |
| ความชอบโดยรวม | | | | |

***ระดับความพึงพอใจ (1= ไม่ชอบเลย, 2= ไม่ชอบมาก, 3= ไม่ชอบปานกลาง, 4= ไม่ชอบเล็กน้อย, 5= เฉย, 6= ชอบเล็กน้อย, 7= ชอบปานกลาง, 8= ชอบมาก, 9= ชอบมากพิเศษ)

***หมายเหตุ ก่อนชิมตัวอย่างถัดไปควรเว้นอย่างน้อย 3 นาที และรับประทานขนมปังและดื่มน้ำที่เตรียมไว้***

**ภาคผนวก ค.**
**รายละเอียดโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์**
**ประจำปีงบประมาณ 2561**

**ชื่อโครงการ** การพัฒนาอาหารที่มีส่วนประกอบของอัลบูมินสำหรับผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน
(Development of albumin containing food for consumers with mastication and swallowing problem)

**นิสิตผู้ร่วมโครงการ** นายฐาปกรณ์ โคตรภูชัย เลขประจำตัวนิสิต 5832522723
นายนวฤกษ์ สุภาษิต เลขประจำตัวนิสิต 5832535923
**อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ** ผศ.ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์

---

**1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา**

อัลบูมิน (albumin) เป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในพลาสม่าของมนุษย์ (50-60% ของปริมาณโปรตีนในพลาสมาทั้งหมด) จัดอยู่ในกลุ่มโปรตีนลักษณะเป็นก้อน (globular protein) น้ำหนักโมเลกุลต่ำ ละลายน้ำได้ดี และเสียสภาพธรรมชาติ (denaturation) ได้ง่ายด้วยความร้อน ตัวอย่างแหล่งที่พบโปรตีนในกลุ่มนี้เช่น ไข่ขาว (egg albumin) น้ำนม (lactalbumin) และ ในซีรัม (serum albumin) โดยอัลบูมินจะรักษาน้ำและสารอาหารไม่ให้ซึมออกนอกหลอดเลือด (อัลบูมินมีสัดส่วน 80-85% ของความดันออสโมซิสของพลาสม่า) (Winkler and Shaz, 2009) ดังนั้นจึงควบคุมและรักษาปริมาณพลาสมาได้ ลำเลียงบิลลิรูบิน (bilirubin) เพื่อรักษาสมดุลของแคลเซียมในเลือด อีกทั้งยังเป็นองค์ประกอบของฮอร์โมนเพศเช่น โปรเจสเตอโรน (progesterone) และยังเป็นตัวพา (carrier) สารสำคัญ เช่น ยารักษาโรคเพื่อส่งไปที่เซลล์เป้าหมายได้

อัลบูมินผลิตจากกรดอะมิโนที่ตับเพียงแหล่งเดียวเท่านั้นและกำจัดออกได้ที่ไต หากร่างกายได้รับโปรตีน กรดอะมิโนจำเป็น และพลังงานจากอาหารไม่เพียงพอ จะส่งผลให้ระดับอัลบูมินในเลือดต่ำ (ค่าปกติจะอยู่ในช่วง 3.5-5 กรัม/เดซิลิตร) เมื่อระดับอัลบูมินในเลือดลดลง ระดับความดันออสโมติกในเลือดก็จะลดลงด้วย ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของของเหลวภายในหลอดเลือดออกสู่เนื้อเยื่อภายนอกหลอดเลือด ทำให้เกิดสภาวะบวมน้ำ (edema) หรือท้องมาน (ascites) ได้ ซึ่งมักพบในผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน ทำให้ผู้ที่มีอาการเบื่ออาหารและทานอาหารได้น้อย ดังนั้นระดับอัลบูมินจึงถูกใช้ในการประเมินสภาวะทางโภชนาการร่วมกับการประเมินอื่นๆ ด้วย เพราะระดับอัลบูมินในเลือดที่ลดต่ำลงมีความสำคัญในการเป็นตัวชี้วัดการพยากรณ์โรค (Prognostic

indicator) ในส่วนของความรุนแรงของโรค อัตราการเกิดโรคแทรกซ้อน และอัตราการเสียชีวิตเพิ่มสูงขึ้น (ฐนิต วินิจจะกูล, 2559)

อาหารที่มีโปรตีนสูงจะเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในร่างกายซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นในผู้ป่วย แต่จากรายงานการวิจัยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อาหารจากไข่ขาวมีอัตราส่วนฟอสฟอรัสต่อโปรตีนต่ำ (<1.4 มิลลิกรัม / กรัม) จะช่วยลดฟอสฟอรัสในซีรัมโดยไม่ส่งผลเสียต่อภาวะโภชนาการของผู้ป่วย สามารถเพิ่มระดับอัลบูมินในเลือดได้ในขณะที่ระดับฟอสฟอรัสในเลือดไม่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ผู้ป่วยมีสภาวะทางโภชนาการดีขึ้นและป้องกันภาวะทุพโภชนาการอย่างได้ผล (Taylor et al., 2015) ดังนั้นแพทย์ จึงแนะนำให้รับประทานไข่ขาว แต่มีข้อจำกัดเมื่อรับประทานเป็นประจำ เช่น เกิดอาการเบื่อเมื่อรับประทานไข่ขาวในปริมาณมากเพื่อให้ได้โปรตีนเพียงพอ เนื่องจากไข่ขาวประกอบด้วยน้ำร้อยละ 88 โปรตีนร้อยละ 11 และสารอื่นๆ อีกร้อยละ 1 (Abeyrathne et al., 2013) โดยการรับประทานไข่ขาว ผู้บริโภคส่วนใหญ่มักเติมซอสปรุงรสเพื่อเพิ่มรสชาติ ซึ่งอาจทำให้ผู้บริโภคได้รับปริมาณโซเดียมมากกว่าที่ร่างกายต้องการ อาจส่งผลต่อความดันโลหิตและภาวะบวมน้ำได้ อีกทั้งไม่สะดวกต่อการเตรียมและเก็บรักษา ปัจจุบันจึงนิยมใช้ผลิตภัณฑ์จากผงไข่ขาวที่ผ่านการระเหยน้ำออกด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer) ที่ 178.2 องศาเซลเซียส (Ma et al., 2013) ทดแทนไข่ขาวสดปรุงสุกทั่วไป โดยผงไข่ขาวสามารถปรับปรุงสี กลิ่น รสชาติแปลกใหม่ อีกทั้งละลายน้ำและดูดซึมได้ทันทีเนื่องจากผ่านกระบวนการทางความร้อนจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยทำให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่เป็นลักษณะเมือก อีกทั้ง โปรตีนอะวิดิน (avidin) ในไข่ดิบเมื่อได้รับความร้อนจะเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) ทำให้ไม่สามารถจับกับไบโอติน (biotin) ได้ ทำให้ร่างกายดูดซึมวิตามินที่ลำไส้ได้มากขึ้น งานวิจัยของ (Onnom, 2011) สามารถใช้ไข่ขาวผงเพิ่มระดับโปรตีนอัลบูมินในผู้ป่วยโปรตีนรั่ว โดยกลุ่มผู้ป่วยที่เสียโปรตีนวันละ 5-15 กรัม เมื่อทานไข่ขาวผงเสริมวันละ 7 กรัม เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าระดับอัลบูมินในร่างกายของกลุ่มผู้ป่วยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ด้วยเหตุนี้คณะผู้จัดทำจึงสนใจศึกษาการนำโปรตีนอัลบูมินมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่รับประทานได้ง่าย มีสี กลิ่น และรสชาติแปลกใหม่ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการบริโภคน้อย แต่มีระดับอัลบูมินสูงเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน รวมถึงผู้ที่มีความต้องการโปรตีนในปริมาณมากอีกด้วย

**2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารอัลบูมินให้รับประทานได้ง่าย และเหมาะสมกับผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน
2. สร้างผลิตภัณฑ์อาหารที่เหมาะสมกับผู้ที่มีปัญหาการขาดโปรตีนหรือผู้ที่ต้องการโปรตีน

**3. ขอบเขต/กรอบแนวคิดของการวิจัย**

1. ผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่มีโปรตีนอัลบูมินสำหรับผู้ที่ปัญหาด้านการกลืน
2. ศึกษาปริมาณโปรตีนที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพซึ่งเหมาะสมสำหรับผู้ที่ปัญหาด้านการกลืน

**4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

ผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบใหม่ที่มีปริมาณการบริโภคน้อยแต่มีระดับอัลบูมินเพียงพอต่อความต้องการของผู้ป่วย มีสี กลิ่น และรสชาติแปลกใหม่ เพิ่มความหลากหลายของอาหารเสริมประเภทโปรตีน สามารถรับประทานได้ง่าย เหมาะสมกับผู้ที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวและการกลืน อีกทั้งผู้ที่ขาดโปรตีนหรือผู้ที่ต้องการโปรตีนเพิ่มเติม

**5. วิธีดำเนินงาน**

1. ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสมบัติต่างๆ ของโปรตีนอัลบูมินและเวย์โปรตีน
2. วางแผนการทดลอง จัดเตรียมวัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทดลอง
3. ดำเนินการตามแผนการทดลองที่เตรียมไว้และเก็บผลการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้
    I. ทดลองสร้างเจลจากโปรตีนอัลบูมินและเวย์โปรตีน โดยแปรสัดส่วนโปรตีนทั้ง 2 ชนิด ขึ้นรูปโดยการทำให้แข็งตัวด้วยความร้อน หาสัดส่วนที่เหมาะสมของโปรตีน เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัส และความคงตัวที่ตรงตามวัตถุประสงค์
    II. ทดสอบลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตได้เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะเหมาะสมที่สุด
    III. ทดลองปรับปรุงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์สูตรที่เลือก และทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตได้เพื่อเลือกสูตรที่ดีที่สุด
    IV. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสูตรที่เลือกระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 ℃ เป็นเวลา 14 วัน
4. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อสรุปผลการทดลอง จัดทำรายงาน และนำเสนอผลงาน

**6. ระยะเวลาการดำเนินงาน**

| | มิ.ย. 61 | ก.ค. 61 | ส.ค. 61 | ก.ย. 61 | ต.ค. 61 | พ.ย. 61 | ธ.ค. 61 | ม.ค. 62 | ก.พ. 62 | มี.ค. 62 | เม.ย. 62 | พ.ค. 62 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ค้นคว้า รวบรวมข้อมูล และวางแผนการทดลอง | | | | | | | | | | | | |
| ทดลองปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ของโปรตีนอัลบูมิน | | | | | | | | | | | | |
| ทดลองผลิตตัวอย่างอาหารที่มีรูปแบบแตกต่างกัน | | | | | | | | | | | | |
| ทดสอบลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางประสาทสัมผัส | | | | | | | | | | | | |
| ปรับปรุงแก้ไข พร้อมทั้งคัดเลือกผลิตภัณฑ์อาหารที่เหมาะสมที่สุด | | | | | | | | | | | | |
| สรุปผลการทดลอง เขียนรายงาน เตรียมการนำเสนอ | | | | | | | | | | | | |

