

ผลของภาวะการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งและการนำไปใช้  
ในซุปรเปลือกกุ้ง

EFFECT OF DRYING CONDITIONS ON QUALITY OF DRIED SHRIMP  
SHELL AND ITS APPLICATION TO SHRIMP BISQUE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการจัดการและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-AI-M-055-288

ผลของภาวะการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งและการนำไปใช้  
ในซูบเปลือกกุ้ง

**EFFECT OF DRYING CONDITIONS ON QUALITY OF DRIED SHRIMP  
SHELL AND ITS APPLICATION TO SHRIMP BISQUE**



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการจัดการและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-AI-M-055-288

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**EFFECT OF DRYING CONDITIONS ON QUALITY OF DRIED SHRIMP  
SHELL AND ITS APPLICATION TO SHRIMP BISQUE**



**SIRIPASSORN PROMPUN**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE**

**IN FOOD SERVICE AND CATERING TECHNOLOGY**

**FACULTY OF AGRO-INDUSTRY**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2017**

**KMITL-2017-AI-M-055-288**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2017**

**AGRO-INDUSTRY**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของภาวะการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งและการนำไปใช้ในซุปรเปลือกกุ้ง  
EFFECT OF DRYING CONDITIONS ON QUALITY OF DRIED SHRIMP SHELL AND ITS APPLICATION TO SHRIMP BISQUE

ชื่อนักศึกษา นางสาวสิริภัสสร พร้อมพันธ์  
รหัสประจำตัว 58608049  
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชา เทคโนโลยีการจัดการและบริการอาหาร  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

| คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์  | ลายมือชื่อ   |
|---|--|
| ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์<br>ผศ.ดร. ชงชัย พุดทองศิริ<br>ดร. ปาจรีย์ อิงคะสุภัทร<br>รศ.เขวาลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์ |  |

วัน / เดือน / ปีที่ 9 ตุลาคม 2560 เวลา 09.30 น. เป็นต้นไป  
สถานที่สอบ ณ ห้อง D 213 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิริโรคม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 12 เดือน ต.ค. พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์           | ผลของภาวะการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งและการนำไปใช้ในซูปเปลือกกุ้ง |
| นักศึกษา                    | นางสาวศิริภัสสร พร้อมพันธุ์   |
| รหัสประจำตัว                | 58608049  |
| ปริญญา                      | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต   |
| สาขาวิชา                    | เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร   |
| พ.ศ.                        | 2560  |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ | ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์  |

### บทคัดย่อ

กุ้งแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) เป็นกุ้งที่ได้รับความนิยมในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แช่แข็งต่าง ๆ ทำให้เกิดเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูป โดยเฉพาะหัวกุ้งและเปลือกกุ้ง ซึ่งเป็นแหล่งของโปรตีน ไลโคติน และแอสตาแซนทิน เป็นต้น อย่างไรก็ตามเปลือกกุ้งสดมีความชื้นสูงร้อยละ 76.35 ของน้ำหนักเปียก การอบแห้งเป็นวิธีที่จะช่วยลดความชื้นจึงยืดอายุการเก็บรักษาของเปลือกกุ้งได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเปลือกกุ้งอบแห้ง ที่มีการเตรียมโดยกำหนดขนาดของเปลือกกุ้ง 2 ขนาดคือ เปลือกกุ้งทั้งเปลือก และบดจนมีขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปอบแห้งโดยใช้เครื่องอบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส และเวลา 0 15 30 45 60 90 120 และ 150 นาที ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า ปัจจัยหลัก ได้แก่ อุณหภูมิ และเวลา และปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลา ส่งผลต่อค่าคุณภาพของเปลือกกุ้งทั้งสองขนาดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) และไปในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นเวลาจะส่งผลให้ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แต่อุณหภูมิไม่ส่งผลต่อค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) การอบแห้งเปลือกกุ้งที่อุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความชื้นมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของเปลือกกุ้งอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และความสามารถในการละลายในน้ำและการละลายในกรดของเปลือกกุ้งอบแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้เมื่ออบแห้งนานขึ้นยังส่งผลให้เปลือกกุ้งมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของเปลือกกุ้งอบแห้งมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย การลดขนาดเปลือกกุ้ง

ส่งผลให้ความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งเพิ่มขึ้น เปลือกกุ้งทั้งเปลือก และบด  
จนมีขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร เมื่อนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 150 นาที  
จะได้เปลือกกุ้งที่มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการผลิตซูปเปลือกกุ้ง โดยเมื่อนำเปลือก  
กุ้งอบแห้งทั้งสองขนาดไปผลิตเป็นซูปเปลือกกุ้ง พบว่าซูปเปลือกกุ้งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งที่  
บดลดขนาดและอบแห้งที่สภาวะดังกล่าว ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด  
มีคะแนนระหว่าง 6.46 ถึง 7.31 และมีคุณค่าทางโภชนาการโดยประกอบด้วยไขมันทั้งหมด  
5.73 กรัม ไขมันอิ่มตัว 3.98 กรัม คาร์โบไฮเดรต 3.21 กรัม น้ำตาล 2.00 กรัม โปรตีน 1.12 กรัม  
ใยอาหาร 0.20 กรัม และอื่น ๆ



|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Thesis</b>         | Effect of drying conditions on quality of dried shrimp shell and its application to shrimp bisque |
| <b>Student</b>        | Miss Siripassorn Prompun  |
| <b>Student ID</b>     | 58608049  |
| <b>Degree</b>         | Master of Science   |
| <b>Program</b>        | Food Service and Catering Technology  |
| <b>Year</b>           | 2017  |
| <b>Thesis Advisor</b> | Asst. Prof. Dr. Soraya Kerdpiboon   |

## ABSTRACT

Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) has been processed to many frozen shrimp products generating large quantities of waste, especially for heads and shells. Shrimp shell is a good source of proteins, chitin, astaxanthin, for example. However, it has short storage time due to its high moisture content of 76.35 %wb. Drying is an alternative method that can be used to decrease moisture content and prolong its shelf-life. The purpose of this research was to study physical properties of dried shrimp shells undergoing hot air tray drying using different sizes shrimp shell materials of whole or resized to 0.5 cm before drying using temperatures of 50, 70 or 90 °C and drying times of 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 or 150 minutes, respectively. It was found that main effects viz temperature and time and their interaction had a significantly effect on the qualities of dried shrimp shell ( $p < 0.01$ ) both whole size and resized except for drying time that resulted whole shrimp shell with significantly effect on yellowness ( $b^*$ ) ( $p < 0.05$ ), while drying temperature reulted whole shrimp shell with not significantly effect on yellowness ( $b^*$ ) ( $p > 0.05$ ). Results showed that moisture content of shrimp shell had significantly decreased ( $p < 0.05$ ) with an increasing drying temperature and time. Moreover, rehydration ratio of dried shrimp shell was significantly increasing ( $p < 0.05$ ) when drying time increased, while solubility in water and acidic solution of dried shrimp shell was significantly decreasing ( $p < 0.05$ ) when drying time increased. Lightness of dried shrimp shell was significantly increased ( $p < 0.05$ ) with increased drying time, while redness of dried shrimp shell

was slightly increased undergoing the time. Result also showed that yellowness of dried shrimp shell was slightly changed during drying process. Whole and resized to 0.5 cm shrimp shell and dried at 70 °C for 150 min had optimized physical properties and were desired to produce shrimp bisque. After producing shrimp bisque using both sizes of shrimp shell, it was found that shrimp bisques produced from resized shrimp shell had sensory acceptability score between 6.46 and 7.31 and higher than that of prepared from whole shrimp shell. Shrimp bisque consisted of total fat 5.73 g, saturated fat 3.98 g, carbohydrate 3.21 g, sugar 2.00 g, protein 1.12 g, fiber 0.20 g and others.



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างยิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัยจาก ผศ.ดร. โสธยา เกิดพิบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ตลอดจนช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจด้วยความยินดี และเอาใจใส่มาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์ ผศ.ดร.ชงชัย พุฒทองศิริ และดร.ปาริฉัย อิงคะสุภัทร ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และได้ให้ความรู้ แนวคิด คำปรึกษา และคำแนะนำ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณการทำวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) และวัดดุจคิบบลือกุ้งจากบริษัท มารีนโกลด์ โปรดักส์ จำกัด

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดา เป็นอย่างสูงที่ให้การอบรมเลี้ยงดูให้ทุนการศึกษา และสนับสนุนการศึกษาเป็นอย่างดี ตลอดจนกำลังใจ และการช่วยเหลือจากพี่ ๆ น้อง ๆ และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษา และให้การสนับสนุนช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน และเป็นแรงผลักดันในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จตามที่ตั้งใจไว้

สิริภัสสร พร้อมพันธุ์

# สารบัญ

|   | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อ ภาษาไทย  | I    |
| บทคัดย่อ ภาษาอังกฤษ   | III  |
| กิตติกรรมประกาศ   | V    |
| บทที่ 1 บทนำ  | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา  | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย   | 2    |
| 1.3 ขอบเขตการวิจัย  | 2    |
| 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ   | 3    |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง   | 4    |
| 2.1 สถานการณ์การผลิตและส่งออกกุ้งของไทย   | 4    |
| 2.2 กุ้งขาว   | 5    |
| 2.3 เปลือกกุ้ง  | 6    |
| 2.4 การลดขนาด   | 10   |
| 2.5 การอบแห้ง   | 10   |
| 2.6 ซุปเปลือกกุ้ง   | 15   |
| 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง   | 17   |
| บทที่ 3 วัตถุประสงค์และวิธีการทดลอง   | 20   |
| 3.1 วัตถุประสงค์ อุปกรณ์ และสารเคมี   | 20   |
| 3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย   | 21   |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง  | 28   |
| 4.1 การศึกษาผลของภาวะในการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้ง<br>ขนาดต่าง ๆ       | 28   |
| 4.2 การคัดเลือกภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกกุ้งเพื่อการผลิตซุปเปลือกกุ้ง           | 54   |
| 4.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของซุปเปลือกกุ้งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งอบแห้ง<br>ขนาดต่าง ๆ | 56   |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                     | หน้า |
|-------------------------------------|------|
| 4.4 คุณค่าทางโภชนาการของซูปลีอกกึ่ง | 58   |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง              | 60   |
| เอกสารอ้างอิง                       | 62   |
| ภาคผนวก                             | 67   |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

| ตารางที่  | หน้า |
|---|------|
| 2.1 ราคาส่งออก-นำเข้ากุ้งของไทย ปี 2554-2559  | 5    |
| 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้ง  | 7    |
| 3.1 ส่วนประกอบของซูปเปลือกกุ้ง  | 24   |
| 4.1 ค่า P-value ของปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก                              | 29   |
| 4.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก                        | 29   |
| 4.3 ผลของเวลาที่มีต่อปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก                            | 30   |
| 4.4 ค่า P-value ของค่าคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาด                                   | 42   |
| 4.5 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาด                             | 42   |
| 4.6 ผลของเวลาที่มีต่อค่าคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาด                                 | 43   |
| 4.7 สมบัติทางกายภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งมาตรฐานเทียบกับเปลือกกุ้งอบแห้งที่ทดลอง             | 55   |
| 4.8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซูปเปลือกกุ้ง   | 58   |
| 4.9 คุณค่าทางโภชนาการของซูปเปลือกกุ้ง   | 59   |
| ข.1 ความชื้นของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ                      | 69   |
| ข.2 ค่าความสว่างของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ                  | 70   |
| ข.3 ค่าสีแดงของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ                      | 70   |
| ข.4 ค่าสีเหลืองของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ                   | 71   |
| ข.5 ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ | 71   |
| ข.6 ความสามารถในการละลายในน้ำของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ     | 72   |
| ข.7 ความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ     | 72   |
| ข.8 ความชื้นของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ                        | 73   |
| ข.9 ค่าความสว่างของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ                    | 73   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| ข.10 ค่าสีแดงของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ                      | 74   |
| ข.11 ค่าสีเหลืองของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ                   | 74   |
| ข.12 ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ | 75   |
| ข.13 ความสามารถในการละลายในน้ำของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ     | 75   |
| ข.14 ความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ     | 76   |
| ง.1 คุณลักษณะทางเคมี (ข้อ 4.5)   | 83   |
| ง.2 สารปนเปื้อน (ข้อ 6.1)  | 84   |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่  | หน้า |
|---|------|
| 2.1 กุ้งขาวแวนนาไม ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )  | 6    |
| 2.2 โครงสร้างทางเคมีของไคติน  | 8    |
| 2.3 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน  | 8    |
| 2.4 เส้นกราฟการทำแห้ง   | 12   |
| 2.5 การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาดทั่วไป  | 14   |
| 2.6 ชูปเปลือกกุ้ง   | 16   |
| 3.1 ส่วนประกอบของชูปเปลือกกุ้ง  | 25   |
| 4.1 ความชื้นของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ                      | 33   |
| 4.2 ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ | 35   |
| 4.3 ความสามารถในการละลายในน้ำของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ     | 37   |
| 4.4 ความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ     | 38   |
| 4.5 ค่าความสว่างของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ                  | 39   |
| 4.6 ค่าสีแดงของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ                      | 39   |
| 4.7 ค่าสีเหลืองของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ                   | 40   |
| 4.8 ความชื้นของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ                        | 46   |
| 4.9 ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ   | 48   |
| 4.10 ความสามารถในการละลายในน้ำของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ      | 50   |
| 4.11 ความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ      | 51   |

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่  | หน้า |
|---|------|
| 4.12 ค่าความสว่างของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ | 52   |
| 4.13 ค่าสีแดงของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ     | 53   |
| 4.14 ค่าสีเหลืองของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ  | 54   |
| 4.15 ข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์   | 57   |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และห้ามอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมกุ้งสดแช่เย็น แช่แข็งและแปรรูป เป็นส่วนหนึ่งในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารที่สร้างมูลค่า และเพิ่มรายได้ให้กับประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง สามารถผลิตสินค้าที่ได้มาตรฐานและได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายจากนานาประเทศ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์จากกุ้งขาวแปซิฟิก หรือกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ซึ่งมีปริมาณการส่งออกอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2008 (Lebel et al., 2010) อย่างไรก็ตามแม้ว่าในช่วงเวลาที่ผ่านมา ผู้ผลิตและแปรรูปกุ้งจะได้รับผลกระทบเนื่องจากการขาดแคลนวัตถุดิบ ทั้งจากภัยธรรมชาติและโรคระบาด ทำให้ราคาวัตถุดิบกุ้งมีแนวโน้มการปรับตัวสูงขึ้น ซึ่งจากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่าการส่งออกกุ้งสดแช่เยือกแข็งมีปริมาณการส่งออกลดลงตั้งแต่ปี 2554 (โดยในปี 2553 ถึง 2558 มีปริมาณการส่งออกลดลงจาก 241 เป็น 74 พันตัน) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ดังนั้นการนำเศษเหลือจากกระบวนการผลิตกุ้งขาวมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงเป็นแนวทางที่จะส่งเสริมให้อุตสาหกรรมกุ้งสามารถประคองตัวและก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าเพิ่มมากขึ้น

เศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์กุ้งขาว ได้แก่ หัวกุ้ง และเปลือกกุ้ง มีปริมาณที่แปรผันตรงกับปริมาณการส่งออกของผลิตภัณฑ์ โดยในส่วนของหัวและเปลือกกุ้งสดมีความชื้นประมาณร้อยละ 71 ของน้ำหนักเปียก (Sindhu and Sherief, 2011) ส่วนของหัวและเปลือกกุ้งเมื่อเทียบเป็นน้ำหนักแห้ง จะประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 30-49 ไขมันร้อยละ 2-10 เถ้าร้อยละ 18-29 ไคตินร้อยละ 24 และอื่นๆ (Ibrahim et al., 1999; Adeyeye et al., 2008; Sindhu and Sherief, 2011; Khan and Nowsad, 2012) จึงมีการศึกษาแนวทางในการนำเศษเหลือจากกระบวนการผลิตมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และสร้างมูลค่าให้กับวัตถุดิบเศษเหลือต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เปลือกกุ้งสามารถนำมาสกัดโปรตีนไฮโดรไลเสต ไคติน ไคโดซาน แครไทนอยด์ หรือแม้แต่การสกัดกลิ่นกุ้ง (Ravi Kumar, 2000; Sephan et al., 2014) ในปัจจุบันมีการนำสารสกัดต่าง ๆ ไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอุตสาหกรรมยา และอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามเปลือกกุ้งสดนั้นมีความชื้นสูงทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น การนำเปลือกกุ้งเก็บในสภาวะแช่เยือกแข็ง เป็นการเพิ่มต้นทุนของวัตถุดิบให้แก่ผู้ประกอบการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการลดความชื้นของเปลือกกุ้ง เป็นอีกหนึ่งแนวทางในการยืดอายุการเก็บรักษา และเพิ่มช่องทางในการนำวัตถุดิบไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น

การอบแห้งโดยใช้ลมร้อนเป็นวิธีที่เป็นที่นิยมโดยทั่วไป เนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิและภาวะการอบแห้งที่ต่างกันย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งที่แตกต่างกัน การศึกษาวิธีการเตรียมเปลือกกุ้ง และภาวะที่ในการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถช่วยกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเปลือกกุ้งอบแห้งได้

ซูบเปลือกกุ้งเป็นหนึ่งในหลายเมนูที่เชฟผู้เชี่ยวชาญมีการคัดแปลงนำเอาเศษเหลือโดยเฉพาะในส่วนหัวและเปลือกของกุ้ง มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาต่อหนึ่งหน่วยบริโภคค่อนข้างสูง เนื่องจากใช้วัตถุดิบหลัก คือ เปลือกและหัวของเปลือกกุ้งลอปสเตอร์ เมนูนี้มีลักษณะเฉพาะ คือ มีกลิ่นหอมของเปลือกกุ้งทะเล มีสีที่น่ารับประทาน เมนูดังกล่าวไม่มีการเตรียมเปลือกกุ้งไว้ล่วงหน้า อีกทั้งกระบวนการเตรียมเปลือกกุ้งจะใช้เวลานาน ดังนั้นแนวทางในการเตรียมวัตถุดิบ โดยเลือกขนาดและภาวะการอบแห้งที่ส่งผลให้เปลือกกุ้งมีลักษณะทางกายภาพเป็นที่ต้องการ จึงเป็นแนวทางที่สามารถทำได้และมีศักยภาพในการผลิตในปริมาณมาก งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของขนาดเปลือกกุ้งขาวและภาวะการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งขาวอบแห้ง รวมถึงการนำเอาเปลือกกุ้งขาวอบแห้งไปใช้ในเมนูซูบเปลือกกุ้ง อีกทั้งตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการและการยอมรับของผู้บริโภค

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาผลของภาวะในการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งขาวขนาดต่าง ๆ
- 1.2.2 เพื่อนำเปลือกกุ้งอบแห้งไปใช้ในเมนูซูบเปลือกกุ้ง

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1.3.1 การเตรียมเปลือกกุ้ง 2 ลักษณะ ได้แก่ เปลือกกุ้งทั้งเปลือก และบดลดขนาด จากนั้นนำไปอบแห้งโดยใช้เครื่องอบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส
- 1.3.2 การตรวจสอบคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้ง ได้แก่ ความชื้น สี ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ และความสามารถในการละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 การคัดเลือกภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเปลือกกุ้งอบแห้งสำหรับการทำ  
 ชุปเปลือกกุ้ง

1.3.4 การผลิตชุปเปลือกกุ้งและการทดสอบทางประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของ  
 ผลิตภัณฑ์

#### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ช่วยเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบเศษเหลือและยืดอายุการเก็บรักษาของเปลือกกุ้ง โดยการอบแห้ง  
 และลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียได้

1.4.2 ช่วยให้อุตสาหกรรมการจัดและบริการอาหาร มีวัตถุดิบที่สะดวกต่อการนำไปใช้ในเมนู  
 การจัดและบริการอาหาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 สถานการณ์การผลิตและส่งออกกุ้งของไทย

ในช่วงปี 2558 ประเทศไทยประสบปัญหาขาดแคลนวัตถุดิบกุ้ง เนื่องจากกุ้งเป็นโรคตายด่วน ทำให้กุ้งที่เพาะเลี้ยงได้ในประเทศไทย มีปริมาณลดลงถึงร้อยละ 23.38 ถึงแม้ว่าหน่วยงานจากภาครัฐและเอกชน มีการแก้ปัญหาและควบคุมการระบาดของโรคกุ้งตายด่วนได้ในระดับหนึ่ง แต่ปริมาณการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวที่ได้ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากมีความต้องการผลิตภัณฑ์แปรรูป เพื่อการส่งออกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง วัตถุดิบจึงมีราคาแพงมากขึ้น ปริมาณการส่งออกของผลิตภัณฑ์จากกุ้งจึงมีแนวโน้มที่ลดลง แต่มูลค่าการส่งออกยังคงเพิ่มขึ้น โดยข้อมูลการนำเข้าและส่งออกแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 2.1 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) อย่างไรก็ตามมีการนำเข้ากุ้งดิบ แช่เย็น แช่แข็ง และกุ้งที่ผ่านการให้ความร้อน (กุ้งต้ม) จากต่างประเทศ เพื่อผลิตในประเทศไทย และส่งออกในรูปของกุ้งดิบ และกุ้งแปรรูป แช่เย็น และแช่แข็ง

หลังจากที่เกษตรกรประสบปัญหาโรคกุ้งตายด่วน ทางภาครัฐมีการอบรมเพื่อให้ความรู้แก่เกษตรกร ทั้งในด้านการควบคุม การป้องกันโรคหรือแม้แต่การพัฒนาสายพันธุ์กุ้ง ทำให้ผู้ผลิตกุ้งจากการเพาะเลี้ยง สามารถป้องกันวัตถุดิบเข้าสู่โรงงานได้มากขึ้นร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับปี 2558 ประกอบกับต่างประเทศประสบปัญหาโรคระบาดจากกุ้ง ทำให้ผู้บริโภคริโกลหันมาซื้อกุ้งสด แช่เย็น แช่แข็ง และกุ้งแปรรูปจากประเทศไทยเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณและมูลค่าการส่งออกของไทยกลับมาเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาต่อมา

ตารางที่ 2.1 ราคาส่งออก-นำเข้ากุ้งของไทย ปี 2554-2559

| ปี                  | ราคาส่งออก         |             | ราคานำเข้า         |             |
|---------------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
|                     | กุ้งแช่เย็นแช่แข็ง | กุ้งแปรรูป  | กุ้งแช่เย็นแช่แข็ง | กุ้งแปรรูป  |
|                     | (บาท / กก.)        | (บาท / กก.) | (บาท / กก.)        | (บาท / กก.) |
| 2554                | 259.19             | 302.94      | 63.43              | 12.78       |
| 2555                | 247.96             | 302.93      | 107.14             | 13.12       |
| 2556                | 302.52             | 346.40      | 147.39             | 13.14       |
| 2557                | 364.18             | 414.35      | 186.38             | 15.90       |
| 2558*               | 303.16             | 370.32      | 168.80             | 12.17       |
| อัตราเพิ่ม (ร้อยละ) | 7.23               | 7.41        | 28.55              | 0.95        |

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558

## 2.2 กุ้งขาว

ข้อมูลทั่วไปของกุ้งขาว (กมลศิริ พันธนิยะ, 2559) แสดงรายละเอียดดังนี้

กุ้งขาว (Pacific white shrimp) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า ลิโทพีเนียส แวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) เป็นกุ้งทะเลสายพันธุ์ที่มีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา เม็กซิโก กัวเตมาลา เป็นต้น โดยกุ้งสายพันธุ์นี้มีลักษณะเด่นคือมีความแข็งแรงและทนทานต่อสภาพแวดล้อม จึงมีการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติได้กว้างไกล ในแถบแนวชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก ตั้งแต่เม็กซิโกถึงเปรู เนื่องจากภูมิภาคในแถบนี้ที่ระดับความลึกจากเส้นแนวชายฝั่งลงไปประมาณ 72 เมตรหรือ 235 ฟุต มีพื้นที่ท้องทะเลเป็นเหมือนโคลนที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโต และเป็นแหล่งอาหารที่มีความอุดมสมบูรณ์

กุ้งขาวแวนนาไม มีเปลือกหัวสีขาวอมชมพูถึงแดง ขาเดินมีสีขาวซึ่งเป็นลักษณะเด่นของกุ้งขาว หนวดแดง 2 เส้นยาว ตาแดงเข้ม ส่วนตัวมี 6 ปล้อง เปลือกตัวสีขาวอมชมพูถึงแดง เปลือกบาง ขาววุ่นน้ำ 5 คู่ มีสีขาวข้างในที่ปลายมีสีแดง ส่วนของหางมี 1 ปล้อง ปลายหางมีสีแดงเข้ม แพนหางมี 4 ใบและ 1 กรีหาง ขนาดตัวที่โตสมบูรณ์เต็มที่ของกุ้งสายพันธุ์นี้จะมีขนาดเล็กกว่ากุ้งกุลาดำ มีการพัฒนาสายพันธุ์และการเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทย โดยลักษณะปรากฏของกุ้งขาวที่มีการใช้ อยู่ในโรงงานอุตสาหกรรม แสดงดังภาพที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในธรรมชาติของกุ้งขาวแวนนาไม จะมีอายุประมาณเกือบ 36 เดือน โดยจะวางไข่ที่ระดับน้ำลึก ประมาณ 30-60 มิลลิเมตรใกล้พื้นทราย ปกติแล้วแม่กุ้งขนาด 60-120 กรัม จะวางไข่ประมาณ 150,000 ถึง 250,000 ฟอง ส่วนแม่กุ้งขนาด 30-45 กรัม จะวางไข่ประมาณไม่เกิน 100,000 ฟอง โดยจะวางไข่ในตอนกลางคืนบนพื้น แม่กุ้งจะว่ายน้ำอย่างรวดเร็วอยู่ประมาณ 45-60 วินาที แล้วจึงเริ่มออกไข่ขณะที่ลดความเร็วลงอย่างช้าๆ เนื่องจากลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียของกุ้งขาวแวนนาไม นี้จะมีลักษณะเป็นแบบเปิด (Opened thelycum) แตกต่างจากลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียของกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วย ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปิด (Closed thelycum) ดังนั้นรูปแบบของการสืบพันธุ์และพฤติกรรมในการผสมพันธุ์จึงเป็นไปคนละลักษณะกับกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วย แต่กุ้งเลี้ยงจะมีอายุของกุ้งที่สั้นลง



ภาพที่ 2.1 กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

### 2.3 เปลือกกุ้ง

เปลือกกุ้ง (Shrimp shell) เป็น โครงสร้างภายนอกเกิดจากเศษเหลือจากการตัดแต่งในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมแปรรูปกุ้ง องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งได้แก่ โปรตีน เกล็ดไคติน ไซมัน เป็นต้น รายละเอียดแสดงตามตารางที่ 2.2 ปัจจุบันมีการนำเศษเปลือกกุ้งและหัวกุ้งมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ได้แก่การตากแห้ง แล้วบดเป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้

มีการนำไปผลิตไซเลจ (Silage) ซึ่งเป็นโปรตีนเหลวจากหัวกุ้ง เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น เบ็ด ไข่ ใช้ทดแทนโปรตีนบางส่วน นอกจากนี้ยังมีการนำเศษเหลือจากกุ้งไปสกัดเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสท (Protein hydrolysate) ผลิตเป็นขอสปริงรสกุ้งและสารปรุงแต่งกลิ่นรสกุ้ง เปลือกกุ้งยังมีส่วนประกอบของแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) ไคติน (Chitin) ซึ่งอยู่ร่วมกับโปรตีน และแร่ธาตุส่วนใหญ่เป็นเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต และเมื่อนำไคตินมากำจัดหมู่อะซิetyl (Acetyl) จะได้อนุพันธ์ของไคตินที่เรียกว่า ไคโตซาน (Chitosan) ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ใช้ในเครื่องสำอาง ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และใช้ในทางเภสัชกรรม (ประจวบ หล้าอุบล, 2537; ผกาวัตติ นารอง, 2543; สกฤตคุณ มากคุณ, 2546)

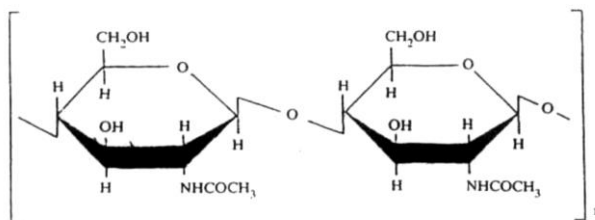
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้ง

| องค์ประกอบทางเคมี<br>(% น้ำหนักแห้ง) | Ibrahim et al. (1999) | Adeyeye et al. (2008) | Sindhu and Sherief (2011) | Khan and Nowsad (2012) |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|
| โปรตีน                               | 47.43                 | 36.6±1.2              | 29.71±0.85                | 48.50±1.30             |
| ไขมัน                                | 18.02                 | 28.5±0.1              | 29.40±0.69                | 22.70±0.17             |
| ไคติน                                | -                     | -                     | 23.80±0.80                | -                      |
| ไขมัน                                | 3.78                  | 10.3±0.0              | 2.06±0.02                 | 4.40±0.92              |

ที่มา : Ibrahim et al., 1999; Adeyeye et al., 2008; Sindhu and Sherief, 2011; Khan and Nowsad, 2012

### 2.3.1 ไคตินและไคโตซาน

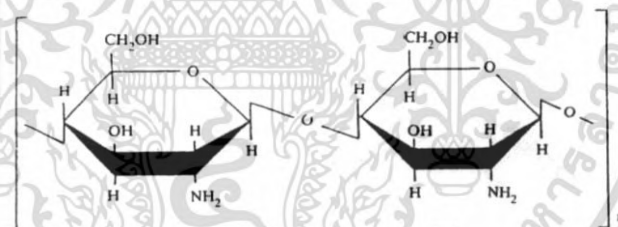
ไคติน จัดเป็นสารโพลีแซกคาไรด์ (Polysaccharide) ที่มีการจัดเรียงโมเลกุลของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิดกลูโคสต่อกันเป็นสายยาว หรือเรียกว่าเป็นสารโพลีเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างสำคัญของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยเฉพาะสัตว์พวกครัสเตเชียน (Crustacean) ไคตินมีองค์ประกอบสำคัญ 2 ชนิด ได้แก่ โปรตีนและแคลเซียมคาร์บอเนต โดยปกติจะพบในเปลือกกุ้งประมาณร้อยละ 14 ถึง 27 (ผกาวัตติ นารอง, 2543; Sindhu and Sherief, 2011) โครงสร้างทางเคมีของไคตินและไคโตซาน แสดงดังภาพที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ



ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างทางเคมีของไคติน

ที่มา : ผกาวดี นารอง (2543)

ไคโตซาน จัดเป็นสารดัดแปลงของไคติน เกิดจากมีการกำจัดหมู่อะซิทิล (deacetylation) ออกจากไคติน ทำให้เกิดเป็นสารพอลิเมอร์ที่มีความสามารถในการละลายในสารละลายได้หลายชนิดสะดวกในการนำไปใช้ได้มากกว่าไคติน (ผกาวดี นารอง, 2543) ไคตินและไคโตซานเป็นสารสกัดได้โดยใช้กรรมวิธีทางเคมี สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นในอุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมสิ่งทอและยังสามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของยาฮอร์โมนต่าง ๆ หรือใช้ทดแทนผิวหนังชั่วคราว



ภาพที่ 2.3 แสดงโครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน

ที่มา : ผกาวดี นารอง (2543)

### 2.3.2 แครอทินอยด์

แครอทินอยด์เป็นสารสีประเภทไฮโดรคาร์บอน พบทั่วไปในธรรมชาติสังเคราะห์ได้จากเนื้อเยื่อพืช พบมากในแครอท ส่วนสัตว์สังเคราะห์แครอทินอยด์ไม่ได้ แต่สามารถเปลี่ยนแครอทินอยด์ที่บริโภคเข้าไปให้เป็นวิตามินเอได้ หรืออาจนำไปเก็บสะสมไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ เช่น แครอทินอยด์ที่พบในปลาแซลมอน ไข่แดง กุ้ง และปู ปริมาณแครอทินอยด์ที่พบในสัตว์จะมีไม่เกินร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักแห้งโดยในกุ้งและปูจะมีแครอทินอยด์ซึ่งรวมตัวอยู่กับ

โปรตีน ทำให้ได้เป็นสีน้ำเงิน หรือเทาอมน้ำเงิน เกิดจากสารแอสตาแซนธินซึ่งเป็นแครอทินอยด์ที่มีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออยู่ภายใต้เงื่อนไขข้อนี้การตีพิมพ์หรือการนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีแดง เมื่อจับกับโปรตีนจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน เมื่อนำกุ้ง ปู ไปต้มหรือทำให้ได้รับความร้อน โปรตีนจะเสียสภาพธรรมชาติแยกตัวออกทำให้สีแดงของแอสตาแซนธินปรากฏขึ้น โดยปกติแล้ว สีของแคโรทีนอยด์จะเปลี่ยนไปตามจำนวนของพันธะคู่ชนิดคอนจูเกตในโมเลกุล แคโรทีนอยด์ที่พบในอาหารส่วนมากพันธะคู่จะอยู่ในรูปออลทรานส์ (All-trans) อาจพบซิสบ้างเป็น โมโน-ซิส (Mono-cis) หรือ ไค-ซิส (Di-cis) แต่น้อยมาก หากมีโครงสร้างเป็นออลทรานส์จะมีสีเข้ม และถ้ามีจำนวนพันธะคู่ที่อยู่ในรูปซิสเพิ่มมากขึ้นสีจะจางลง ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนจากทรานส์เป็นซิสคือ แสง ความร้อน และกรด เมื่ออาหารได้รับอุณหภูมิสูงจะเกิด trans-cis isomerization ได้ แคโรทีนอยด์ยังสลายตัวได้ง่ายเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะเมื่อละลายอยู่ในน้ำมัน จึงถูกทำลายได้ง่ายเมื่อน้ำมันเกิดการออกซิเดชันปฏิกิริยาการสลายตัวของเบต้าแคโรทีนเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ นอกจากนี้แคโรทีนอยด์ยังมีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งมีส่วนช่วยในการยับยั้งการเกิดโรคมะเร็งและโรคเรื้อรังอื่น ๆ ได้อีกด้วย (ประจวบ หล้าอุบล, 2537; นิธิยา รัตนพานนท์, 2553)

### 2.3.3 แอสตาแซนธิน

แอสตาแซนธิน (3,3'-dihydroxy- $\beta$ - $\beta$ -carotene-4'-dione) เป็นสารที่ให้สีส้มแดงที่มีความเสถียรน้อยที่สุดในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ พบมากในคริสต์เคซีทั้งทะเลและน้ำจืดตามธรรมชาติจะพบในรูปของการจัดเรียงโครงสร้างแบบทรานส์ไอโซเมอร์ทั้งหมด เนื่องจากมีความเสถียรมากกว่าแบบซิส แอสตาแซนธินมีความไวต่อแสง อุณหภูมิ พีเอช ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปัจจัยเหล่านี้จะทำให้เกิดปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชัน โดยเปลี่ยนโครงสร้างจากเดิมที่อยู่ในรูปซิสทำให้คุณสมบัติการเป็นโปรวิตามินเอลดลง ซึ่งแอสตาแซนธินจะมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าแคโรทีนอยด์ตัวอื่น ๆ และวิตามินอีตรงที่มีออกซิเจน โมเลกุลสองตำแหน่งจึงเพิ่มความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระและยังสามารถหยุดการทำลายปฏิกิริยาถูกโซอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังสามารถกระตุ้นการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน ช่วยป้องกันการอักเสบ ช่วยป้องกันเยื่อหุ้มเซลล์และสารพันธุกรรมในเซลล์จากการถูกทำลาย ทำให้ไม่เกิดการกลายพันธุ์ของเซลล์ ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งได้ ป้องกันเซลล์ผิวจากการทำลายโดยแสงแดด ป้องกันและฟื้นฟูจอตาที่เสื่อมซึ่งพบมากในผู้สูงอายุ (Miki, 1991; Shimidzu et al., 1996; Naguib, 2000; Affandi et al., 2011; Yuan et al., 2011; Yang et al., 2013; ธรรมรัตน์ แสงหิรัญ, 2556)

ปัจจุบันได้มีการนำเอาแอสตาแซนธินไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น นำไปใช้ผสมในอาหารสัตว์ เพื่อทำให้สัตว์เหล่านั้นมีสีเนื้อที่ดี และยังช่วยให้ปลามีการเจริญเติบโตที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นเดียวกันกับในอาหารของมนุษย์ได้มีการนำแอสตาแซนธินมาใช้เพื่อช่วยเรื่องสีของผลิตภัณฑ์ เช่น ใช้ทาที่ผิวของปู้ดแทนการใช้สีสังเคราะห์ ในทางการแพทย์เพื่อช่วยกำจัดอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดโรคมะเร็งและเนื้องอก (สกุลคุณ มากคุณ, 2546)

## 2.4 การลดขนาด

การลดขนาด (Size reduction) ซึ่งอาหารสามารถทำได้หลายวิธี การลดขนาดของแข็งโดยส่วนใหญ่จะอาศัยการบด การกดอัด หรือการใช้แรงกระแทก การลดขนาดของแข็งจนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความละเอียดขนาดแป้งหรืออนุภาคเล็ก ๆ เรียกว่า การบดละเอียด (Comminution) การลดขนาดของสารที่ไม่เข้ากันกับของเหลว เช่น เม็ดไขมันในน้ำให้เข้ากันได้เรียกว่า โฮโมจีไนเซชัน (Homogenization) หรืออิมัลซิฟิเคชัน (Emulsification) การลดขนาดของอาหารมีประโยชน์ในกระบวนการผลิตอาหาร โดยจะช่วยเพิ่มพื้นผิวต่อปริมาตรของอาหารซึ่งช่วยให้อาหารได้รับการถ่ายเทและแลกเปลี่ยนความร้อนหรือการทำให้เย็น และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและอัตราการสกัดสารที่ละลายได้ในน้ำ การลดขนาดและการร่อนคัดแยกจะทำให้ขนาดอนุภาคของอาหารใกล้เคียงกัน และมีขนาดตามที่ต้องการ ช่วยให้การผสมส่วนผสมต่าง ๆ ทำได้ดี หรือช่วยให้สมบัติการทำงาน หรือกระบวนการแปรรูปขั้นต่อไปทำได้ง่ายขึ้น (วิไล รังสาทอง, 2543)

## 2.5 การทำแห้ง

การทำให้แห้ง หรือการกำจัดน้ำ (Dehydration) หมายถึง การใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหารโดยระเหยน้ำหรือการระเหิดของแข็งในการอบแห้งแบบระเหิด (Freeze drying) คำจำกัดความนี้จะไม่รวมถึงการกำจัดน้ำออกอาหารด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น การแยกโดยทางกล การทำให้เข้มข้นโดยการใช้เมมเบรน การระเหย และการอบ เนื่องจากในกระบวนการเหล่านี้จะมีการกำจัดน้ำน้อยกว่าการทำให้แห้ง การกำจัดน้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร โดยการกำจัดน้ำจะส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีลดลง ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการมักจะต่ำพอที่จะยังการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นการกำจัดน้ำยังช่วยลดน้ำหนักและปริมาณของอาหารจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและขนส่ง ช่วยเพิ่มความ

หลากหลายและความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค ถึงอย่างไรก็ตามการทำแห้งทำให้เกิดการสูญเสียทั้งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพการบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการทางอาหาร ดังนั้นในการออกแบบเครื่องทำแห้งจะมีวัตถุประสงค์หลัก คือ การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำอาหารแต่ละชนิดให้แห้ง และการสูญเสียคุณภาพการบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่สุด ตัวอย่างอาหารแห้งที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมที่สำคัญ ได้แก่ น้ำตาล กาแฟ นม มันฝรั่ง แป้ง ถั่ว ถั่วลิสง ส่วนผสมสำหรับการทำขนมปัง อาหารเข้าประเภทที่ทำมาจากธัญพืช ชา และเครื่องเทศ (วิลโลว์ รังสาตทอง, 2543)

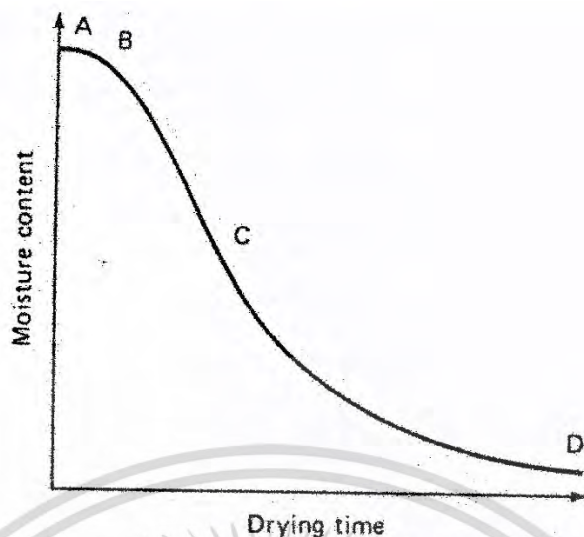
### 2.5.1 หลักการพื้นฐานและกลไกของการทำแห้ง

เมื่ออากาศหรือลมร้อนผ่านผิวหน้าอาหาร ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหาร และน้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ ทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอด้านในของอาหารเป็นผลทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำขึ้น น้ำในอาหารจะเคลื่อนที่ไปยังผิวหน้าด้วยกลไกต่าง ๆ ได้แก่ การเคลื่อนที่ของของเหลวโดยแรงแคปิลารี การแพร่ของของเหลวซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของตัวละลายในส่วนต่างๆของอาหาร การแพร่ของของเหลวซึ่งถูกดูดซับโดยผิวหน้าของของแข็งในอาหาร และความแตกต่างของความดันไอทำให้เกิดการแพร่ของไอน้ำในช่องอากาศของอาหารอีกด้วย (วิลโลว์ รังสาตทอง, 2543)

น้ำที่มีอยู่ในอาหาร และระดับความยากง่ายของการกำจัดน้ำเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหาร โดยการกำจัดน้ำออกไปจะมีความยากง่ายแตกต่างกันขึ้นอยู่กับว่าน้ำนั้นอยู่ในกลุ่มใด โดยที่น้ำอิสระจะระเหยและกำจัดออกไปในตอนแรก ถัดมาเป็นโมเลกุลที่ยึดด้วยพันธะไฮโดรเจนและสุดท้ายจะเป็นน้ำที่ยึดด้วยพันธะออสโมติก นอกจากนี้กลไกที่แตกต่างกันของน้ำที่ยึดกับของแข็งยังมีผลต่อลักษณะเฉพาะของคุณภาพอาหารระหว่างการเก็บ (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2535)

### 2.5.2 กราฟอัตราการทำแห้ง

เส้นกราฟการทำแห้ง (Drying curve) คือ เส้นกราฟที่ใช้ในการสังเกตการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในอาหารตามเวลาการทำแห้ง โดยปริมาณความชื้นจะใช้ค่าร้อยละความชื้นฐานแห้ง (%db) หรือปริมาณความชื้น (กรัม/กรัมของแข็งแห้ง) สำหรับลักษณะเส้นกราฟการทำแห้งแสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 เส้นกราฟการทำแห้ง

ที่มา : วิไล รังสาตทอง (2543)

จากภาพที่ 2.4 จะเห็นว่าในระหว่างการทำแห้ง มีการแบ่งช่วงของอัตราการแห้งเป็น 3 ช่วงใหญ่ ๆ โดยเมื่อเริ่มต้นการทำแห้งเป็นเวลาที่ใช้ในการทำให้ผิวหนังอาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงอุณหภูมิกระเปาะเปียก คือ ช่วง A-B (Initial rate period) จากนั้นการทำแห้งจะเข้าสู่ช่วงอัตราคงที่ คือ ช่วง B-C (Constant rate period) ซึ่งอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากด้านในอาหารจะเท่ากับอัตราการระเหยของน้ำออกจากผิวหนังไปยังนอกอาหาร ผิวหนังอาหารจะยังเปียก และปริมาณความชื้นลดลงอย่างคงที่ ซึ่งการทำแห้งช่วงอัตราคงที่จะดำเนินไปจนถึงความชื้นวิกฤต คือ ช่วง C-D (Critical moisture content) ซึ่งเป็นความชื้นที่การทำแห้งเข้าสู่ช่วงอัตราลดลงแล้วคงที่ (Falling rate period) โดยในการทำแห้งช่วงนี้ ฟิล์มอากาศรอบอาหารจะกีดขวางการถ่ายเทความร้อนและไอน้ำ อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากด้านในอาหารน้อยกว่าอัตราการระเหยน้ำออกจากผิวหนัง ผิวหนังอาหารจึงแห้งและปริมาณความชื้นลดลงในอัตราที่ต่ำลงจนคงที่ในจุดที่เรียกว่า ความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content) (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2535; วิไล รังสาตทอง, 2543)

### 2.5.3 ปัจจัยและผลของการทำแห้งที่มีต่ออาหาร

ในระหว่างการทำแห้งจะเกิดปรากฏการณ์ที่สำคัญ 2 ประการ ได้แก่ การส่งผ่านความร้อน (Heat transfer) จากแหล่งให้ความร้อนไปยังน้ำในอาหาร และการเคลื่อนที่ของมวล (Mass transfer) ของน้ำในอาหารมาที่ผิวหนังเพื่อระเหยออกไป โดยปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่ออัตราการแห้งอาหาร ได้แก่ สภาพธรรมชาติของอาหาร ขนาด รูปร่าง การเตรียมและการจัดเรียงอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิในขณะที่ทำแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่เป็นตัวกลาง ความดันของบรรยากาศ และความเร็วลมในขณะที่ทำแห้ง (โชคชัย ชีรกุลเกียรติ, 2545)

เทคนิคและสภาวะที่ใช้ในการทำแห้งอาหารจะส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสกลิ่นรส คุณค่าทางโภชนาการ และเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร โดยอุณหภูมิและอัตราการทำแห้งมีผลมากต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่า การทำแห้งที่อุณหภูมิและอัตราการทำแห้งที่ต่ำกว่า การระเหยของน้ำส่งผลให้ตัวละลายที่ผิวของอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น อุณหภูมิที่สูงของอากาศทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าของอาหารและทำให้ผิวแห้งแข็ง (Case hardening) ซึ่งจะลดอัตราการทำแห้ง และให้อาหารที่มีผิวหน้าแห้งแต่ภายในชื้น นอกจากนี้สารหอมระเหยบางชนิดอาจสูญเสียไปในระหว่างการทำแห้งเนื่องจากความร้อน ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ อาจเกิดการสูญเสียกลิ่นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่าง รังควัตถุ วิตามิน และไขมันในอาหาร เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในนมผงแห้งทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน เป็นต้น (โชคชัย ชีรกุลเกียรติ, 2545; วิไล รังสาดทอง, 2543)

ความร้อนในการทำแห้งอาหารยังส่งผลต่อองค์ประกอบต่าง ๆ ของอาหาร เช่น ความร้อนมีผลต่อการเสียดสภาพธรรมชาติของโปรตีนในอาหาร หากอุณหภูมิในการทำแห้งไม่สูงเกินไป อาจมีผลทำให้โปรตีนในอาหารแห้งสามารถย่อยโดยเอนไซม์ในร่างกายได้ง่ายขึ้น เป็นต้น แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น ชนิดของอาหาร และวิธีการทำแห้ง แต่ถ้าทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน อาจส่งผลให้โปรตีน และกรดอะมิโนเกิดการอาจสลายตัว ร่างกายจะสามารถใช้ประโยชน์ได้น้อยลง สารอาหารส่วนใหญ่ที่ละลายได้ในไขมันจะคงอยู่ในส่วนของอาหารแห้ง แต่สามารถเกิดการสูญเสียจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน อาหารที่มีน้ำตาลมาก อาจเกิดปฏิกิริยามอลาร์ด (Maillard reaction) และคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) ได้ นอกจากนี้วิตามินบางชนิดในอาหารเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการสลายตัว เช่น วิตามินซี ในผลไม้ เป็นต้น ซึ่งวิตามินต่าง ๆ มีความสามารถในการละลายน้ำที่แตกต่างกัน วิตามินบางชนิดอาจเกิดการอึดตัวและตกตะกอนในสารละลาย ทำให้เกิดการสูญเสียย่อย (โชคชัย ชีรกุลเกียรติ, 2545; วิไล รังสาดทอง, 2543)

การทำแห้งส่งผลให้ปริมาณน้ำในอาหารลดลงทำให้ค่าปริมาณน้ำอิสระลดลง ซึ่งไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้

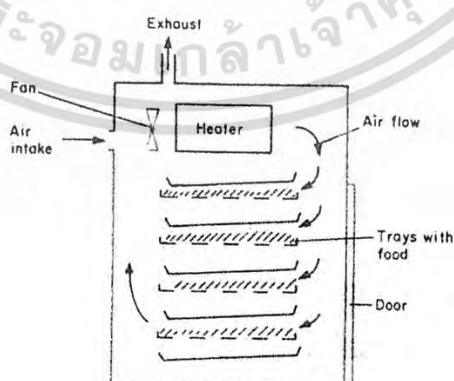
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีความสามารถในการเจริญเติบโตในสภาวะที่แตกต่างกันออกไป (โชคชัย ธีรกุลเกียรติ, 2545; วิไล รังสาดทอง, 2543)

#### 2.5.4 ระบบการทำแห้ง

ระบบการทำแห้งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด จะต้องรักษาความแตกต่างของความดันไอ และความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศและส่วนในของผลิตภัณฑ์ให้ได้สูงสุด ควบคู่กับ สัมประสิทธิ์การพาที่ผิวของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงสามารถทำให้เกิดขึ้นได้กับระบบการทำแห้งแบบ ต่าง ๆ ได้

เครื่องอบแห้งแบบถาด ประกอบไปด้วยถาดเดี่ยว ๆ ที่มีช่องตาข่ายอยู่ด้านล่างและบุ เครื่องด้วยฉนวนในแต่ละถาดจะบรรจุอาหารชิ้นบาง ๆ ขนาด 2-6 เซนติเมตร อากาศร้อนจะไหล หมุนเวียนอยู่ในตู้ที่ความเร็วลม 0.5-5 เมตร/วินาที/เมตร ของพื้นที่ผิวของถาด มีระบบท่อเพื่อนำลม ร้อนขึ้นไปด้านบนผ่านแต่ละถาดเพื่อให้ลมร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอ อาจมีการติดตั้งเครื่องทำ ความร้อนเพิ่มด้านบนหรือด้านข้างของถาดเพื่อเพิ่มอัตราการทำแห้ง นิยมใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด ในการผลิตอาหารในปริมาณต่ำ (1-20 ตัน/วัน) หรือสำหรับใช้ในโรงงานต้นแบบ เครื่องอบชนิดนี้ ใช้เงินลงทุนและค่าดูแลรักษาต่ำ แต่ควบคุมดูแลยาก และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงต้องการหมุนถาดของผลิตภัณฑ์เพื่อช่วยปรับปรุงการอบแห้งให้สม่ำเสมอขึ้น ภาพที่ 2.5 แสดงการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาดทั่วไป (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2535; วิไล รังสาดทอง , 2543)



ภาพที่ 2.5 การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาดทั่วไป

ที่มา : วิไล รังสาดทอง (2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.5 การดูดกลืนน้ำกลับ

การดูดกลืนน้ำกลับ (Rehydration) ไม่ใช่ปฏิกิริยาย้อนกลับของการทำแห้ง การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการทำแห้งอาหารไม่สามารถย้อนกลับไปเหมือนเดิมได้ ความร้อนในการทำแห้งจะลดระดับการดูดกลืนน้ำและความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ ทำให้โปรตีนจับตัวกันและลดความสามารถในการอุ้มน้ำ อาหารที่ทำแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมมากกว่าจะเกิดความเสียหายน้อยกว่าและดูดกลืนน้ำได้เร็วกว่าอาหารที่ทำแห้งที่สภาวะเหมาะสมน้อยกว่า (วิลลิงฮาดทอง, 2543)

การดูดกลืนน้ำกลับเป็นกระบวนการทำให้อาหารแห้งกลับไปมีความชื้น และการดูดกลืนน้ำกลับยังเป็นหนึ่งในตัววัดคุณภาพของอาหารแห้ง (Akonor et al., 2016) ในระหว่างการดูดกลืนน้ำกลับจะมีกระบวนการ 3 กระบวนการที่เกิดขึ้น ได้แก่ กระบวนการดูดซึมน้ำของอาหารแห้ง การพองตัว และการละลายออกมาของสารที่ละลายได้ (Guizani et al., 2008) นอกจากนี้ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับยังขึ้นกับระดับการถูกทำลายของเซลล์และโครงสร้างของอาหารแห้งเนื่องจากระดับการถูกทำลายนี้เป็นตัวทำให้เกิดโพรงหรือโครงสร้างที่เป็นทางเข้าของน้ำในการดูดกลืนน้ำ (Niamnuy et al., 2007; Guizani et al., 2008; Vega-Galvez et al., 2011; Akonor et al., 2016)

### 2.6 ซุปเปลือกกุ้ง

ซุป (Soup) คือ อาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลวได้จากเนื้อสัตว์ หรือ ผัก มีการปรุงแต่งรส กลิ่น เสริฟได้ทั้งเป็นอาหารเรียกน้ำย่อย และอาหารจานหลัก ซุปเปลือกกุ้ง (Shrimp bisque) เป็นซุปในกลุ่มของซุปข้น (Thick soup) ซึ่งเป็นซุปที่มีความข้นมากกว่าใส ส่วนใหญ่ทำให้ข้นหนืดด้วยสารเพิ่มความข้นหนืด (Thickening agent) เช่น รูห์ (Roux) เป็นต้นหรืออาจนำมาปั่นโดยมีส่วนผสมมากกว่าหนึ่งชนิดเพื่อให้ซุปมีความเข้มข้นมากขึ้น บิสต์ (Bisque) ดั้งเดิมเป็นซุปที่ทำจาก Shellfish และทำให้ข้นด้วยข้าวสาลี ปัจจุบันนิยมใช้รูห์เป็นตัวเพิ่มความข้นหนืดมีการเตรียมคล้ายกับครีมซุป แต่มีส่วนประกอบอื่น ๆ มากกว่า (ธีรศักดิ์ อินทร์ช่วย, 2557)

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำซุปเปลือกกุ้งโดยส่วนใหญ่แล้วจะประกอบด้วย หัวกุ้งและ/หรือเปลือกกุ้ง หอมใหญ่ คื่นช่าย แครอท ไบรกระวานหรือไบโทม เหล้า หรือวิสกี้ หรือบรันดี หรือไวน์ เพื่อช่วยในการดับกลิ่นคาว เนื้อมะเขือเทศเข้มข้นและ/หรือมะเขือเทศสด พริกไทยดำ เกลือ นมสดและ/หรือ

ครีม เนย แป้งสาลี และเนื้อกุ้ง ครีมและ/หรือเครื่องเทศสำหรับตกแต่งหน้า ยกตัวอย่างเช่น โรสแมรี่ พาสลีย์สับ ไชวปี และพริกไทยดำ เป็นต้น (ศักดิ์เพ็ชร เรืองแพ, 2556; ชีรศักดิ์ อินทร์ช่วย, 2557; Miles, 2016)

วิธีการทำซूपเปลือกกุ้งมีอยู่หลายวิธีแต่มีความคล้ายคลึงกัน โดยทั่วไปแล้วจะนำเปลือกกุ้งไปอบก่อน หรือนำเปลือกกุ้งไปผัดคั่วให้หอมก่อน จากนั้นนำมาผัดกับเนย เครื่องต่าง ๆ (มะเขือเทศ แครอท หอมใหญ่ คื่นช่ายฝรั่ง) และเครื่องเทศต่าง ๆ (พริกไทย เกลือ) จากนั้นเติมน้ำแล้วต้มเคี่ยวให้งวดลงครึ่งหนึ่งโดยประมาณ ยกออกจากเตาปล่อยให้เย็น จากนั้นจะมารองเอาแต่น้ำโดยก่อนกรองจะปั่นหรือไม่ปั่นก็ได้ นำส่วนของน้ำซूपที่กรองได้ยกขึ้นตั้งไฟอีกครั้ง ปล่อยให้เดือดก่อนแล้วค่อย ๆ เติมนมสด หรือครีม หรือทั้งนมสดและครีมลงไป จากนั้นจะใช้น้ำแป้งสาลี หรือแป้งสาลีผสมเนย ผัด หรือที่เรียกว่า รูห์ เพื่อเพิ่มความข้นให้กับซूप เทคนิคในการทำซूप คือ เวลาทำจะต้องปล่อยให้ซूपที่ได้เย็นตัวตามธรรมชาติก่อนแล้วค่อยนำมากรองเอาแต่น้ำ ถ้ารีบกรองตอนร้อน จะทำให้กลิ่นหอมและสารละลายจากเปลือกกุ้งและส่วนผสมอื่น ๆ จะละลายออกมาได้น้อย (ศักดิ์เพ็ชร เรืองแพ, 2556; ชีรศักดิ์ อินทร์ช่วย, 2557; Miles, 2016)



ภาพที่ 2.6 ซूपเปลือกกุ้ง (Shrimp bisque)

ในการเสิร์ฟซूप ซूपสามารถเสิร์ฟได้ทั้งเป็นอาหารเรียกน้ำย่อย (Appetizer) และอาหารจานหลัก (Main course) ปริมาณในการเสิร์ฟ สำหรับอาหารเรียกน้ำย่อย คือประมาณ 200-250 มิลลิลิตรและ สำหรับอาหารจากหลัก ประมาณ 300-350 มิลลิลิตร ควรเสิร์ฟซूपร้อนในซามร้อนหรือถ้วยร้อน ในส่วนของการตกแต่งหน้าซूप โดยส่วนใหญ่จะนิยมแต่งด้วยครีมสดในซूपที่มีส่วนผสมของครีมสด และใช้เครื่องเทศตกแต่งหน้า ส่วนที่ใช้รับประทานร่วมกับซूप เช่น ขนมปังอบกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(กรุดอง) เครกเกอร์ เป็นต้น ซึ่งจะช่วยเพิ่มผิวสัมผัสให้กับซูปมากยิ่งขึ้น (ศักดิ์เพ็ชร เรื่องแพ, 2556; ชिरศักดิ์ อินทร์ชัย, 2557)