**7. งบประมาณ**

| **รายการ** | **ราคา (บาท)** |
|---|---|
| ไข่ขาวผง AlbuQuik รสธรรมชาติ | 1,730.00 |
| เวย์โปรตีนไอโซเลท | 2,946.00 |
| ค่าการวิเคราะห์ Total plate count | 4,000.00 |
| กาแฟสำเร็จรูปแบบผง | 149.00 |
| ลิน น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ | 22.00 |
| ฟาร์มเฮ้าส์ ขนมปังแซนวิช | 55.00 |
| ถ้วยพลาสติก | 75.00 |
| ช้อนพลาสติก | 29.00 |
| **รวม** | **9006.00** |

# ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

## 1) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสเจลโปรตีนการแปรสัดส่วนระหว่างโปรตีนอัลบูมินและเวย์โปรตีนไอโซเลท

**ตาราง ง.1** ค่า Hardness

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Hardness

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 21655271.064[a] | 6 | 3609211.844 | 32.945 | .000 |
| Intercept | 159879185.530 | 1 | 159879185.530 | 1459.396 | .000 |
| Trt | 21655271.064 | 6 | 3609211.844 | 32.945 | .000 |
| Error | 1533722.639 | 14 | 109551.617 | | |
| Total | 183068179.233 | 21 | | | |
| Corrected Total | 23188993.703 | 20 | | | |

a. R Squared = .934 (Adjusted R Squared = .906)

**ตาราง ง.2** ค่า Adhesiveness

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Adhesiveness

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 112511.103[a] | 6 | 18751.851 | 76.068 | .000 |
| Intercept | 32789.745 | 1 | 32789.745 | 133.014 | .000 |
| Trt | 112511.103 | 6 | 18751.851 | 76.068 | .000 |
| Error | 3451.185 | 14 | 246.513 | | |
| Total | 148752.033 | 21 | | | |
| Corrected Total | 115962.288 | 20 | | | |

a. R Squared = .970 (Adjusted R Squared = .957)

**ตาราง ง.3** ค่า Springiness

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Springiness

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | .278[a] | 6 | .046 | 161.972 | .000 |
| Intercept | 16.386 | 1 | 16.386 | 57350.417 | .000 |
| Trt | .278 | 6 | .046 | 161.972 | .000 |
| Error | .004 | 14 | .000 | | |
| Total | 16.667 | 21 | | | |
| Corrected Total | .282 | 20 | | | |

a. R Squared = .986 (Adjusted R Squared = .980)

**ตาราง ง.4** ค่า Chewiness

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Chewiness

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 87850.292[a] | 6 | 14641.715 | 47.722 | .000 |
| Intercept | 195678.859 | 1 | 195678.859 | 637.779 | .000 |
| Trt | 87850.292 | 6 | 14641.715 | 47.722 | .000 |
| Error | 4295.380 | 14 | 306.813 | | |
| Total | 287824.531 | 21 | | | |
| Corrected Total | 92145.672 | 20 | | | |

a. R Squared = .953 (Adjusted R Squared = .933)

**ตาราง ค.5** ค่า Gumminess

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Gumminess

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 79972.863[a] | 6 | 13328.811 | 43.274 | .000 |
| Intercept | 229427.671 | 1 | 229427.671 | 744.868 | .000 |
| Trt | 79972.863 | 6 | 13328.810 | 43.274 | .000 |
| Error | 4312.154 | 14 | 308.011 | | |
| Total | 313712.689 | 21 | | | |
| Corrected Total | 84285.017 | 20 | | | |

a. R Squared = .949 (Adjusted R Squared = .927)

**ตาราง ง.6** ค่า Cohesiveness

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Cohesiveness

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 1.116[a] | 6 | .186 | 434.126 | .000 |
| Intercept | 11.045 | 1 | 11.045 | 25772.544 | .000 |
| Trt | 1.116 | 6 | .186 | 434.126 | .000 |
| Error | .006 | 14 | .000 | | |
| Total | 12.168 | 21 | | | |
| Corrected Total | 1.122 | 20 | | | |

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .992)

**2) ผลการศึกษาการขับน้ำออกของเจลโปรตีนจากการแปรสัดส่วนระหว่างโปรตีนอัลบูมินและเวย์โปรตีนไอโซเลท**

**ตาราง ง.7** ค่า Syneresis

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Syneresis

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 3763.519[a] | 6 | 627.253 | 10758.182 | .000 |
| Intercept | 1025.783 | 1 | 1025.783 | 17593.460 | .000 |
| Trt | 3763.519 | 6 | 627.253 | 10758.182 | .000 |
| Error | .816 | 14 | .058 | | |
| Total | 4790.118 | 21 | | | |
| Corrected Total | 3764.336 | 20 | | | |

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

**3) ความชอบทางประสาทสัมผัสของเจลโปรตีน โดยใช้ hedonic scale 9 point เมื่อปรับระดับกลิ่นกาแฟ ที่ระดับต่างๆ**

**ตาราง ง.8** ความชอบด้านลักษณะปรากฏ

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: ลักษณะปรากฏ

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 121.882[a] | 36 | 3.386 | 4.171 | .000 |
| Intercept | 4565.765 | 1 | 4565.765 | 5625.316 | .000 |
| Trt | .647 | 3 | .216 | .266 | .850 |
| block | 121.235 | 33 | 3.674 | 4.526 | .000 |
| Error | 80.353 | 99 | .812 | | |
| Total | 4768.000 | 136 | | | |
| Corrected Total | 202.235 | 135 | | | |

a. R Squared = .603 (Adjusted R Squared = .458)

**ตาราง ง.9** ความชอบด้านกลิ่น

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: กลิ่น

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 360.735[a] | 36 | 10.020 | 8.598 | .000 |
| Intercept | 2964.890 | 1 | 2964.890 | 2544.087 | .000 |
| Trt | 308.375 | 3 | 102.792 | 88.203 | .000 |
| block | 52.360 | 33 | 1.587 | 1.361 | .124 |
| Error | 115.375 | 99 | 1.165 | | |
| Total | 3441.000 | 136 | | | |
| Corrected Total | 476.110 | 135 | | | |

a. R Squared = .758 (Adjusted R Squared = .670)

**ตาราง ง.10** ความชอบด้านเนื้อสัมผัส

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: เนื้อสัมผัส

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 222.235[a] | 36 | 6.173 | 5.731 | .000 |
| Intercept | 4694.125 | 1 | 4694.125 | 4357.836 | .000 |
| Trt | .610 | 3 | .203 | .189 | .904 |
| block | 221.625 | 33 | 6.716 | 6.235 | .000 |
| Error | 106.640 | 99 | 1.077 | | |
| Total | 5023.000 | 136 | | | |
| Corrected Total | 328.875 | 135 | | | |

a. R Squared = .676 (Adjusted R Squared = .558)

**ตาราง ง.11** ความชอบด้านรสชาติ

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: รสชาติ

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 378.206[a] | 36 | 10.506 | 9.704 | .000 |
| Intercept | 3106.618 | 1 | 3106.618 | 2869.614 | .000 |
| Trt | 340.324 | 3 | 113.441 | 104.787 | .000 |
| block | 37.882 | 33 | 1.148 | 1.060 | .400 |
| Error | 107.176 | 99 | 1.083 | | |
| Total | 3592.000 | 136 | | | |
| Corrected Total | 485.382 | 135 | | | |

a. R Squared = .779 (Adjusted R Squared = .699)

**ตาราง ง.12** ความชอบโดยรวม

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: ความชอบโดยรวม

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 345.000[a] | 36 | 9.583 | 12.811 | .000 |
| Intercept | 2936.941 | 1 | 2936.941 | 3926.030 | .000 |
| Trt | 327.941 | 3 | 109.314 | 146.128 | .000 |
| block | 17.059 | 33 | .517 | .691 | .886 |
| Error | 74.059 | 99 | .748 | | |
| Total | 3356.000 | 136 | | | |
| Corrected Total | 419.059 | 135 | | | |

a. R Squared = .823 (Adjusted R Squared = .759)

**4) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสเจลโปรตีนก่อน และหลังปรุงกลิ่นรส**

**ตาราง ง.13** ค่า Hardness ก่อน และหลังปรุงกลิ่นรส

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| VAR00001 | Equal variances assumed | 1.103 | .353 | 4.043 | 4 | .016 | 590.7859 | 146.1088 | 185.1228 | 996.4491 |
| | Equal variances not assumed | | | 4.043 | 3.381 | .022 | 590.7859 | 146.1088 | 154.1139 | 1027.458 |

**5) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเจลโปรตีนตามระยะการเก็บ**

**ตาราง ง.14** ค่า Hardness ตามระยะการเก็บ

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Hardness

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 152312.415[a] | 4 | 38078.104 | .759 | .575 |
| Intercept | 107956697.159 | 1 | 107956697.159 | 2150.663 | .000 |
| Trt | 152312.415 | 4 | 38078.104 | .759 | .575 |
| Error | 501969.393 | 10 | 50196.939 | | |
| Total | 108610978.968 | 15 | | | |
| Corrected Total | 654281.809 | 14 | | | |

a. R Squared = .233 (Adjusted R Squared = -.074)

**ตาราง ง.15** ค่า Adhesiveness ตามระยะการเก็บ

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Adhesiveness

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 244.092[a] | 4 | 61.023 | 3.060 | .069 |
| Intercept | 471.690 | 1 | 471.690 | 23.655 | .001 |
| Trt | 244.092 | 4 | 61.023 | 3.060 | .069 |
| Error | 199.408 | 10 | 19.941 | | |
| Total | 915.190 | 15 | | | |
| Corrected Total | 443.500 | 14 | | | |

a. R Squared = .550 (Adjusted R Squared = .371)

**ตาราง ง.16** ค่า Springiness ตามระยะการเก็บ

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Springiness

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | .000[a] | 4 | 4.670E-5 | .493 | .741 |
| Intercept | 13.732 | 1 | 13.732 | 145115.549 | .000 |
| Trt | .000 | 4 | 4.670E-5 | .493 | .741 |
| Error | .001 | 10 | 9.463E-5 | | |
| Total | 13.733 | 15 | | | |
| Corrected Total | .001 | 14 | | | |

a. R Squared = .165 (Adjusted R Squared = -.169)

**ตาราง ง.17** ค่า Chewiness ตามระยะการเก็บ

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Chewiness

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 722.191[a] | 4 | 180.548 | 1.540 | .264 |
| Intercept | 211333.489 | 1 | 211333.489 | 1802.082 | .000 |
| Trt | 722.191 | 4 | 180.548 | 1.540 | .264 |
| Error | 1172.718 | 10 | 117.272 | | |
| Total | 213228.398 | 15 | | | |
| Corrected Total | 1894.909 | 14 | | | |

a. R Squared = .381 (Adjusted R Squared = .134)