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Posomboon (1998) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณภาพของกุ้งแห้ง พบว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ (70 องศาเซลเซียส) ในการอบแห้งจะทำให้ผลิตภัณฑ์กุ้งแห้งมีสีและคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับมากที่สุด ในขณะที่การอบแห้งที่อุณหภูมิสูง (140 องศาเซลเซียส) จะส่งผลกระทบต่อสีของกุ้งแห้งเมื่อเทียบกับการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ

Ibrahim et al. (1999) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณค่าทางโภชนาการและการนำเปลือกกุ้งและหัวกุ้ง ไปใช้ในโครเก็ท โดยพบว่าในเปลือกกุ้งและหัวกุ้งมีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง และมีแร่ธาตุโดยเฉพาะ Ca P Na และ Zn ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ในเปลือกกุ้งมีปริมาณกรดอะมิโนมากกว่าในหัวกุ้ง โดยกรดอะมิโนหลักที่พบในเปลือกกุ้งและหัวกุ้งใน คือ กรดกลูตามิก เมื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์โครเก็ท พบว่าการเติมเปลือกกุ้งและหัวกุ้งที่ร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภคมากที่สุด

Adeyeye et al. (2008) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของหัวและเปลือกกุ้งเทียบกับเนื้อของกุ้ง พบว่าในหัวและเปลือกกุ้ง และเนื้อกุ้งมีโปรตีนและเถ้าในปริมาณมาก และมีคาร์โบไฮเดรตและใยอาหารในปริมาณน้อย โดยในหัวและเปลือกกุ้งจะมีปริมาณแร่ธาตุมากกว่าในเนื้อกุ้ง และพบว่าหัวและเปลือกกุ้ง และเนื้อกุ้งมีความสามารถในการดูดกลืนน้ำ และความสามารถในการดูดกลืนน้ำมันที่ค่อนข้างสูง นอกจากนี้พบว่าความสามารถในการละลายของโปรตีนในส่วนหัวและเปลือกกุ้ง และส่วนของเนื้อกุ้งจะสูงทั้งในช่วงพีเอชที่เป็นกรดและเป็นเบส โดยส่วนหัวและเปลือกกุ้งมีจุดไอโซอิเล็กทริกที่ 5.0 และส่วนเนื้อกุ้งมีจุดไอโซอิเล็กทริกที่ 7.0 แสดงว่าโปรตีนในส่วนหัวและเปลือกกุ้งจะละลายได้น้อยที่พีเอช 5.0 และโปรตีนในส่วนเนื้อกุ้งจะละลายได้น้อยที่พีเอช 7.0 ซึ่งการละลายของโปรตีนอาจเกิดจากการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนเนื่องจากผลของพีเอช โดยความสามารถในการละลายของโปรตีนในส่วนของเนื้อกุ้งจะต่ำกว่าใน

ส่วนหัวและเปลือกกุ้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่แตกต่างกันทำให้รูปแบบของโปรตีนแตกต่างกัน

Niamnuy et al. (2008) ทำการอบแห้งกุ้งขาวโดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส และเก็บที่สภาวะการเก็บแบบปกติและภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 4 15 และ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีและการสลายตัวของแอสตาแซนธินของกุ้งเป็นเวลา 16 อาทิตย์ พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีการสลายตัวของแอสตาแซนธินในกุ้งแห้งน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ การเก็บกุ้งแห้งภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่ำทำให้แอสตาแซนธินมีความคงตัว นอกจากนี้พบว่าการสลายตัวของแอสตาแซนธินมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสีกุ้ง

Vega-Galvez et al. (2011) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อปัจจัยคุณภาพของหมีก พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ความชื้นลดลงช้ากว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำเนื่องมาจากการเกิดเปลือกแข็งที่ผิวหน้าของตัวอย่าง และเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นจะส่งผลให้การดูดกลืนน้ำกลับและค่าความสว่างของตัวอย่างจะมีค่าลดลง

Khan และ Nowsad (2012) ได้ศึกษาผลของปริมาณผงเปลือกกุ้งที่มีต่อคุณภาพของแครกเกอร์ กุ้ง โดยนำเปลือกกุ้งไปล้าง และอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดผสม จะได้เป็นผงเปลือกกุ้ง โดยในแครกเกอร์กุ้งจะมีการใช้ผงเปลือกกุ้งในปริมาณที่แตกต่างกันที่ร้อยละ 5 10 และ 20 พบว่าเมื่อปริมาณผงเปลือกกุ้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีนเพิ่มมากขึ้น แต่จะทำให้คุณภาพของรสชาติ สี และกลิ่นลดลงเล็กน้อย การใช้ผงเปลือกกุ้งที่ร้อยละ 10 ทำให้ได้แครกเกอร์ที่มีคุณภาพดีที่สุดในด้านของคุณค่าทางโภชนาการ และลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ความกรอบ สี กลิ่นรส และลักษณะปรากฏ

Hosseinpour et al. (2013) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและความเร็วลมต่อการเปลี่ยนแปลงสีของกุ้งแห้ง พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นและใช้เวลาในการอบแห้งที่นานขึ้นค่าความสว่างของตัวอย่างจะมีค่าลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90-120 องศาเซลเซียส ในช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรกของการอบแห้งค่าสีแดงจะเพิ่มขึ้นแล้วลดลงแล้วจะมีการเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ส่วนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส ค่าสีแดงจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ส่วนค่าสีเหลืองจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด นอกจากนี้ยังพบว่าความเร็วลมในการอบแห้งส่งผลต่อค่าความสว่างและค่าความแตกต่างของค่าสีอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p < 0.01$ )

Akonor et al. (2016) ได้ศึกษาผลของวิธีการอบแห้งแบบดั้งเดิม ได้แก่ การตากแดด และการอบด้วยเครื่องอบลมร้อนต่อปัจจัยคุณภาพของกุ้งแห้ง พบว่าปริมาณโปรตีนในตัวอย่างที่ได้จากการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนและการตากแดดไม่แตกต่างกัน แต่การอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนส่งผลให้ปริมาณไขมันในตัวอย่างมีปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การตากแดดจะส่งผลให้กุ้งแห้งมีสีคล้ำ และมีคุณภาพด้อยกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน ในการอบแห้งเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างของตัวอย่างจะมีค่าลดลง ค่าสีแดงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงหลัง ส่วนค่าสีเหลืองจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และเมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าสีเหลืองจะมีค่าลดลง

## บทที่ 3

### วัตถุดิบและวิธีการทดลอง

#### 3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมี

##### 3.1.1 วัตถุดิบ

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| 3.1.1.1 เปลือกกุ้ง            | บริษัท มาริน โกลด์ โปรดักส์ จำกัด<br>อ.เมือง จ.สมุทรสาคร |
| 3.1.1.2 หอมใหญ่               | Gourmet Market Promenade, Thailand                       |
| 3.1.1.3 คื่นช่ายฝรั่ง         | Gourmet Market Promenade, Thailand                       |
| 3.1.1.4 ใบกระวาน              | ตรามือที่ 1, Thailand                                    |
| 3.1.1.5 พริกไทยดำ             | McCormick, USA   |
| 3.1.1.6 เกลือป่น              | ปรุงทิพย์, Thailand                                      |
| 3.1.1.7 เนื้อมะเขือเทศเข้มข้น | Ayam Brand, Thailand                                     |
| 3.1.1.8 แป้งสาลีละลายน้ำ      | บริษัท ยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ จำกัด<br>(มหาชน), Thailand      |
| 3.1.1.9 นมสด                  | ดัชมิลล์, Thailand                                       |
| 3.1.1.10 ครีมสด               | แมคโนเลีย, Thailand                                      |
| 3.1.1.11 เนยจืด               | ออร์คิด, Thailand  |
| 3.1.1.12 น้ำ                  | -  |
| 3.1.1.13 ไวน์ขาว              | Nadin Bin 22; 2015, South Australia                      |

##### 3.1.2 อุปกรณ์

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| 3.1.2.1 เครื่องวัดสี (Colorimeter)     | HunterLab ColorQuestXE, USA   |
| 3.1.2.2 ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump)     | SIBATA WJ-20, Japan           |
| 3.1.2.3 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง   | Mettler Toledo, Switzerland   |
| 3.1.2.4 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)     | Memmert, Germany              |
| 3.1.2.5 ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer) | Progress Electronic, Thailand |
| 3.1.2.6 กระดาษกรอง เบอร์ 4             | Whatman, UK                   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.7 ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminum can) -, Thailand

3.1.2.8 เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)

3.1.2.9 ถุงโพลีเอทิลีน (Polyethylene bag)

3.1.2.10 ที่คีบ (Tong)

3.1.2.11 โถดูดความชื้น (desiccator)

3.1.2.12 เครื่องแก้วสำหรับงานวิเคราะห์

3.1.2.13 เครื่องครัว เช่น มีด เขียง กะละมังสแตนเลส ฯลฯ

3.1.2.14 เต้าแก๊ส

3.1.2.15 โถปั่น Tefal Type MF800, France

### 3.1.3 สารเคมี

3.1.3.1 น้ำกลั่น

3.1.3.2 น้ำส้มสายชู (กรดอะซิติก 5%) ทิพรส, Thailand

## 3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

### 3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำเปลือกกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) แซ่เยือกแข็งที่ได้จากการแปรรูปกุ้งขาวแบบ มีหาง (Tail-on) จากบริษัท มารีน โกลด์ โปรดักส์ จำกัด อ.เมือง จ.สมุทรสาคร มาล้างทำความสะอาด ด้วยน้ำเปล่าในอัตราส่วนเปลือกกุ้ง 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 5 ลิตร จากนั้นล้างด้วยสารละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.3 โดยใช้อัตราส่วนเปลือกกุ้ง 5 กิโลกรัมต่อน้ำเกลือ 5 ลิตร และล้างด้วยน้ำเปล่า อัตราส่วนเปลือกกุ้ง 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 5 ลิตรอีกครั้ง จากนั้นนำมาผึ่งให้สะเด็ดน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที บรรจุใส่ถุงพลาสติก 2 ชั้น ถุงละ 500 กรัม ปิดสนิท แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ที่บริษัท แปซิฟิค ห้องเย็น จำกัด อ.เมือง จ.สมุทรสาคร ในการทดลองจะใช้ตัวอย่าง ให้หมดภายในระยะเวลา 8 เดือน

การนำเปลือกกุ้งแช่เยือกแข็งมาใช้ในการทดลอง โดยขนส่งเปลือกกุ้งแช่เยือกแข็งจาก บริษัท แปซิฟิค ห้องเย็น จำกัด อ.เมือง จ.สมุทรสาคร มาที่ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ภายใน 2 ชั่วโมง โดยบรรจุใส่กล่องโฟมเมื่อนำมาถึงจะเก็บไว้ในตู้แช่เยือกแข็งอุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ไม่นเกิน 7

วัน นำเปลือกกุ้งขาวที่แช่แข็งออกมาไว้ในตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปล่อยให้สะเด็ดน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที

### 3.2.2 การศึกษาผลของภาวะในการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งขนาดต่างๆ

นำเปลือกกุ้งขาวที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.1 มาเตรียมใน 2 ลักษณะ ได้แก่ การใช้ทั้งเปลือก และการบดละเอียด ซึ่งการเตรียมเปลือกกุ้งบดละเอียดสามารถเตรียมได้โดยนำเปลือกกุ้ง 50 กรัม ใสลงในโถปั่นยี่ห้อ Tefal Type MF 800 ขนาด 1000 วัตต์ (MF805CTH, France) ขนาดบรรจุ 850 มิลลิลิตร ความเร็วอัตโนมัติ เป็นเวลา 1 นาที จะได้เปลือกกุ้งมีขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียสตามลำดับ แบ่งตัวอย่างเปลือกกุ้งปริมาณ 800 กรัม แบ่งเป็น 2 ถาด ถาดละ 400 กรัม ทำการเกลี่ยตัวอย่างให้กระจายทั้งเปลือกและแบบบดให้มีความหนาไม่เกิน 1 เซนติเมตร และสุ่มเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 15 30 60 90 120 และ 150 นาที รวมเป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง ไว้ในถุงพลาสติกปิดสนิท แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพ ดังนี้

#### 3.2.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

##### 1) การวัดค่าสี

L\*, a\*, b\* ด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น ColorQuest XE

โดยที่ L=100 คือ สว่างที่สุด L=0 คือ มืดที่สุด

+a คือ สีแดง

-a คือ สีเขียว และ

+b คือ สีเหลือง

-b คือ สีนํ้าเงิน

#### 3.2.2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1) การวิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 2000 Method 950.46)

2) ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ (ดัดแปลงจาก Kerdpiboon et al.,

2007)

นำตัวอย่าง 1.00 กรัม (W1) แช่ลงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปริมาณ 25 มิลลิลิตร เป็นเวลา 10 นาที กรองแยกน้ำที่เหลือออกด้วยการกรองโดยใช้สุญญากาศด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังแช่น้ำ (W2) และคำนวณหา ค่าความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ จากสูตรในสมการที่ (1)

$$\text{ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังแช่น้ำ (W2)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนแช่น้ำ (W1)}} \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ความสามารถในการละลายในน้ำและการละลายในกรด (คัดแปลงจาก Wakai and Almenar, 2015)

นำตัวอย่าง 0.50 กรัม (W1) ใส่ลงในสารละลายต่าง ๆ ได้แก่ น้ำ และ น้ำส้มสายชู (5% acetic acid) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เป็นเวลา 15 ชั่วโมง กรองแยกสารละลายที่เหลือออกด้วยการกรองโดยใช้สุญญากาศด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นนำตัวอย่างและกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักตัวอย่างคงที่ ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่อบแห้ง (W2) จากนั้นคำนวณหาความสามารถในการละลาย จากสูตรในสมการที่ (2)

$$\text{ความสามารถในการละลาย (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่าง (W1)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างที่อบแห้ง (W2)}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (W1)}} \quad (2)$$

### 3.2.3 การคัดเลือกภาวะการอบแห้งเปลือกกุ้งที่เหมาะสมในการผลิตซูปเปลือกกุ้ง

นำเปลือกกุ้งที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 2 ขนาด มาพิจารณาความชื้น โดยกำหนดให้เปลือกกุ้งอบแห้งมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 700-2530) จากนั้นนำมาพิจารณาปัจจัยคุณภาพ ได้แก่ ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ ความสามารถในการละลายในน้ำ ความสามารถในการละลายในกรด และค่าสี โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐานที่เตรียมเปลือกกุ้งตามภาวะที่ใช้ในการทำซูปเปลือกกุ้งในโรงแรม โดยนำเปลือกกุ้งแวนนาไมมาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (ศักดิ์เพ็ชร เรืองแพ 2556; Miles, 2016) และคัดเลือกตัวอย่างที่มีค่าคุณภาพใกล้เคียงกับตัวอย่างมาตรฐาน จากนั้นนำตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งที่ผลิตจากภาวะที่คัดเลือกไปใช้ในการทำซูปเปลือกกุ้งในข้อ 3.24 ต่อไป

### 3.2.4 การศึกษาผลของขนาดเปลือกกุ้งอบแห้งที่มีต่อการยอมรับของซูปเปลือกกุ้ง

#### 3.2.4.1 วิธีการเตรียมซูปเปลือกกุ้ง

เปลือกกุ้งที่นำมาใช้ในการเตรียมซูปเปลือกกุ้งจะได้จากการคัดเลือกในข้อที่ 3.2.3 มาผลิตเป็นซูปเปลือกกุ้งโดยมีส่วนประกอบแสดงดังตารางที่ 3.1 โดยส่วนประกอบของซูปเปลือกกุ้งจะถูกกำกับด้วยหมายเลขแสดงดังภาพที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของซูปเปลือกกุ้ง

| หมายเลข* | ส่วนประกอบ            | สูตรที่ 1      |
|----------|-----------------------|----------------|
| 1        | เปลือกกุ้งอบแห้ง**    | 30 กรัม        |
| 2        | นมสด                  | 50 กรัม        |
| 3        | ครีมสด                | 50 กรัม        |
| 4        | ไวน์ขาว               | 40 มิลลิลิตร   |
| 5        | เนยจืด                | 30 กรัม        |
| 6        | หอมใหญ่สับ            | 30 กรัม        |
| 7        | คื่นช่ายฝรั่งสับ      | 30 กรัม        |
| 8        | เนื้อมะเขือเทศเข้มข้น | 30 กรัม        |
| 9        | ใบกระวาน              | 2 ใบ           |
| 10       | แป้งสาลี              | 20 กรัม        |
| 11       | เกลือป่น              | 3 กรัม         |
| 12       | พริกไทยดำ             | 3 กรัม         |
| -        | น้ำ                   | 1000 มิลลิลิตร |

ที่มา : ดัดแปลงจากศักดิ์เพชร เรืองแพ (2556) และ Miles (2016)

หมายเหตุ : \* หมายเลขในตารางแสดงเลขกำกับส่วนประกอบในภาพที่ 3.1

\*\*เปลือกกุ้งอบแห้งที่ใช้ ได้แก่ เปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก และเปลือกกุ้งอบแห้งบด  
ลดขนาด



ภาพที่ 3.1 ส่วนประกอบของซูปเป็ลือกุ้ง

วิธีทำซูปเป็ลือกุ้ง (ดัดแปลงจากศักดิ์เพชร เรื่องแพ, 2556 และ Miles, 2016)

นำเนยจืด 10 กรัม ใส่หม้อตั้งไฟกลางให้ละลายเล็กน้อย



นำหอมใหญ่สับ คึ่นช่ายฝรั่งสับ ใส่ลงไปผัดด้วยไฟกลางจนหอมใหญ่ใส (ประมาณ 5 นาที)



ใส่เนื้อมะเขือเทศเข้มขั้นลงไปผัด ใส่ใบกระวาน พริกไทยดำผัดให้เข้ากัน



นำเป็ลือกุ้งใส่ลงไป เติมน้ำมันขาว 40 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำลงไป 1 ลิตร



เคี่ยวโดยใช้ไฟอ่อน เป็นเวลา 60 นาที



ยกลงจากเตาทำให้เย็น (ประมาณ 20 นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นำมาปั่นให้ละเอียดโดยใช้โถปั่นเป็นเวลา 1 นาที

นำไปกรองด้วยกระชอนตาถี่ 2 รอบ เก็บส่วนที่กรองได้ใส่ลงในหม้อ



นำส่วนที่กรองได้ยกขึ้นตั้งไฟอ่อน เติมเนยที่เหลือนมสด ครีม แล้วค่อย ๆ หยอดน้ำแข็งสาลิกลงไป

จนซूपเริ่มข้น ปรุงรสด้วยเกลือ และพริกไทย



ซूपเปลือกกุ้ง

#### 3.2.4.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อตัวอย่างซूपเปลือกกุ้ง 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ซूपเปลือกกุ้งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งทั้งเปลือก และซूपเปลือกกุ้งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งบดลดขนาด ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-point Hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย ๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก และ 9 = ชอบมากที่สุด) โดยใช้แบบประเมินดังแสดงในภาคผนวก จ จะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน (Fernandes et al., 2013) ทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส โดยประเมินความชอบในคุณลักษณะต่าง ๆ ของซूपเปลือกกุ้ง ได้แก่ สีและลักษณะปรากฏ กลิ่นกุ้ง เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความเนียน และความข้นหนืด รสชาติกุ้งและครีม และความชอบโดยรวม

#### 3.2.4.3 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของซूपเปลือกกุ้ง

นำซूपเปลือกกุ้งสูตรที่มีคะแนนความชอบสูงสุดจากข้อ 3.2.4.2 มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของซूपเปลือกกุ้งตามการตรวจฉลากโภชนาการไทย (Nutrition Thai RDI Labeling 15 items) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2540 เรื่อง ฉลากโภชนาการ และเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของซूपเปลือกกุ้งกับซूपที่มีการวางขายตามท้องตลาด