**ตาราง ง.18** ค่า Gumminess ตามระยะการเก็บ

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Gumminess

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | 681.190[a] | 4 | 170.297 | 1.402 | .302 |
| Intercept | 229786.093 | 1 | 229786.093 | 1891.679 | .000 |
| Trt | 681.190 | 4 | 170.297 | 1.402 | .302 |
| Error | 1214.720 | 10 | 121.472 | | |
| Total | 231682.003 | 15 | | | |
| Corrected Total | 1895.910 | 14 | | | |

a. R Squared = .359 (Adjusted R Squared = .103)

**ตาราง ง.19** ค่า Cohesiveness ตามระยะการเก็บ

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Cohesiveness

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | .004[a] | 4 | .001 | 1.256 | .349 |
| Intercept | 11.942 | 1 | 11.942 | 15265.944 | .000 |
| Trt | .004 | 4 | .001 | 1.256 | .349 |
| Error | .008 | 10 | .001 | | |
| Total | 11.954 | 15 | | | |
| Corrected Total | .012 | 14 | | | |

a. R Squared = .334 (Adjusted R Squared = .068)

**6) การวิเคราะห์การขับน้ำออกของเจลโปรตีนตามระยะการเก็บ**

**ตาราง ง.20** ค่า Syneresis ตามระยะการเก็บ

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Syneresis

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | .006[a] | 4 | .001 | 1.144 | .391 |
| Intercept | 12.862 | 1 | 12.862 | 10101.157 | .000 |
| Trt | .006 | 4 | .001 | 1.144 | .391 |
| Error | .013 | 10 | .001 | | |
| Total | 12.881 | 15 | | | |
| Corrected Total | .019 | 14 | | | |

a. R Squared = .314 (Adjusted R Squared = .040)

**7) การวิเคราะห์สีของเจลโปรตีนตามระยะการเก็บ**

**ตาราง ง.21** ค่า L* ตามระยะการเก็บ

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: L*

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | .943[a] | 4 | .236 | .690 | .615 |
| Intercept | 78517.838 | 1 | 78517.838 | 229902.509 | .000 |
| Trt | .943 | 4 | .236 | .690 | .615 |
| Error | 3.415 | 10 | .342 | | |
| Total | 78522.196 | 15 | | | |
| Corrected Total | 4.358 | 14 | | | |

a. R Squared = .216 (Adjusted R Squared = -.097)

**ตาราง ง.22** ค่า a* ตามระยะการเก็บ

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: a*

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | .001[a] | 4 | .000 | .193 | .937 |
| Intercept | 34.232 | 1 | 34.232 | 38035.230 | .000 |
| Trt | .001 | 4 | .000 | .193 | .937 |
| Error | .009 | 10 | .001 | | |
| Total | 34.241 | 15 | | | |
| Corrected Total | .010 | 14 | | | |

a. R Squared = .072 (Adjusted R Squared = -.300)

**ตาราง ง.23** ค่า b* ตามระยะการเก็บ

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: b*

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | .155[a] | 4 | .039 | .848 | .526 |
| Intercept | 343.587 | 1 | 343.587 | 7538.108 | .000 |
| Trt | .155 | 4 | .039 | .848 | .526 |
| Error | .456 | 10 | .046 | | |
| Total | 344.197 | 15 | | | |
| Corrected Total | .610 | 14 | | | |

a. R Squared = .253 (Adjusted R Squared = -.045)

**ตาราง ง.24** ค่า DeltaE ตามระยะการเก็บ

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: DeltaE

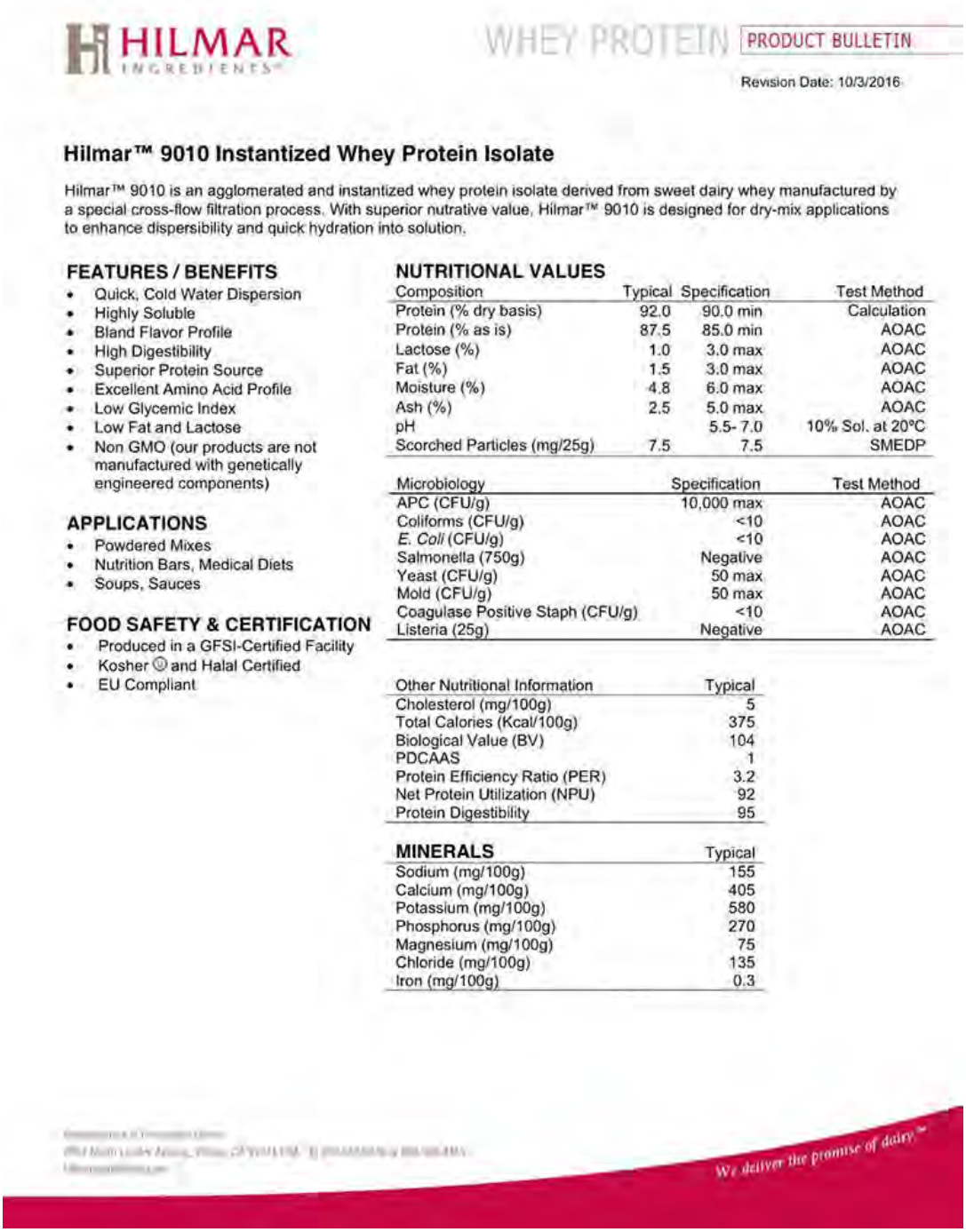
| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Corrected Model | .386[a] | 3 | .129 | .988 | .446 |
| Intercept | .706 | 1 | .706 | 5.423 | .048 |
| trt | .386 | 3 | .129 | .988 | .446 |
| Error | 1.042 | 8 | .130 | | |
| Total | 2.134 | 12 | | | |
| Corrected Total | 1.428 | 11 | | | |

a. R Squared = .270 (Adjusted R Squared = -.003)

# ภาคผนวก จ.

รูปภาพอุปกรณ์, วัตถุดิบ และสารเคมี

**รูปที่ จ.1** ข้อมูลของอัลบูมินที่ใช้ในการทดลอง



HILMAR INGREDIENTS

WHEY PROTEIN PRODUCT BULLETIN

Revision Date: 10/3/2016

## Hilmar™ 9010 Instantized Whey Protein Isolate

Hilmar™ 9010 is an agglomerated and instantized whey protein isolate derived from sweet dairy whey manufactured by a special cross-flow filtration process. With superior nutrative value, Hilmar™ 9010 is designed for dry-mix applications to enhance dispersibility and quick hydration into solution.

### FEATURES / BENEFITS

- Quick, Cold Water Dispersion
- Highly Soluble
- Bland Flavor Profile
- High Digestibility
- Superior Protein Source
- Excellent Amino Acid Profile
- Low Glycemic Index
- Low Fat and Lactose
- Non GMO (our products are not manufactured with genetically engineered components)

### APPLICATIONS

- Powdered Mixes
- Nutrition Bars, Medical Diets
- Soups, Sauces

### FOOD SAFETY & CERTIFICATION

- Produced in a GFSI-Certified Facility
- Kosher Ⓤ and Halal Certified
- EU Compliant

### NUTRITIONAL VALUES

| Composition | Typical | Specification | Test Method |
|---|---|---|---|
| Protein (% dry basis) | 92.0 | 90.0 min | Calculation |
| Protein (% as is) | 87.5 | 85.0 min | AOAC |
| Lactose (%) | 1.0 | 3.0 max | AOAC |
| Fat (%) | 1.5 | 3.0 max | AOAC |
| Moisture (%) | 4.8 | 6.0 max | AOAC |
| Ash (%) | 2.5 | 5.0 max | AOAC |
| pH | | 5.5- 7.0 | 10% Sol. at 20°C |
| Scorched Particles (mg/25g) | 7.5 | 7.5 | SMEDP |

| Microbiology | Specification | Test Method |
|---|---|---|
| APC (CFU/g) | 10,000 max | AOAC |
| Coliforms (CFU/g) | <10 | AOAC |
| *E. Coli* (CFU/g) | <10 | AOAC |
| Salmonella (750g) | Negative | AOAC |
| Yeast (CFU/g) | 50 max | AOAC |
| Mold (CFU/g) | 50 max | AOAC |
| Coagulase Positive Staph (CFU/g) | <10 | AOAC |
| Listeria (25g) | Negative | AOAC |

| Other Nutritional Information | Typical |
|---|---|
| Cholesterol (mg/100g) | 5 |
| Total Calories (Kcal/100g) | 375 |
| Biological Value (BV) | 104 |
| PDCAAS | 1 |
| Protein Efficiency Ratio (PER) | 3.2 |
| Net Protein Utilization (NPU) | 92 |
| Protein Digestibility | 95 |

| MINERALS | Typical |
|---|---|
| Sodium (mg/100g) | 155 |
| Calcium (mg/100g) | 405 |
| Potassium (mg/100g) | 580 |
| Phosphorus (mg/100g) | 270 |
| Magnesium (mg/100g) | 75 |
| Chloride (mg/100g) | 135 |
| Iron (mg/100g) | 0.3 |