#### 3.2.5 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการศึกษาผลของภาวะในการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งขนาดต่าง ๆ จะใช้การวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design วิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

การคัดเลือกภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งไปใช้ในเมนูซูบเปิ้ลือกุ้ง จะใช้การวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

การทดสอบทางประสาทสัมผัส จะใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Paired Samples T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 4.1 การศึกษาผลของภาวะในการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งขนาดต่างๆ

ในการศึกษาผลของภาวะในการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้ง โดยนำเปลือกกุ้งขาวมาเตรียมใน 2 ลักษณะ ได้แก่ การใช้ทั้งเปลือก และการบดละเอียด (เปลือกกุ้งมีขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร) แล้วนำมาอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน จากนั้นนำค่าปัจจัยคุณภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยศึกษาผลของปัจจัยหลัก ได้แก่ อุณหภูมิ เวลา และปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้ง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงดังตารางที่ 4.1 ถึง 4.6 และตารางที่ ข.1 ถึง ข.14 ในภาคผนวก ข ผลจากภาวะที่ใช้ในการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งดังกล่าว แสดงรายละเอียดดังนี้

##### 4.1.1 เปลือกกุ้งทั้งเปลือก

จากการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่นำมาอบแห้งที่ภาวะต่าง ๆ โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จะได้ค่า P-value ของปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยหลัก ได้แก่ อุณหภูมิและเวลา ส่งผลต่อปัจจัยคุณภาพต่าง ๆ ของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) ยกเว้นอุณหภูมิจะไม่มีผลต่อค่าสีเหลืองของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก และเวลาส่งผลต่อค่าสีเหลืองของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย คือ อุณหภูมิและเวลา ส่งผลต่อความชื้น การดูดกลืนน้ำกลับ ความสามารถในการละลายในน้ำ ความสามารถในการละลายในกรด ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p < 0.01$ )

##### 4.1.1.1 ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก

ผลของปัจจัยหลัก ได้แก่ อุณหภูมิ และเวลา ที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งทั้งเปลือก ได้แก่ ความชื้น ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ ความสามารถในการละลายในน้ำ และความสามารถในการละลายในกรด ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ )

รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่า P-value ของปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก

| Factor           | P-value                   |                      |                            |                              |        |        |                    |
|------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------|--------|--------|--------------------|
|                  | Moisture content<br>(%db) | Rehydration<br>Ratio | Solubility in<br>water (%) | Solubility in<br>vinegar (%) | L*     | a*     | b*                 |
| Temperature      | .000**                    | .000**               | .000**                     | .000**                       | .000** | .000** | .393 <sup>ns</sup> |
| Time             | .000**                    | .000**               | .000**                     | .000**                       | .000** | .000** | .019*              |
| Temperature*Time | .000**                    | .000**               | .000**                     | .000**                       | .000** | .000** | .000**             |

หมายเหตุ \*\* แสดงถึงปัจจัยคุณภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

\* แสดงถึงปัจจัยคุณภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

<sup>ns</sup> แสดงถึงปัจจัยคุณภาพไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก

| Temperature<br>(°C) | Moisture content<br>(%db) | Rehydration<br>Ratio | Solubility in<br>water (%) | Solubility in<br>vinegar (%) | L*                 | a*                | b*                 |
|---------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 50                  | 84.88 <sup>a</sup>        | 2.14 <sup>c</sup>    | 40.61 <sup>a</sup>         | 54.77 <sup>a</sup>           | 51.74 <sup>c</sup> | 5.37 <sup>b</sup> | 13.11 <sup>a</sup> |
| 70                  | 64.60 <sup>b</sup>        | 2.83 <sup>b</sup>    | 28.32 <sup>b</sup>         | 42.24 <sup>b</sup>           | 55.56 <sup>a</sup> | 6.52 <sup>a</sup> | 13.35 <sup>a</sup> |
| 90                  | 49.90 <sup>c</sup>        | 2.99 <sup>a</sup>    | 20.54 <sup>c</sup>         | 36.53 <sup>c</sup>           | 54.83 <sup>b</sup> | 6.22 <sup>a</sup> | 13.24 <sup>a</sup> |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน ในคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.3 ผลของเวลาที่มีต่อปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก

| Time<br>(Minutes) | Moisture content<br>(%db) | Rehydration<br>Ratio | Solubility in<br>water (%) | Solubility in<br>vinegar (%) | L*                 | a*                 | b*                  |
|-------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 0                 | 286.42 <sup>a</sup>       | 0.87 <sup>g</sup>    | 76.04 <sup>a</sup>         | 82.38 <sup>a</sup>           | 43.74 <sup>f</sup> | 5.40 <sup>d</sup>  | 13.04 <sup>b</sup>  |
| 15                | 130.18 <sup>b</sup>       | 1.56 <sup>f</sup>    | 54.74 <sup>b</sup>         | 67.25 <sup>b</sup>           | 49.46 <sup>c</sup> | 5.22 <sup>d</sup>  | 13.48 <sup>ab</sup> |
| 30                | 53.01 <sup>c</sup>        | 2.48 <sup>c</sup>    | 34.85 <sup>c</sup>         | 47.14 <sup>c</sup>           | 53.20 <sup>d</sup> | 6.00 <sup>bc</sup> | 13.48 <sup>ab</sup> |
| 45                | 30.66 <sup>d</sup>        | 2.92 <sup>d</sup>    | 28.46 <sup>d</sup>         | 38.86 <sup>d</sup>           | 55.19 <sup>c</sup> | 5.63 <sup>cd</sup> | 12.99 <sup>b</sup>  |
| 60                | 16.29 <sup>de</sup>       | 3.10 <sup>c</sup>    | 16.88 <sup>e</sup>         | 34.67 <sup>e</sup>           | 56.03 <sup>c</sup> | 6.29 <sup>ab</sup> | 12.88 <sup>b</sup>  |
| 90                | 6.45 <sup>e</sup>         | 3.38 <sup>b</sup>    | 11.13 <sup>f</sup>         | 29.46 <sup>f</sup>           | 57.61 <sup>b</sup> | 6.29 <sup>ab</sup> | 13.19 <sup>ab</sup> |
| 120               | 5.13 <sup>e</sup>         | 3.35 <sup>b</sup>    | 8.84 <sup>f</sup>          | 27.93 <sup>f</sup>           | 57.80 <sup>b</sup> | 6.63 <sup>a</sup>  | 13.78 <sup>a</sup>  |
| 150               | 3.53 <sup>e</sup>         | 3.56 <sup>a</sup>    | 7.64 <sup>f</sup>          | 28.43 <sup>f</sup>           | 59.28 <sup>a</sup> | 6.81 <sup>a</sup>  | 13.02 <sup>b</sup>  |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยอุณหภูมิอย่างเดียว จากตารางที่ 4.2 พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลให้ความชื้น ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ ความสามารถในการละลายในน้ำ และความสามารถในการละลายในกรดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ความชื้น ความสามารถในการละลายในน้ำ และความสามารถในการละลายในกรดมีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของเปลือกกุ้งอบแห้งจะมีค่ามากที่สุดเมื่อใช้อุณหภูมิการอบแห้งที่ 90 องศาเซลเซียส รองลงมา คือ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากที่อุณหภูมิสูงทำให้การระเหยน้ำที่ผิวหน้าสามารถทำได้เร็วขึ้น (Niamnuy et al., 2007; ชลธิชา สัมฤทธิสุทธิ และสาวิตรี รัตนสุมาวงศ์, 2556) ส่งผลให้ปริมาณน้ำในตัวอย่างมีน้อยลงทำให้ความชื้นลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Niamnuy et al. (2007) ซึ่งได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของกุ้งแห้งในระหว่างการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง Jet Spouted Bed พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงความชื้นจะลดลงเร็วกว่าเมื่อใช้อุณหภูมิอบแห้งต่ำ เนื่องมาจากที่อุณหภูมิสูงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของตัวอย่างกับอากาศร้อนมีมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ความชื้นจะสัมพันธ์กับค่าคุณภาพต่าง ๆ โดยจะเห็นได้ว่าความชื้นจะแปรผันตรงกับความสามารถในการละลายน้ำและ ความสามารถในการละลายในกรดเนื่องจากที่ความชื้นสูงจะมีปริมาณของแข็งในตัวอย่างน้อยมีปริมาณน้ำมากทำให้สามารถละลายได้มาก และจะแปรผกผันกับความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับเนื่องมาจากตัวอย่างที่มีความชื้นน้อยจะทำให้มีความสามารถดูดกลืนน้ำได้มากขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าสีของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกพบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีแดง ( $a^*$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แต่ไม่ส่งผลต่อค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ( $p > 0.05$ ) โดยการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าสีแดง ( $a^*$ ) พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียสมีค่ามากกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ( $p < 0.05$ ) อุณหภูมิสูงทำให้การระเหยน้ำที่ผิวหน้าสามารถทำได้เร็วขึ้น (Niamnuy et al., 2007; ชลธิชา สัมฤทธิสุทธิ และสาวิตรี รัตนสุมาวงศ์, 2556) ความร้อนมีความสัมพันธ์กับเม็ดสีที่มีอยู่ในเปลือกกุ้ง (Niamnuy et al., 2008; Hosseinpour et al., 2013; Akonor et al., 2016) เมื่อมีการให้ความร้อน โปรตีนจะเกิดการ

สลายตัวและแยกออกจากส่วนของเม็ดสี ทำให้สามารถมองเห็นเม็ดสีได้เด่นชัดมากยิ่งขึ้น แนวโน้มของสีแดงจึงสูงขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาการให้ความร้อนที่นานขึ้น ส่งผลให้เม็ดสีแดงมีความเด่นชัดขึ้นมาเร็วกว่ากรณีการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ อีกทั้งความเข้มข้นของเม็ดสีเพิ่มมากขึ้นเมื่อน้ำในตัวอย่างมีปริมาณลดลง (Niamnuy et al., 2007; Hosseinpour et al., 2013)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยเวลาอย่างเดียว จากตารางที่ 4.3 พบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลให้ความชื้น ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ ความสามารถในการละลายในน้ำ และความสามารถในการละลายในกรดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยเมื่อเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความชื้น ความสามารถในการละลายในน้ำ และความสามารถในการละลายในกรดของตัวอย่างมีค่าลดลง แต่จะส่งผลให้ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าความชื้น ความสามารถในการละลายในน้ำ และความสามารถในการละลายในกรดที่เวลา 0-90 นาที จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น จากนั้นจะมีแนวโน้มคงที่ ( $p > 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้เวลาในการอบแห้งที่นานขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำในตัวอย่างถูกกำจัดออกไปมากขึ้นทำให้ความชื้นลดลงมากกว่าที่เวลาสั้น ๆ ซึ่งความชื้นจะสัมพันธ์กับค่าคุณภาพต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าความชื้นจะแปรผันตรงกับความสามารถในการละลายน้ำและความสามารถในการละลายในกรด และจะแปรผกผันกับความความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ

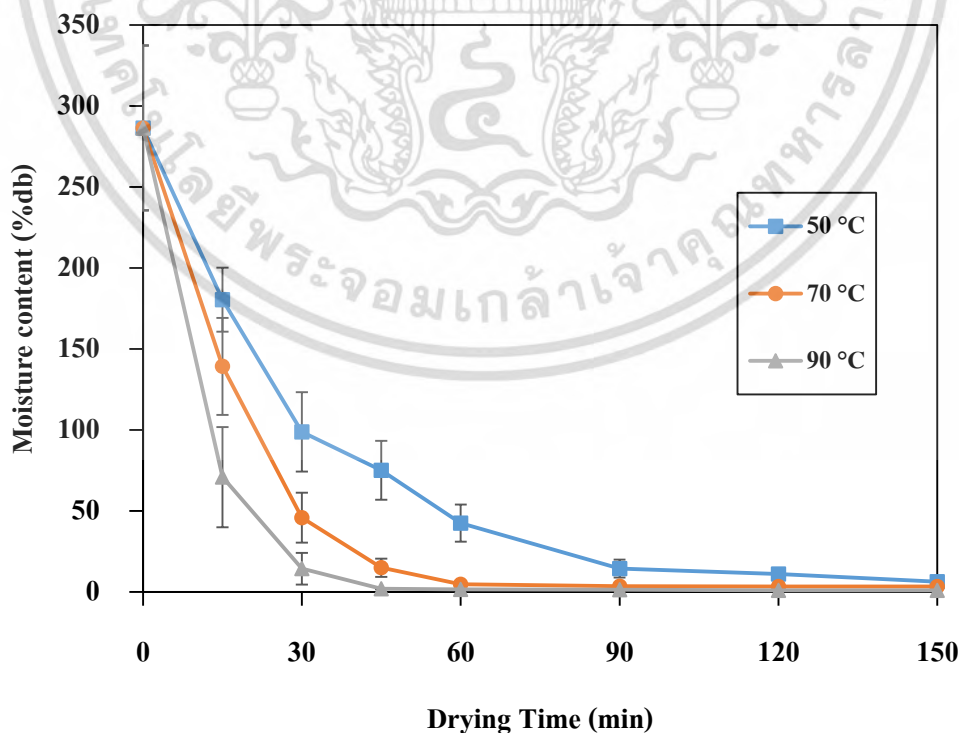
เมื่อพิจารณาค่าสีของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกพบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง และค่าสีแดงมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าสีเหลืองจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างกระบวนการอบแห้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vega-Galvez et al. (2011) Hosseinpour et al. (2013) และ Akonor et al. (2016) ซึ่งพบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่แตกต่างกันส่งผลทำให้ค่าสีของตัวอย่างแตกต่างกัน

#### 4.1.1.2 ผลของอุณหภูมิร่วมกับเวลาต่อปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก

##### 1) ความชื้น

เมื่อศึกษากราฟการอบแห้งของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกจะได้กราฟการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่ภาวะต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 4.1 จากกราฟพบว่าเมื่ออบแห้งเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น เปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกจะมีความชื้น

ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงของการอบแห้งระยะแรกภายใน 30 นาที จากนั้นความชื้นจะลดลงอย่างช้า ๆ จนมีแนวโน้มคงที่ เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส ตั้งแต่เวลา 150 60 และ 45 นาที ตามลำดับ จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นในเปลือกกุ้งระหว่างการอบแห้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งจะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 286.42 ของน้ำหนักแห้ง และมีความชื้นสุดท้ายที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส เท่ากับร้อยละ 6.32 3.32 และ 0.96 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ (ข้อมูลแสดงดังตารางภาคผนวก ข.1) โดยความชื้นของเปลือกกุ้งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารแห้งที่ระบุไว้ว่าควรมีความชื้นในอาหารไม่เกินร้อยละ 8 (มอก. 700-2530) การลดลงของความชื้นในระหว่างการอบแห้งมีแนวโน้มเดียวกันกับงานวิจัยของ Niamnuy et al. (2007) ที่อบแห้งกุ้งโดยใช้เทคนิค Jet Spouted Bed และพบว่ากุ้งที่นำมาอบมีการลดลงของความชื้นตั้งแต่ร้อยละ 278-338 ของน้ำหนักแห้ง จนถึงร้อยละ 25 ของน้ำหนักแห้งภายในระยะเวลาการอบแห้ง 40-100 นาที และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Namsangaun et al. (2004) ที่อบแห้งกุ้งโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบ 2 ขั้นตอนสามารถลดความชื้นของกุ้งตั้งแต่ร้อยละ 30-40 ของน้ำหนักเปียก จนถึงร้อยละ 20 ของน้ำหนักเปียกภายในระยะเวลาการอบแห้ง 135 และ 250 นาทีตามลำดับ



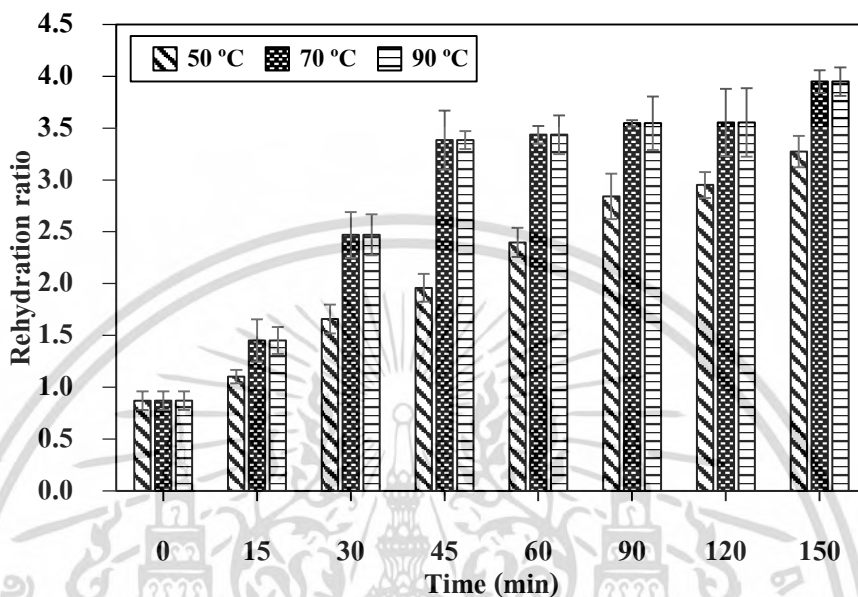
ภาพที่ 4.1 ความชื้นของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ

จากผลการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 4.2 พบว่าเปลือกกุ้งสดทั้งเปลือกเมื่อนำไปต้มในน้ำร้อนในขั้นตอนการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับจะมีการสูญเสียน้ำออกไป ทำให้เปลือกกุ้งมีความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับเป็น 0.87 เท่า เมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของเปลือกกุ้งอบแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ข้อมูลแสดงดังตารางภาคผนวก ข.5) เนื่องจากตัวอย่างที่อบแห้งจะมีปริมาณน้ำที่น้อยลง เมื่อนำไปต้มตัวอย่างจะดูดน้ำได้มากขึ้น และเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับก็จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียสจะมีความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับที่สูงกว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงปริมาณความชื้นในเปลือกกุ้งจะน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำทำให้เปลือกกุ้งที่อบแห้งที่อุณหภูมิสูงสามารถดูดกลืนน้ำกลับได้ในปริมาณที่มากกว่าส่งผลให้ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับมีค่าที่สูงกว่าเปลือกกุ้งอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับยังขึ้นกับระดับการคุกคามของเซลล์และโครงสร้างของอาหารแห้งเนื่องจากระดับการคุกคามนี้เป็นตัวที่ทำให้เกิดโพรงหรือโครงสร้างที่เป็นทางเข้าของน้ำในการดูดกลืนน้ำ (Niamnuy et al., 2007; Guizani et al., 2008; Vega-Galvez et al., 2011; Akonor et al., 2016) อย่างไรก็ตามตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งมีลักษณะโครงสร้างที่เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย กล่าวคือมีการหดตัวของตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งที่น้อยมาก จึงอาจกล่าวได้ว่าความสามารถในการดูดกลืนน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งเป็นปัจจัยหลัก แสดงว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นและเวลาที่นานขึ้นจะทำให้ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของอาหาร นอกจากความชื้น และการเปลี่ยนแปลงขนาดและโครงสร้างของอาหารหลังจากการอบแห้งดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น องค์ประกอบและลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาอบแห้ง ยังส่งผลต่อความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับด้วย ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองการอบแห้งเนื้อหมึกของ Vega-Galvez et al. (2011) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับลดลง เนื่องมาจากการหดตัวของเนื้อเยื่อของปลาหมึก เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงทำให้ผิวหนังของเนื้อหมึกเกิดการหดตัวและปิดช่องทางการระเหยน้ำออกไป