*We deliver the promise of dairy.*

**รูปที่ จ.2** ข้อมูลของเวย์โปรตีนไอโซเลทที่ใช้ในการทดลอง

## Hilmar™ 9010 Whey Protein Isolate

### TYPICAL AMINO ACID PROFILE

*Amino acids represented as g/100g of product*

| | |
|---|---|
| Alanine | 4.8 |
| Arginine | 2.0 |
| Aspartic Acid | 10.0 |
| Cystine/Cysteine | 2.3 |
| Glutamic Acid | 16.3 |
| Glycine | 1.5 |
| Histidine | 1.5 |
| Hydroxyproline | <0.1 |
| Isoleucine*▯ | 6.3 |
| Leucine*▯ | 9.7 |
| Lysine* | 9.2 |
| Methionine* | 2.1 |
| Phenylalanine* | 2.8 |
| Proline | 5.7 |
| Serine | 4.3 |
| Threonine* | 6.5 |
| Tryptophan* | 1.9 |
| Tyrosine | 2.7 |
| Valine*▯ | 5.1 |

** Essential Amino Acids* *▯ Branched-Chain Amino Acids (BCAA)*

### TYPICAL FATTY ACID PROFILE

*Fatty acids represented as g/100g of product*

| | |
|---|---|
| Saturated Fatty Acid | 0.30 |
| Monounsaturated Fatty Acid | 0.40 |
| Polyunsaturated Fatty Acid | 0.50 |
| Trans Fatty Acid | <0.02 |

### PHYSICAL CHARACTERISTICS

Hilmar™ 9010 is a spray-dried, cream-colored powder with a bland flavor profile. It is homogeneous, free flowing and non-caking.

### PACKAGING

44.09 lb. (20 kg) heat-sealed, bag-in-bag with multi-wall kraft bag outer and polyethylene inner bag liner. Outer kraft bag is recyclable. Twenty-four bags per pallet.

### STORAGE / SHELF LIFE

Shelf life is two years from the date of manufacture in its original sealed packaging, through ideal storage conditions, which include temperatures below 25° C, relative humidity lower than 75%, and an odor-free environment. Stocks should be used in rotation, preferably within twelve months.

### RECOMMENDED LABEL

Whey Protein Isolate
Soy Lecithin

### ORDERING INFORMATION

| PART CODE | SHIPPING POINT |
|---|---|
| 200081 | Dalhart, TX USA |

*This information is presented for consideration in the belief that it is accurate and reliable, however, no warranty, either expressed or implied, is made and no freedom from liability from patents, trademarks, or other limitations should be inferred. Any data listed are averages only and are not to be considered as guarantees, expressed or implied, nor as a condition of sale.*

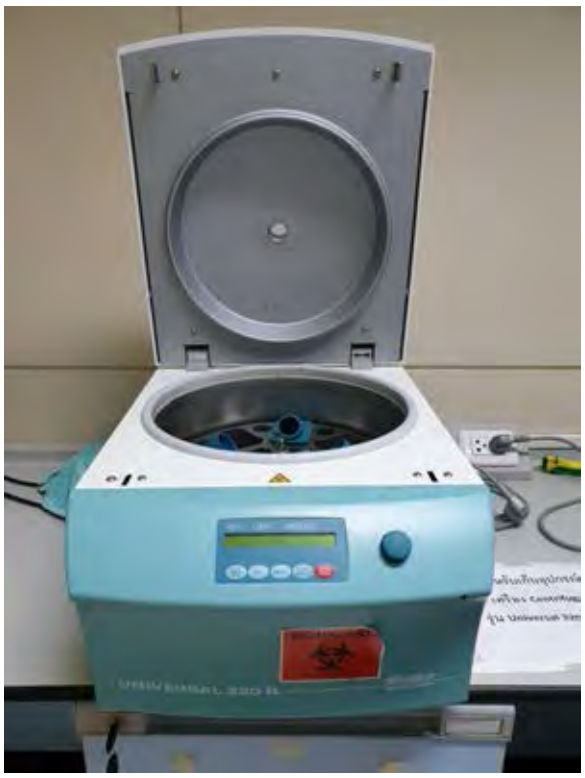
*Hilmar Ingredients is a division of Hilmar Cheese Company, Inc.*
*Product of USA*