ภายนอก ภายในชั้นอาหารจะมีความชื้นอยู่ และเมื่อนำเนื้อหมึกไปต้มน้ำร้อนจึงทำให้เนื้อหมึกดูดน้ำกลับได้ในปริมาณน้อย ค่าความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับจึงน้อยลง



ภาพที่ 4.2 ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

### 3) ความสามารถในการละลาย

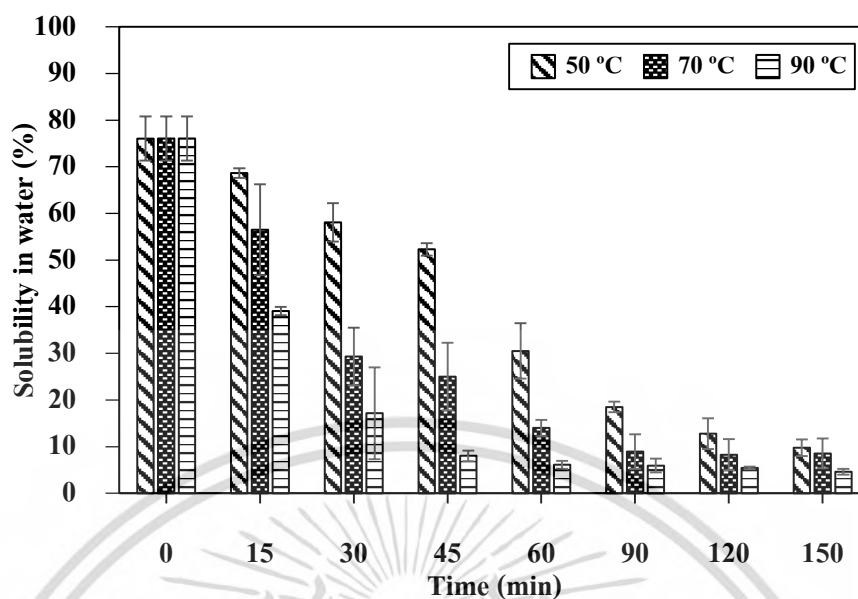
การละลายเป็นสมบัติอย่างหนึ่งของสารซึ่งมีตัวถูกละลายละลายอยู่ในตัวทำละลาย การละลายของสารจะขึ้นกับสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของตัวทำละลายและตัวถูกละลายนั้น ๆ อุณหภูมิ แรงดัน ขนาดอนุภาค และขนาดรูพรุนของอนุภาค เป็นต้น (Deepshikha et al., 2012) จากภาพที่ 4.3 และ 4.4 แสดงความสามารถการละลายในน้ำและการละลายในกรดของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ พบว่าเมื่อระยะเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น การละลายของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกมีแนวโน้มลดลง แสดงรายละเอียดดังนี้

#### 3.1) ความสามารถในการละลายในน้ำ

ความสามารถในการละลายในน้ำของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 4.3 ผลการทดลองพบว่าเปลือกกุ้งสดมีความสามารถในการละลายน้ำเท่ากับร้อยละ 76.04 เมื่ออบแห้งจนน้ำหนักคงที่ (อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลา 150 60 และ 45 นาที ตามลำดับ) จะมีความสามารถในการละลายน้ำเท่ากับร้อยละ 8.04-14.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ได้เห็นว่าเอกสารนี้เป็นการทำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข้อมูลแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข.6) ทั้งนี้เมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายในน้ำของเปลือกกุ้งอบแห้งมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จะสังเกตเห็นว่าในการอบแห้งช่วงต้นที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส ความสามารถในการละลายจะลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงเวลา 150 60 และ 45 นาที ตามลำดับ จากนั้นความสามารถในการละลายจะลดลงเพียงเล็กน้อย ( $p < 0.05$ ) ทั้งนี้ค่าความสามารถในการละลายในน้ำของตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งจะสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในเปลือกกุ้งที่เวลาต่าง ๆ โดยที่เมื่อปริมาณความชื้นลดลง ค่าความสามารถในการละลายในน้ำจะลดลง กล่าวคือตัวอย่างที่มีความชื้นสูงจะมีสัดส่วนของแข็งในตัวอย่างน้อย แต่มีสัดส่วนของน้ำในตัวอย่างมาก เมื่อนำตัวอย่างไปแช่น้ำและอบแห้ง น้ำที่ระเหยไปจะเป็นน้ำส่วนที่ละลายและน้ำในตัวอย่าง ทำให้ค่าการละลายที่คำนวณออกมาได้มีค่าสูง แตกต่างจากกรณีตัวอย่างที่อบแห้งนานขึ้นจะมีสัดส่วนของน้ำอยู่ในปริมาณน้อย เมื่อนำไปละลายน้ำและอบแห้ง พบว่าน้ำที่ระเหยออกไปเป็นน้ำที่มีอยู่ในตัวอย่างและน้ำที่เกิดจากการละลายของตัวอย่างซึ่งมีค่าน้อย ทำให้ค่าความสามารถในการละลายน้ำที่คำนวณออกมามีค่าน้อยตามไปด้วย ดังจะเห็นได้จากเส้นแนวโน้มของค่าการละลายที่ลดลงเมื่อเวลาในการอบแห้งตัวอย่างเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในเปลือกกุ้งมีองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้น้อยมาก จึงทำให้ความสามารถในการละลายขึ้นกับปริมาณน้ำที่มีอยู่ในตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งที่เวลาต่าง ๆ ผลการทดลองมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ameh et al. (2014) ที่พบว่าในเปลือกกุ้งมีองค์ประกอบที่ละลายได้ในน้ำ

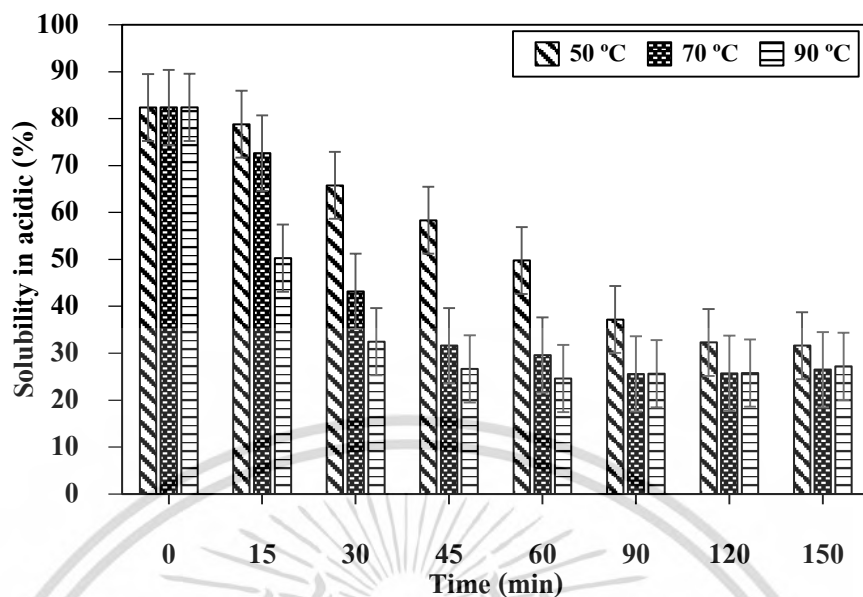


ภาพที่ 4.3 ความสามารถในการละลายในน้ำของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิ และเวลาต่างๆ

### 3.2) ความสามารถในการละลายในกรด

ความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 4.6 ผลการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับในกรณีของความสามารถในการละลายในน้ำ เปลือกกุ้งสดมีความสามารถในการละลายกรดเท่ากับร้อยละ 82.39 เมื่ออบแห้งจนน้ำหนักคงที่ จะมีความสามารถในการละลายกรดเท่ากับร้อยละ 26.63-31.62 ขึ้นกับอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง (ข้อมูลแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข.7) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการละลายในน้ำและ ความสามารถในการละลายในกรดของตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก พบว่าความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกจะมีค่าสูงกว่าค่าความสามารถในการละลายในน้ำ ทั้งนี้เนื่องมาจากเปลือกกุ้ง ประกอบด้วย โปรตีนร้อยละ 30-40 ไขมันร้อยละ 20-30 และแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 30-50 ซึ่งละลายได้น้อยมากในน้ำ (Ameh et al., 2014) แต่เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถละลายในกรดอะซิติก (Mahmoud et al., 2007; Ameh et al., 2014) จึงส่งผลให้ ความสามารถในการละลายในกรดมีค่าสูงกว่าความสามารถในการละลายในน้ำดังกล่าวแล้วข้างต้น

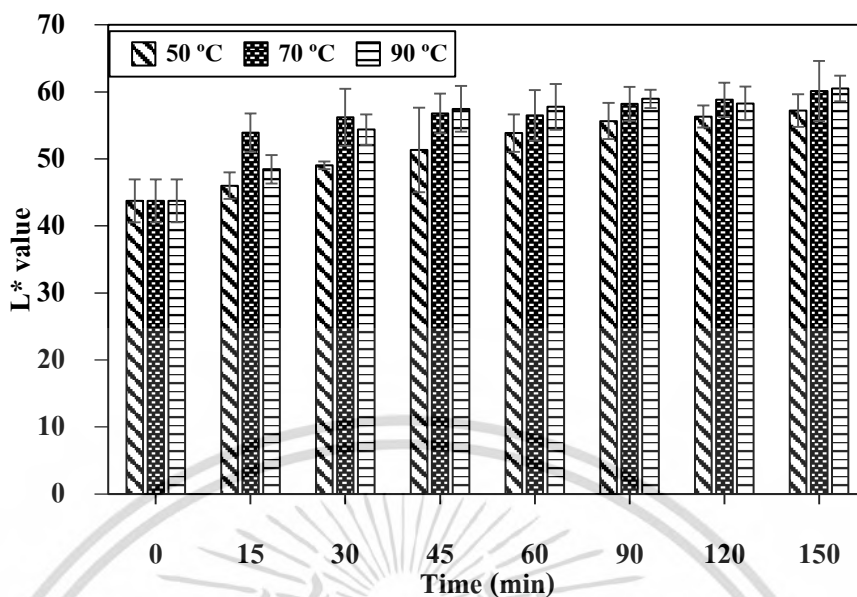
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

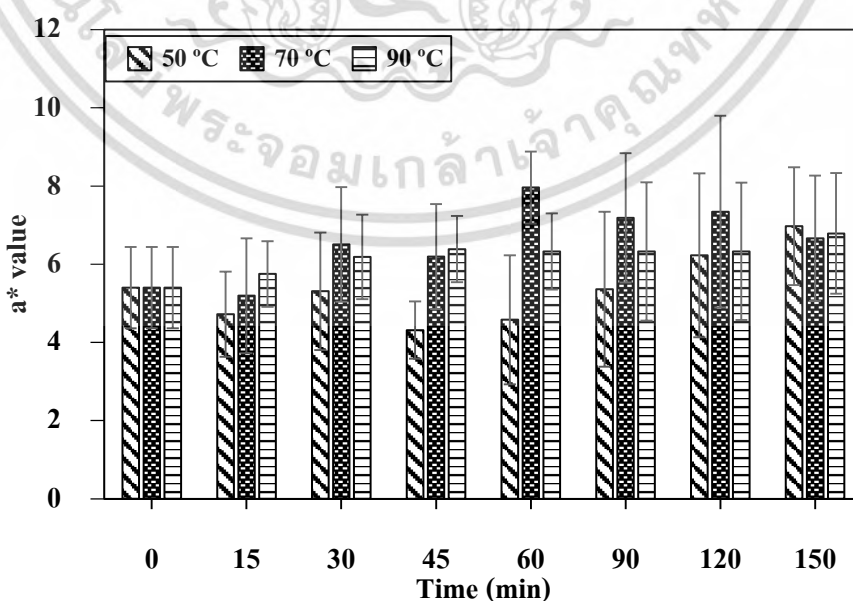
#### 4) ค่าสี

จากการอบแห้งเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ มีค่าความสว่างแสดงดังภาพที่ 4.5 ผลการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างของเปลือกกุ้งอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ข้อมูลแสดงดังตารางภาคผนวก ข.2) ผลการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลองของ Niamnuy et al. (2008) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของกุ้งแห้งในระหว่างการอบแห้ง โดย Niamnuy ได้อธิบายไว้ว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างอาจเนื่องมาจากรงควัตถุมีการสลายตัวเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและไอโซเมอไรเซชันของแอสตาแซนธิน โดยเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าความสว่างจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



ภาพที่ 4.5 ค่าความสว่างของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

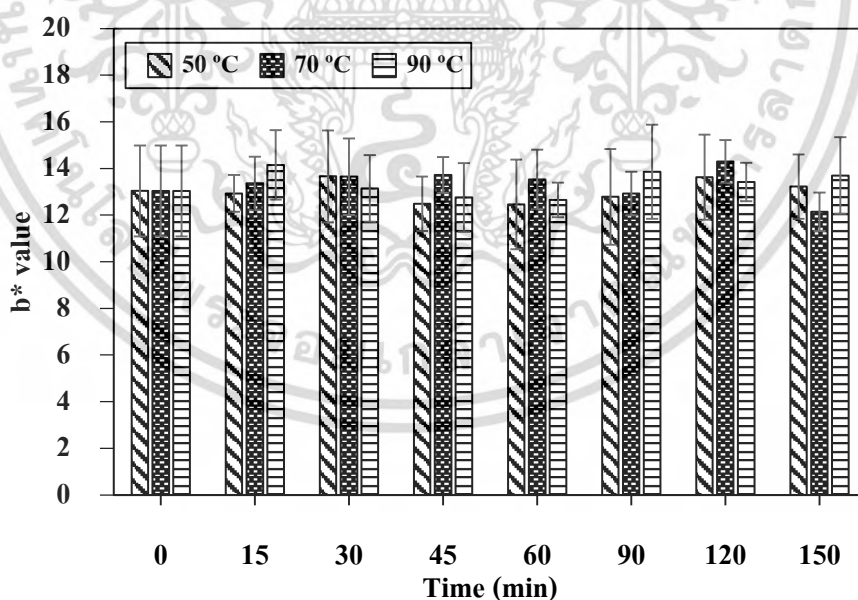
สำหรับในกรณีของการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองของเปลือกกุ้งในระหว่างกระบวนการอบแห้ง ผลการทดลองแสดงรายละเอียดตามภาพที่ 4.6 และ 4.7 (ข้อมูลแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข.3 และข.4) โดยพบว่าอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งส่งผลต่อค่าความเป็นสีแดงของเปลือกกุ้งอบแห้ง ( $p < 0.05$ ) แต่ส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อค่าความเป็นสีเหลือง



ภาพที่ 4.6 ค่าสีแดงของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของเปลือกกุ้งเนื่องมาจากแอสตาแซนธินซึ่งเป็นเม็ดสีที่เกาะอยู่กับโปรตีน เมื่อได้รับความร้อน โปรตีนจะเสียสภาพธรรมชาติและแยกตัวออกทำให้สีแดงของแอสตาแซนธินปรากฏขึ้น สีแดงจึงมีค่ามากขึ้น (Niamnuy et al., 2007) อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาในการอบแห้งนานขึ้นแอสตาแซนธินอาจสลายตัวไปส่งผลให้ค่าสีแดงมีการเปลี่ยนแปลง และพบว่าค่าสีเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างกระบวนการอบแห้ง ซึ่งจากงานวิจัยของ Hosseinpour et al. (2013) พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90-120 องศาเซลเซียส ในช่วงแรกของการอบแห้งค่าสีแดงจะเพิ่มขึ้นแล้วลดลงแล้วจะมีการเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ส่วนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส ค่าสีแดงจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และจากงานวิจัยของ Akonor et al. (2016) พบว่าเมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าสีแดงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงหลัง ส่วนค่าสีเหลืองจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และเมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าสีเหลืองจะลดลง ซึ่งความแตกต่างที่เกิดขึ้นทั้งนี้เนื่องมาจากตัวอย่างมีลักษณะของเนื้อเยื่อและองค์ประกอบที่แตกต่างกันของตัวอย่าง



ภาพที่ 4.7 ค่าสีเหลืองของเปลือกกุ้งแห้งเปลือกที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

#### 4.1.2 เปลือกกุ้งบดลดขนาด

จากการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่นำมาอบแห้งที่ภาวะต่าง ๆ โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จะได้ค่า P-value ของปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์พบว่า ปัจจัยหลัก ได้แก่ อุณหภูมิและเวลา ส่งผลต่อปัจจัยคุณภาพต่าง ๆ ของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาด อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย คือ อุณหภูมิและเวลา ส่งผลต่อความชื้น ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ ความสามารถในการละลายในน้ำ ความสามารถในการละลายในกรด ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p < 0.01$ )

##### 4.1.2.1 ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาด

ผลของปัจจัยหลัก ได้แก่ อุณหภูมิ และเวลา ต่อค่าคุณภาพของเปลือกกุ้งทั้งเปลือก ได้แก่ ความชื้น ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ ความสามารถในการละลายในน้ำ และความสามารถในการละลายในกรด ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.5 และ 4.6 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ค่า P-value ของค่าคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาด

| Factor           | P-value                   |                      |                            |                              |        |        |        |
|------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------|--------|--------|--------|
|                  | Moisture content<br>(%db) | Rehydration<br>Ratio | Solubility in<br>water (%) | Solubility in<br>vinegar (%) | L*     | a*     | b*     |
| Temperature      | .000**                    | .000**               | .000**                     | .000**                       | .000** | .004** | .000** |
| Time             | .000**                    | .000**               | .000**                     | .000**                       | .000** | .000** | .000** |
| Temperature*Time | .000**                    | .000**               | .000**                     | .000**                       | .000** | .000** | .000** |