*We deliver the promise of dairy.™*

**รูปที่ จ.3** ข้อมูลของเวย์โปรตีนไอโซเลทที่ใช้ในการทดลอง

**รูปที่ จ.4** สารให้กลิ่นรสกาแฟที่ใช้ในการทดลอง

**รูปที่ จ.5** เครื่อง Texture Analyzer ที่ใช้ในการทดลอง



**รูปที่ จ.6** เครื่อง Centrifuge ที่ใช้ในการทดลอง

**รูปที่ จ.7** เครื่อง Water bath ที่ใช้ในการทดลอง

**รูปที่ จ.8** เครื่องวัดสีที่ใช้ในการทดลอง

**รูปที่ จ.9** แม่พิมพ์ตัดตัวอย่างเพื่อวัดเนื้อสัมผัสที่ใช้ในการทดลอง

# ภาคผนวก ฉ.

เกณฑ์ Universal Design Food

**ตารางที่ ฉ.1** เกณฑ์ Universal Design Food (ที่มา : นัฐพล ตั้งสุภูมิ, 2561)

| CALSSIFICATIONS | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Classification | Standard Of Chew | Standard Of Swallow | Hardness ($N/m^2$) | Products |
| ABLE TO CHEW EASILY | Contain hard and big ingredients, a little hard to swallow | Able to swallow commonly | $5x10^5$ | Rice porridge, omelet, grilled fish |
| ABLE TO SMASH WITH GUMS | Contain hard and big ingredients, not easy to swallow | Depends on ingredients, hard to swallowing | $5x10^4$ | Rice porridge, boiled fish, soft omelet |
| ABLE TO SMASH WITH TONGUE | Contain soft and small ingredients, easy to swallow | Have experience hard to swallow water or liquid ingredients | Sol: $1x10^4$<br>Gel: $2x10^4$ | Rice congee, boiled fish, scrambled egg |
| ABLE TO SWALLOW WITHOUT CHEW | Hard to swallow if contain solid food | Hard to swallow water or liquid ingredients | Sol: $3x10^3$<br>Gel: $5x10^3$ | Rice gruel, steamed egg |

# เอกสารอ้างอิง

เกียรติคุณ ไกรพิบูลย์. (2556). แอลบูมิน (Albumin). ค้นเมื่อ 12 เมษายน 2561, จาก http://haamor.com/th/แอลบูมิน/

ฐนิต วินิจจะกูล. (2559). การประเมินระดับโปรตีนในเลือด. ค้นเมื่อ 22 เมษายน 2561, จาก http://sheacademy.in.th/?p=1070

นัฐพล ตั้งสุภูมิ. (2561). ผลิตภัณฑ์ นวัตกรรมอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุ. ใน เอกสารการประชุมวิชาการโภชนวิทยา ครั้งที่ 15 เรื่อง Future Food and Nutrition foe Health, 20 กรกฎาคม 2561, หน่วยวิยาศาสตร์การอาหารสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คู่มือปฏิบัติการ รายวิชา 2314481 Food Quality Assurance Laboratory. ใน ลักษณะเนื้อสัมผัส, หน้า 5-8. ม.ป.ท. : ม.ป.พ., 2561.

Abeyrathne, E.D.N.S., Lee, H.Y., and Ahn, D.U. (2013). Egg white proteins and their potential use in food processing or as nutraceutical and pharmaceutical agents. Poultry Science. 92: 3292-3299.

Banerjee, S., and Bhattacharya, S. (2011). Compressive textural attributes, opacity and syneresis of gels prepared from gellan, agar and their mixtures. Journal of Food Engineering. 102: 287-292.

Hwang, K.E., Choi, Y.S., Choi, S.M., Kim, H.W., Choi, J.H., Lee, M.A., and Kim, C.J. (2013). Antioxidant action of Ganghwayaksuk (Artemisia princeps Pamp.) in combination with ascorbic acid to increase the shelf life in raw and deeped fried chicken nuggets. Meat Science 95: 593-602.

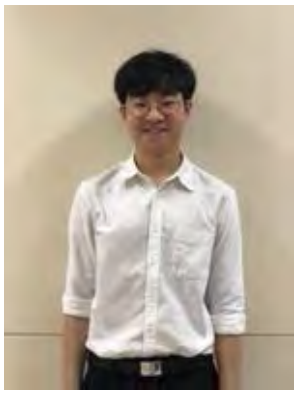
Ma, S., Zhao, S., Zhang, Y., Yu, Y., Liu, J., and Xu, M. (2013). Quality characteristic of spray-drying egg white powders. Molecular biology report. 40(10): 83-5567.

Onnom, J. (2011). Comparison of Nutritional Status among Continuous Ambulatory Peritonea Dialysis Patients Receiving Egg White and Whey Protein Powder Seasoning. Retrieved April 22, 2018 from https://www.hemomin.com/albumin

Taylor, L.M., Kalantar-Zadeh, K., Markewich, T., Colman, S., Benner, D., Sim, J.J., and Kovesdy, C.P. (2011). Dietary egg white for Phosphorus control in maintenance Haemodialysis patient: a pilot study. Journal of renal care. 37(1): 16-24.

Winkler, A.M. and Shaz, B.H. (2009). Albumin and Related Products. Transfusion Medicine and Hemostasis Clinical and Laboratory Aspects. 1, 91-185.

# ประวัติผู้วิจัย



| | |
|---|---|
| ชื่อ-สกุล | นายนวฤกษ์ สุภาษิต |
| ตำแหน่ง | หัวหน้าโครงการ |
| วุฒิการศึกษา | วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท. บ.) |
| ภาควิชา | เทคโนโลยีทางอาหาร |
| คณะ | วิทยาศาสตร์ |
| มหาวิทยาลัย | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ปีที่สำเร็จการศึกษา | 2561 |
| โทรศัพท์ | 092-918-8908 |
| E-mail | nawalerk.s@gmail.com |

# ประวัติผู้วิจัย

| | |
|---|---|
| ชื่อ-สกุล | นายฐาปกรณ์ โคตรภูชัย |
| ตำแหน่ง | ผู้ร่วมวิจัย |
| วุฒิการศึกษา | วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท. บ.) |
| ภาควิชา | เทคโนโลยีทางอาหาร |
| คณะ | วิทยาศาสตร์ |
| มหาวิทยาลัย | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ปีที่สำเร็จการศึกษา | 2561 |
| โทรศัพท์ | 098-108-9744 |
| E-mail | kp.thapakorn@gmail.com |