หมายเหตุ \*\* แสดงถึงปัจจัยคุณภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตารางที่ 4.5 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาด

| Temperature<br>(°C) | Moisture content<br>(%db) | Rehydration<br>Ratio | Solubility in<br>water (%) | Solubility in<br>vinegar (%) | L*                 | a*                | b*                 |
|---------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 50                  | 121.69 <sup>a</sup>       | 1.87 <sup>c</sup>    | 51.08 <sup>a</sup>         | 63.16 <sup>a</sup>           | 49.53 <sup>c</sup> | 8.38 <sup>b</sup> | 16.69 <sup>b</sup> |
| 70                  | 91.32 <sup>b</sup>        | 2.27 <sup>b</sup>    | 36.87 <sup>b</sup>         | 49.98 <sup>b</sup>           | 51.72 <sup>b</sup> | 8.69 <sup>a</sup> | 16.60 <sup>b</sup> |
| 90                  | 62.88 <sup>c</sup>        | 2.62 <sup>a</sup>    | 23.48 <sup>c</sup>         | 43.65 <sup>c</sup>           | 55.15 <sup>a</sup> | 8.58 <sup>a</sup> | 17.93 <sup>a</sup> |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.6 ผลของเวลาที่มีต่อค่าคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาด

| Time<br>(Minutes) | Moisture content<br>(%db) | Rehydration<br>Ratio | Solubility in<br>water (%) | Solubility in<br>vinegar (%) | L*                 | a*                  | b*                   |
|-------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| 0                 | 357.05 <sup>a</sup>       | 0.74 <sup>g</sup>    | 80.43 <sup>a</sup>         | 85.76 <sup>a</sup>           | 48.70 <sup>f</sup> | 8.80 <sup>ab</sup>  | 16.84 <sup>bcd</sup> |
| 15                | 231.35 <sup>b</sup>       | 1.03 <sup>f</sup>    | 72.94 <sup>b</sup>         | 79.72 <sup>b</sup>           | 48.54 <sup>f</sup> | 8.65 <sup>abc</sup> | 16.80 <sup>cd</sup>  |
| 30                | 124.94 <sup>c</sup>       | 1.61 <sup>e</sup>    | 56.79 <sup>c</sup>         | 65.43 <sup>c</sup>           | 48.49 <sup>e</sup> | 8.33 <sup>cd</sup>  | 17.14 <sup>bc</sup>  |
| 45                | 55.45 <sup>d</sup>        | 1.98 <sup>d</sup>    | 42.71 <sup>d</sup>         | 54.83 <sup>d</sup>           | 51.10 <sup>d</sup> | 8.08 <sup>d</sup>   | 16.69 <sup>bcd</sup> |
| 60                | 31.40 <sup>e</sup>        | 2.53 <sup>c</sup>    | 29.96 <sup>e</sup>         | 47.74 <sup>e</sup>           | 52.70 <sup>c</sup> | 8.54 <sup>bc</sup>  | 17.06 <sup>d</sup>   |
| 90                | 11.99 <sup>f</sup>        | 2.86 <sup>b</sup>    | 19.10 <sup>f</sup>         | 38.54 <sup>f</sup>           | 53.36 <sup>b</sup> | 8.51 <sup>bc</sup>  | 17.25 <sup>ab</sup>  |
| 120               | 8.20 <sup>f</sup>         | 3.15 <sup>a</sup>    | 12.99 <sup>g</sup>         | 33.15 <sup>g</sup>           | 54.50 <sup>a</sup> | 8.51 <sup>bc</sup>  | 17.02 <sup>bcd</sup> |
| 150               | 3.89 <sup>f</sup>         | 3.17 <sup>a</sup>    | 10.10 <sup>g</sup>         | 33.34 <sup>g</sup>           | 55.10 <sup>a</sup> | 8.93 <sup>a</sup>   | 17.59 <sup>a</sup>   |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยอุณหภูมิอย่างเดียว จากตารางที่ 4.5 พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลให้ความชื้น ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ ความสามารถในการละลายในน้ำ และความสามารถในการละลายในกรดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ความชื้น ความสามารถในการละลายในน้ำ และความสามารถในการละลายในกรดมีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ ที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับจะมีค่ามากที่สุดเมื่อใช้อุณหภูมิการอบแห้งที่ 90 องศาเซลเซียส รองลงมา คือ ที่อุณหภูมิ 70 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากที่อุณหภูมิสูงทำให้การระเหยน้ำที่ผิวหน้าสามารถทำได้เร็วขึ้น (Niamnuy et al., 2007; ชลธิชา สัมฤทธิ์สุทธิ และสาวิตรี รัตนสุมาวงศ์, 2556) ส่งผลให้ปริมาณน้ำในตัวอย่างมีน้อยลงทำให้ความชื้นลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ สอดคล้องกับกรณีของเปลือกกุ้งแห้งเปลือก และงานวิจัยของ Niamnuy et al. (2007) ซึ่งได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของกุ้งแห้งในระหว่างการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง Jet Spouted Bed ที่กล่าวแล้วข้างต้นในข้อ 4.1.1 ซึ่งความชื้นจะสัมพันธ์กับค่าคุณภาพต่าง ๆ โดยจะเห็นได้ว่าความชื้นจะแปรผันตรงกับความสามารถในการละลายน้ำและความสามารถในการละลายในกรดเนื่องจากที่ความชื้นสูงจะมีปริมาณของแข็งในตัวอย่างน้อยมีปริมาณน้ำมากทำให้สามารถละลายได้มาก และจะแปรผกผันกับความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับเนื่องมาจากตัวอย่างที่มีความชื้นน้อยจะทำให้มีความสามารถในการดูดกลืนน้ำได้มากขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าสีของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดพบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 90 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ ที่อุณหภูมิ 70 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสีแดง ( $a^*$ ) ที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส จะมีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ( $p < 0.05$ ) อุณหภูมิสูงทำให้การระเหยน้ำที่ผิวหน้าสามารถทำได้เร็วขึ้น (Niamnuy et al., 2007; ชลธิชา สัมฤทธิ์สุทธิ และสาวิตรี รัตนสุมาวงศ์, 2556) ความร้อนมีความสัมพันธ์กับเม็ดสีที่มีอยู่ในเปลือกกุ้ง (Niamnuy et al., 2008; Hosseinpour et al., 2013; Akonor et al., 2016) เมื่อมีการให้ความร้อน โปรตีนจะเกิดการสลายตัวและแยกออกจากส่วนของเม็ดสี ทำให้สามารถมองเห็นเม็ดสีได้เด่นชัดมากยิ่งขึ้น แนวโน้มของสีแดงจึงสูงขึ้นเมื่อมีการให้

ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาการให้ความร้อนที่นานขึ้น ส่งผลให้เม็ดสีแดงมีความเด่นชัดขึ้นมาเร็วกว่ากรณีการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ อีกทั้งความเข้มข้นของเม็ดสีเพิ่มมากขึ้นเมื่อน้ำในตัวอย่างมีปริมาณลดลง (Niamnuy et al., 2007; Hosseinpour et al., 2013) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ที่อุณหภูมิ 50 และ 70 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องกับกรณีการอบแห้งเปลือกกุ้งทั้งเปลือก

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยเวลาอย่างเดียว จากตารางที่ 4.6 พบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลให้ความชื้น ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ ความสามารถในการละลายในน้ำ และความสามารถในการละลายในกรดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) โดยเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความชื้น ความสามารถในการละลายในน้ำ และความสามารถในการละลายในกรดมีค่าลดลง แต่จะส่งผลให้ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้เปลือกกุ้งสามารถดูดกลืนน้ำกลับได้มากขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าความชื้น ความสามารถในการละลายในน้ำ ความสามารถในการละลายในกรด และความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับที่เวลา 0-120 นาทีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) และมีแนวโน้มคงที่ตั้งแต่เวลา 120 นาทีขึ้นไป ( $p<0.05$ ) เนื่องจากการใช้เวลาในการอบแห้งที่นานขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำในตัวอย่างถูกกำจัดออกไปมากขึ้นทำให้ความชื้นลดลงมากกว่าที่เวลาสั้น ๆ เช่นเดียวกันกับกรณีของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก

เมื่อพิจารณาค่าสีของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดพบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) โดยเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง และค่าสีแดงมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าสีเหลืองจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างกระบวนการอบแห้ง สอดคล้องกับกรณีของเปลือกกุ้งทั้งเปลือก และงานวิจัยของ Vega-Galvez et al. (2011) Hosseinpour et al. (2013) และ Akonor et al., (2016) ซึ่งพบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่แตกต่างกันส่งผลทำให้ค่าสีของตัวอย่างแตกต่างกัน

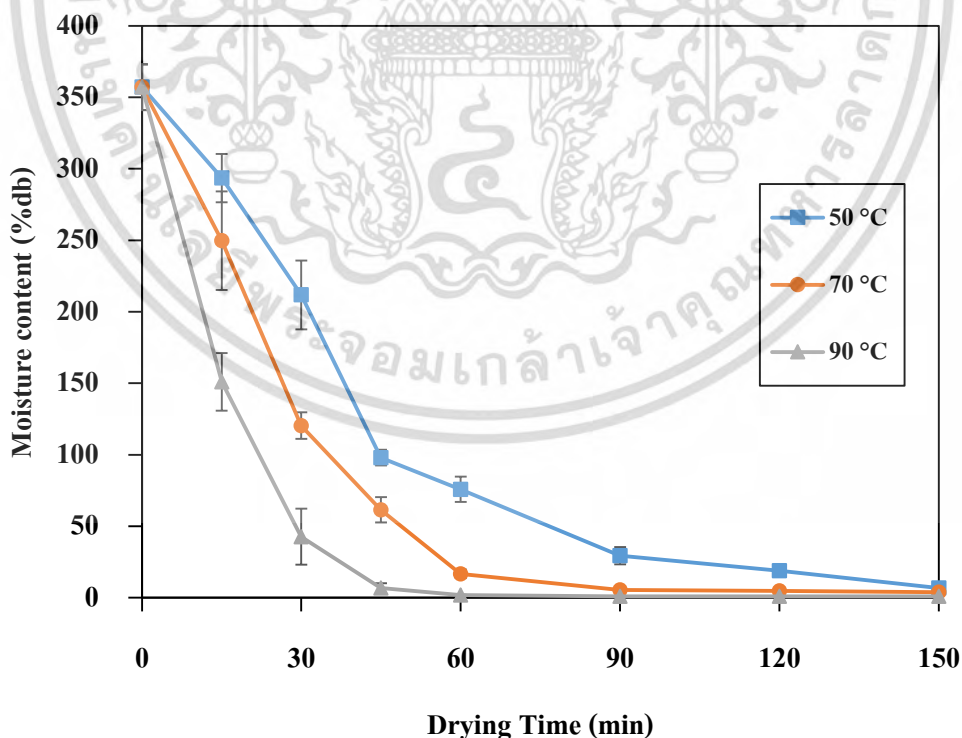
เมื่อเปรียบเทียบค่าคุณภาพของการอบแห้งเปลือกกุ้งทั้งเปลือกกับเปลือกกุ้งบดลดขนาด พบว่าปัจจัยร่วม และปัจจัยหลักส่งผลต่อค่าคุณภาพของเปลือกกุ้งทั้งสองขนาดไปในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นอุณหภูมิที่จะทำให้ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ดังกล่าวมาข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2.2 ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาด

##### 1) ความชื้น

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกจะได้กราฟการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเปลือกกุ้งทั้งเปลือกที่อบแห้งที่ภาวะต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 4.8 จากกราฟพบว่า การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส เปลือกกุ้งอบแห้งจะมีความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงของการอบแห้งระยะแรกภายใน 45 60 และ 30 นาที ตามลำดับ จากนั้นจะมีความชื้นลดลงอย่างช้า ๆ และมีแนวโน้มคงที่ตั้งแต่เวลา 150 90 และ 45 นาที ตามลำดับ จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นในเปลือกกุ้งระหว่างการอบแห้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งจะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 357.05 ของน้ำหนักแห้งและมีความชื้นสุดท้ายที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.93 0.40 และ 0.12 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ (ข้อมูลแสดงดังตารางภาคผนวก ข.8) โดยความชื้นของเปลือกกุ้งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารแห้งที่ระบุไว้ว่าควรมีความชื้นในอาหารไม่เกินร้อยละ 8 (มอก. 700-2530)



ภาพที่ 4.8 ความชื้นของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

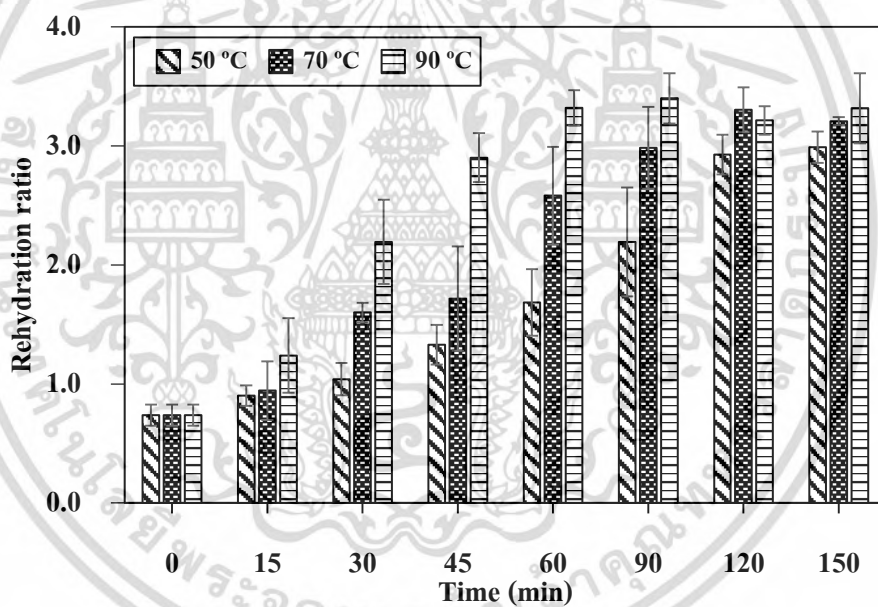
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งระหว่างเปลือกกุ้งทั้งเปลือกและเปลือกกุ้งบดลดขนาดจะเห็นได้ว่าเปลือกกุ้งทั้งสองขนาดมีกราฟการอบแห้งที่มีแนวโน้มเดียวกัน เปลือกกุ้งบดลดขนาดมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นมากกว่าเปลือกกุ้งทั้งเปลือก ทั้งนี้เนื่องมาจากการบดลดขนาดโดยการปั่นส่งผลให้น้ำที่อยู่ในเปลือกกุ้งออกมามากขึ้นทำให้ความชื้นเริ่มต้นมีค่ามากกว่าเปลือกกุ้งทั้งเปลือก และเมื่อทำการอบแห้งจะเห็นได้ว่าเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสจะมีความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าเปลือกกุ้งทั้งเปลือกซึ่งเป็นตามทฤษฎีของวิลโลว์ รังสาตทอง (2543) ที่ว่าการลดขนาดจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของอาหารซึ่งช่วยในการเพิ่มอัตราการอบแห้ง

## 2) ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ

จากผลการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 4.9 พบว่าเปลือกกุ้งสับลดขนาดเมื่อนำไปต้มน้ำร้อนในขั้นตอนการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับจะมีการสูญเสียน้ำไป ทำให้เปลือกกุ้งบดลดขนาดสามารถดูดกลืนน้ำกลับได้เพียง 0.74 เท่าเมื่อเทียบกับของสด และสามารถดูดกลืนได้มากขึ้นตามระยะเวลาการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ข้อมูลแสดงดังตารางภาคผนวก ข.12) เนื่องจากตัวอย่างที่อบแห้งจะมีปริมาณน้ำน้อยลง เมื่อนำไปต้มน้ำตัวอย่างจะดูดน้ำได้มากขึ้น และเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับก็จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียสจะมีความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับแตกต่างกันเล็กน้อย และจะมีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงปริมาณความชื้นในเปลือกกุ้งจะน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้เปลือกกุ้งที่อบแห้งที่อุณหภูมิสูงสามารถดูดกลืนน้ำกลับได้ในปริมาณที่มากกว่า ส่งผลให้ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับมีค่าที่สูงกว่าเปลือกกุ้งอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับยังขึ้นกับระดับการถูกทำลายของเซลล์และโครงสร้างของอาหารแห้งเนื่องจากระดับการถูกทำลายนี้เป็นตัวที่ทำให้เกิดโพรงหรือโครงสร้างที่เป็นทางเข้าของน้ำในการดูดกลืนน้ำ (Niamnuy et al., 2007; Guizani et al., 2008; Vega-Galvez et al., 2011; Akonor et al., 2016) เช่นเดียวกันกับของกรณีเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก อย่างไรก็ตามตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งมีลักษณะโครงสร้างที่เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย กล่าวคือมีการหดตัวของตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งที่น้อยมาก จึงอาจกล่าวได้ว่าความสามารถในการดูดกลืนน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งเป็นปัจจัยหลัก แสดงว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นและเวลาที่นานขึ้นจะทำให้ความสามารถในการดูดกลืน

น้ำกลับเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของอาหาร นอกจากความชื้น และการเปลี่ยนแปลงขนาดและโครงสร้างของอาหารหลังจากการอบแห้งดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น องค์ประกอบและลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาอบแห้ง ยังส่งผลต่อความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับด้วย ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองการอบแห้งเนื้อหมึกของ Vega-Galvez et al. (2011) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับลดลง เนื่องมาจากการหดตัวของเนื้อเยื่อของปลาหมึก เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงทำให้ผิวหนังของเนื้อหมึกเกิดการหดตัวและปิดช่องทางการระเหยน้ำออกไปภายนอก ภายในชิ้นอาหารจะมีความชื้นอยู่ และเมื่อนำเนื้อหมึกไปต้มน้ำร้อนจึงทำให้เนื้อหมึกดูดน้ำกลับได้ในปริมาณน้อย ค่าความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับจึงน้อยลง



ภาพที่ 4.9 ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิ และเวลาต่าง ๆ

### 3) ความสามารถในการละลาย

จากการศึกษาความสามารถการละลายในน้ำและการละลายในกรดของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ ได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.11 และ 4.12 พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

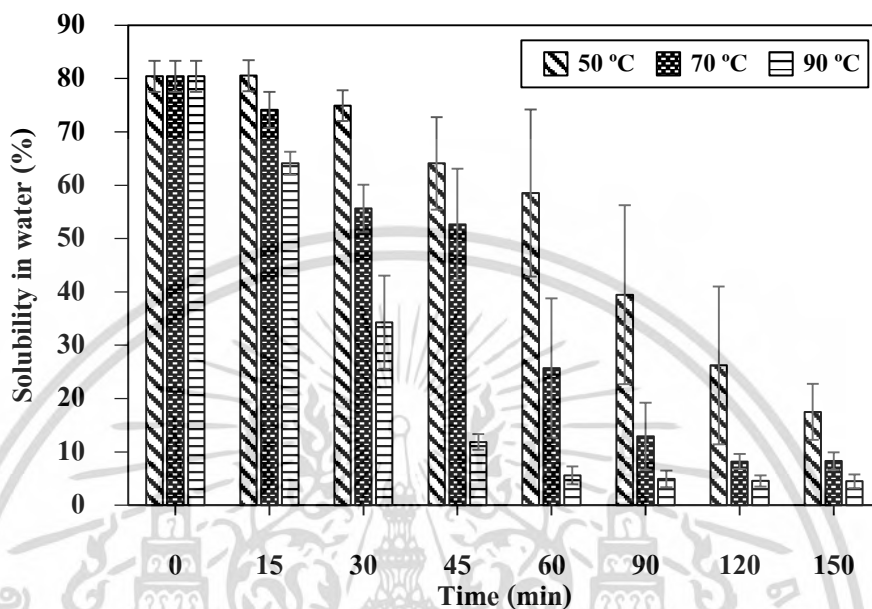
เมื่อระยะเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น การละลายของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดมีแนวโน้มลดลง

### 3.1) ความสามารถในการละลายในน้ำ

ความสามารถในการละลายในน้ำของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 4.11 พบว่าเปลือกกุ้งสดมีความสามารถในการละลายน้ำเท่ากับร้อยละ 80.43 เมื่ออบแห้งจนน้ำหนักคงที่ (อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลา 150 90 และ 45 นาที ตามลำดับ) จะมีความสามารถในการละลายน้ำเท่ากับร้อยละ 11.86-17.51 (ข้อมูลแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข.13) พบว่าเมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายในน้ำของเปลือกกุ้งอบแห้งมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จะสังเกตเห็นว่าในการอบแห้งช่วงต้นความสามารถในการละลายจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นความสามารถในการละลายจะลดลงเพียงเล็กน้อยซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ทั้งนี้ค่าความสามารถในการละลายในน้ำของตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งจะสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในเปลือกกุ้งที่เวลาต่าง ๆ โดยเมื่อปริมาณความชื้นลดลง ความสามารถในการละลายในน้ำจะลดลง กล่าวคือตัวอย่างที่มีความชื้นสูงจะมีสัดส่วนของของแข็งในตัวอย่างน้อย แต่มีสัดส่วนของน้ำในตัวอย่างมาก เมื่อนำตัวอย่างไปแช่น้ำและอบแห้ง น้ำที่ระเหยไปจะเป็นน้ำส่วนที่ละลายและน้ำในตัวอย่าง ทำให้ค่าการละลายที่คำนวณออกมาได้มีค่าสูง แตกต่างจากกรณีตัวอย่างที่อบแห้งนานขึ้นจะมีสัดส่วนของน้ำอยู่ในปริมาณน้อย เมื่อนำไปละลายน้ำและอบแห้ง พบว่าน้ำที่ระเหยออกไปเป็นน้ำที่มีอยู่ในตัวอย่างและน้ำที่เกิดจากการละลายของตัวอย่างซึ่งมีค่าน้อย ทำให้ค่าความสามารถในการละลายน้ำที่คำนวณออกมามีค่าน้อยตามไปด้วย ดังจะเห็นได้จากเส้นแนวโน้มของค่าการละลายที่ลดลงเมื่อเวลาในการอบแห้งตัวอย่างเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในเปลือกกุ้งมีองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้น้อยมาก จึงทำให้ความสามารถในการละลายขึ้นกับปริมาณน้ำที่มีอยู่ในตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งที่เวลาต่าง ๆ ผลการทดลองมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ameh et al. (2014) ที่พบว่าในเปลือกกุ้งมีองค์ประกอบที่ละลายได้ในน้ำเช่นเดียวกับกรณีของการอบแห้งเปลือกกุ้งทั้งเปลือก

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่าเปลือกกุ้งทั้งสองขนาดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและมีความสามารถในการละลายในน้ำที่ความชื้นใกล้เคียงกันแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากในเปลือกกุ้งมีองค์ประกอบที่ละลายได้ในน้ำในปริมาณ

น้อย จึงทำให้ความสามารถในการละลายในน้ำของเปลือกกุ้งทั้งสองขนาดมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย



ภาพที่ 4.10 ความสามารถในการละลายในน้ำของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

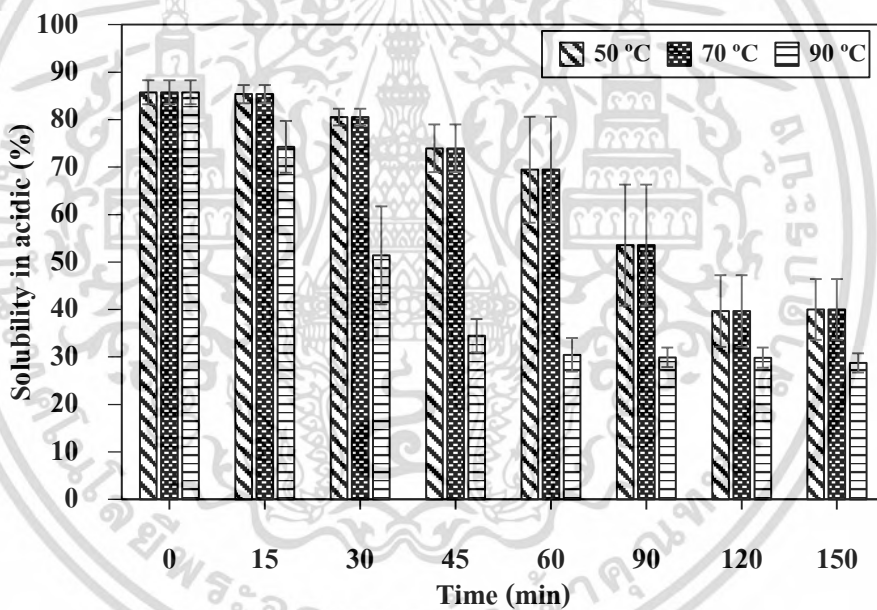
### 3.2) ความสามารถในการละลายในกรด

จากการศึกษาความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 4.11 ผลการทดลองพบว่าเปลือกกุ้งสดมีความสามารถในการละลายกรดเท่ากับร้อยละ 85.77 เมื่ออบแห้งจนน้ำหนักคงที่จะมีความสามารถในการละลายกรดเท่ากับร้อยละ 32.15-40.02 ขึ้นกับอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง (ข้อมูลแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข.14) พบว่าเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับในกรณีของความสามารถในการละลายในน้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการละลายในน้ำและความสามารถในการละลายในกรดของตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดพบว่าความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาด จะมีค่าสูงกว่าค่าความสามารถในการละลายในน้ำ ทั้งนี้เนื่องมาจากเปลือกกุ้ง ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 30-40 ไค

ตินร้อยละ 20-30 และแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 30-50 ซึ่งละลายได้น้อยมากในน้ำ (Ameh et al., 2017) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นประโยชน์จากเอกสารนี้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2014) แต่เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถละลายในกรดอะซิติก (Mahmoud et al., 2007; Ameh et al., 2014) จึงส่งผลให้ความสามารถในการละลายในกรดมีค่าสูงกว่าการละลายในน้ำ เช่นเดียวกันกับกรณีของการอบแห้งเปลือกกุ้งทั้งเปลือก ดังกล่าวแล้วข้างต้น

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่าเปลือกกุ้งทั้งสองขนาดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แต่มีความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกและเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดที่ความชื้นใกล้เคียงกันแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าการบดลดขนาดจะช่วยทำให้องค์ประกอบในเปลือกกุ้งสามารถละลายออกมาในผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Younes and Rinaudo (2015) ที่ได้กล่าวว่าการซึมผ่านของตัวทำละลายขึ้นกับขนาดของตัวอย่าง



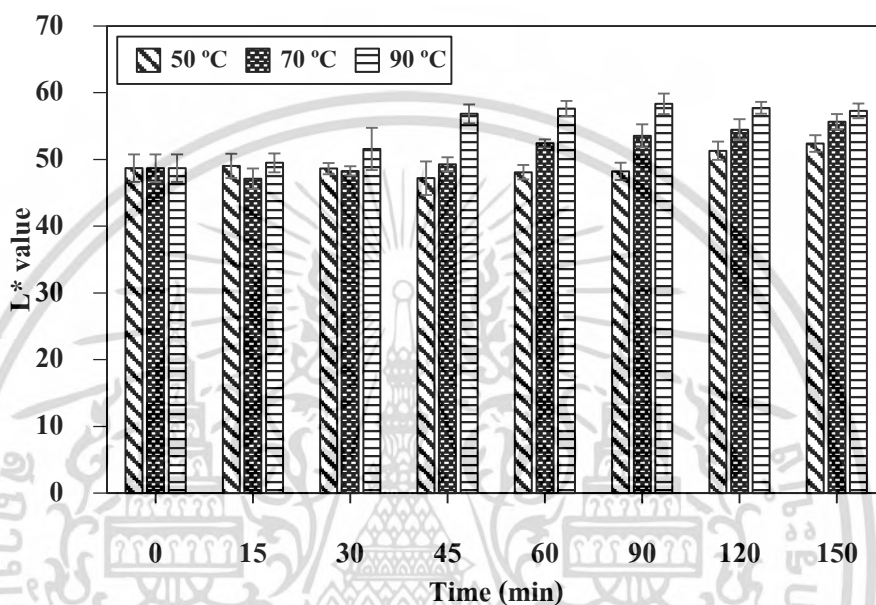
ภาพที่ 4.11 ความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

#### 4) ค่าสี

จากการอบแห้งเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ มีค่าความสว่าง แสดงดังภาพที่ 4.12 ผลการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างของเปลือกกุ้งอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ตารางภาคผนวกที่ ข. 9)

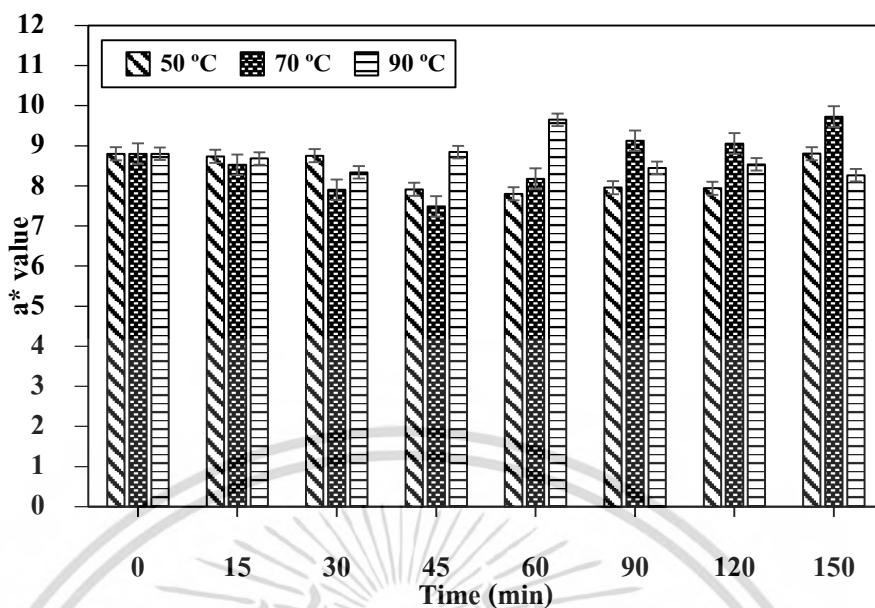
ผลการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลองของ Niamnuy et al. (2008) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการวิจัยเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยวิธีอื่นใดก็ตามไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีของกุ้งแห้งในระหว่างการอบแห้ง โดย Niamnuy ได้อธิบายว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างอาจเนื่องมาจากรงควัตถุมีการสลายตัวเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและไอโซเมอไรเซชันของแอสตาแซนธิน โดยเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าความสว่างจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับกรณีของการอบแห้งเปลือกกุ้งทั้งเปลือก



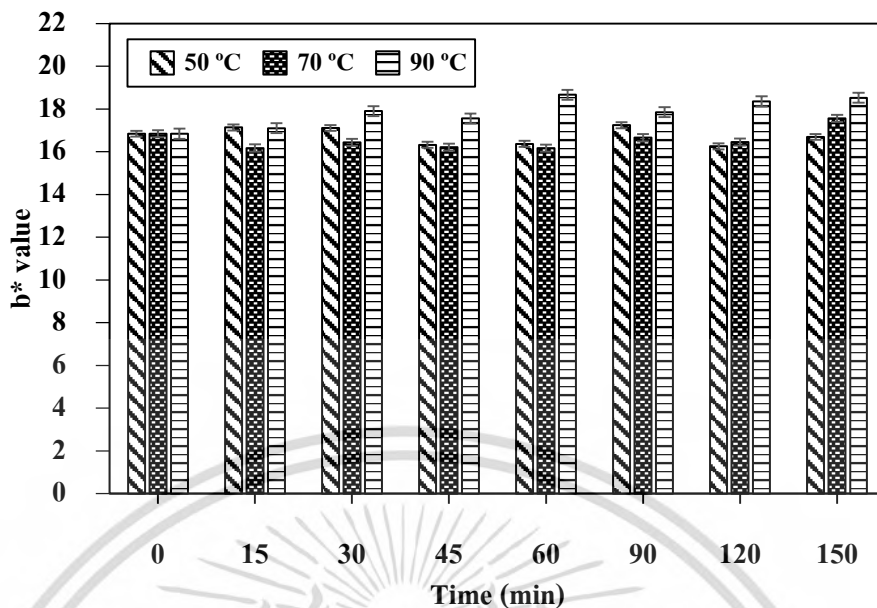
ภาพที่ 4.12 ค่าความสว่างของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

สำหรับในกรณีของการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองของเปลือกกุ้งในระหว่างกระบวนการอบแห้ง ผลการทดลองแสดงรายละเอียดตามภาพที่ 4.13 และ 4.14 (ข้อมูลแสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข.10-ข.11) โดยพบว่าอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งส่งผลต่อค่าความเป็นสีแดงของเปลือกกุ้งอบแห้ง ( $p < 0.05$ ) แต่ส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อค่าความเป็นสีเหลือง



ภาพที่ 4.13 ค่าสีแดงของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของเปลือกกุ้งเนื่องมาจากแอสตาแซนธินซึ่งเป็นเม็ดสีที่เกาะอยู่กับโปรตีน เมื่อได้รับความร้อนโปรตีนจะเสียสภาพธรรมชาติและแยกตัวออกทำให้สีแดงของแอสตาแซนธินปรากฏขึ้น สีแดงจึงมีค่ามากขึ้น (Niamnuy et al., 2007) อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาในการอบแห้งนานขึ้นแอสตาแซนธินอาจสลายตัวไปส่งผลให้ค่าสีแดงมีการเปลี่ยนแปลง และพบว่าค่าสีเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างกระบวนการอบแห้ง ซึ่งได้ผลสอดคล้องกับกรณีการอบแห้งเปลือกกุ้งทั้งเปลือกดังกล่าวมาข้างต้น



ภาพที่ 4.14 ค่าสีเหลืองของเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาค่าสีของตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งสองขนาด พบว่าค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของตัวอย่างทั้งสองขนาดมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน โดยเมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าความสว่างของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกจะมีค่าความสว่างมากกว่าเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาด และเมื่อพิจารณาค่าสีแดงและสีเหลืองพบว่าเปลือกกุ้งบดลดขนาดจะมีค่าสีแดงและสีเหลืองมากกว่าเปลือกกุ้งขนาดปกติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการบดลดขนาดจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับลมร้อนทำให้ตัวอย่างเปลือกกุ้งอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าเนื่องจากโปรตีนจะเสียสภาพธรรมชาติแยกตัวออกทำให้สีแดงของแอสตาแซนธินปรากฏขึ้น (Niamnuy et al., 2007)

#### 4.2 การคัดเลือกภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกกุ้งเพื่อการผลิตซูปเปลือกกุ้ง

การคัดเลือกภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกกุ้งแต่ละขนาดเพื่อนำเปลือกกุ้งที่ได้ไปผลิตซูปเปลือกกุ้ง ทำโดยนำค่าคุณภาพของเปลือกกุ้งแต่ละขนาดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ CRD โดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงดังตารางในภาคผนวก ข ตั้งแต่ตารางที่ ข.1 ถึง ข.14 จากนั้นพิจารณาความชื้นของเปลือกกุ้ง โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดความชื้นของเปลือกกุ้งน้อยกว่าร้อยละ 8 ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมอาหารแห้ง (มอก. 700-2530) จากนั้นนำมาพิจารณาปัจจัยคุณภาพ ได้แก่ ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ ความสามารถในการละลายในน้ำ ความสามารถในการละลายในกรด และค่าสี โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐานที่เตรียมตามภาวะที่ใช้ในการทำซูปเปลือกกุ้งในโรงแรม เตรียมโดยนำเปลือกกุ้งมาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (ศักดิ์เพชร เรื่องแพ 2556; Miles, 2016) โดยเลือกตัวอย่างที่มีความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ ความสามารถในการละลายในน้ำ และความสามารถในการละลายในกรดที่สูง มีค่าสีที่สว่างและเป็นสีส้ม จากนั้นนำตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งที่ได้จากการคัดเลือกมาใช้ในเมนูซูปเปลือกกุ้งต่อไป

จากการคัดเลือกโดยพิจารณาปัจจัยคุณภาพของเปลือกกุ้งดังกล่าว พบว่าภาวะที่เหมาะสมต่อการอบแห้ง คือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที (ค่าแสดงดังตาราง ข.1 ถึง ข.14 ในภาคผนวก ข ตัวอักษรหนา หมายถึง ค่าคุณภาพของภาวะที่เหมาะสม) แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่าเปลือกกุ้งอบแห้งที่มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 8 มีความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับเท่ากับ 3.21-3.95 เท่า และความสามารถในการละลายในน้ำเท่ากับร้อยละ 8.28-8.56 และความสามารถในการละลายในกรดเท่ากับร้อยละ 26.50-31.23 มีค่าความสว่างเท่ากับ 55.64-60.11 ค่าความเป็นสีแดงเท่ากับ 6.66-9.73 และค่าสีเหลืองเท่ากับ 12.14-17.56

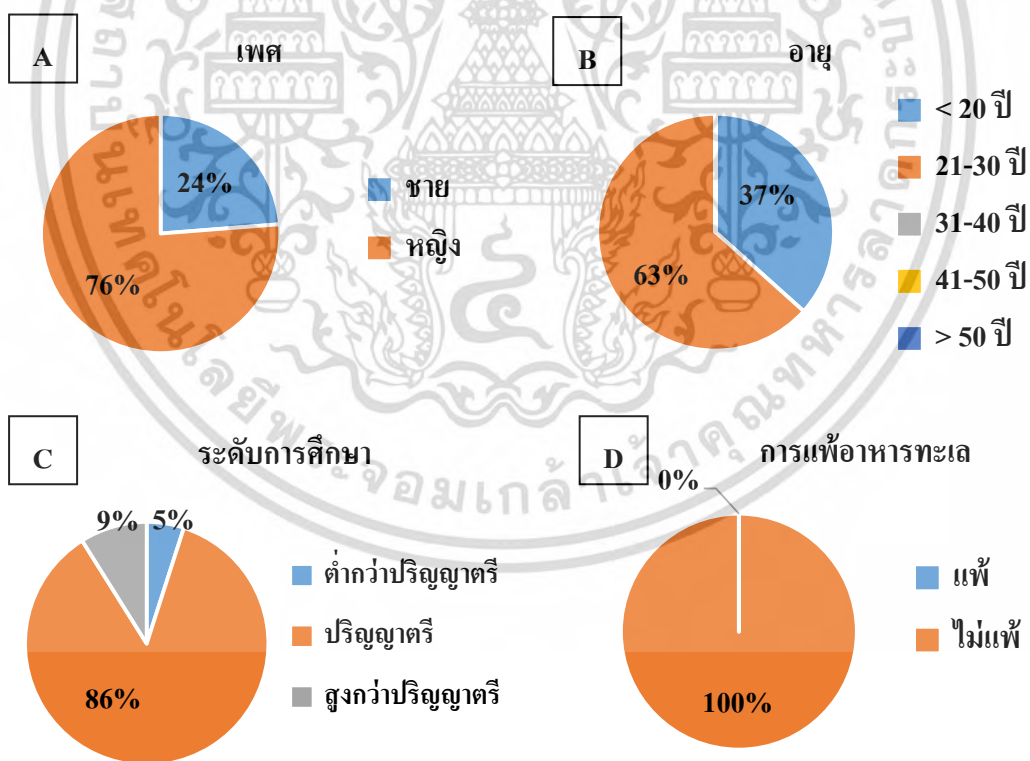
ตารางที่ 4.7 สมบัติทางกายภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งมาตรฐานเทียบกับเปลือกกุ้งอบแห้งที่ทดลอง

| สมบัติทางกายภาพ   | ตัวอย่างมาตรฐาน<br>(200°C ที่ 30 นาที) | เปลือกกุ้งทั้งเปลือก<br>(70°C ที่ 150 นาที) | เปลือกกุ้งบดลดขนาด<br>(70°C ที่ 150 นาที) |
|-------------------|--|---|---|
| ความชื้น (%)      | 8.93±0.22                              | 3.32±0.80                                   | 3.94±0.35                                 |
| การดูดกลืนน้ำกลับ | 3.91±0.07                              | 3.95±0.11                                   | 3.21±0.03                                 |
| การละลายในน้ำ (%) | 10.24±0.42                             | 8.56±3.20                                   | 8.28±1.63                                 |
| การละลายในกรด (%) | 36.13±0.80                             | 26.50±0.61                                  | 31.23±4.07                                |
| L*                | 56.91±0.49                             | 60.11±2.18                                  | 55.64±0.18                                |
| a*                | 7.68±1.39                              | 6.66±1.09                                   | 9.73±0.55                                 |
| b*                | 14.73±1.06                             | 12.14±1.17                                  | 17.56±0.55                                |

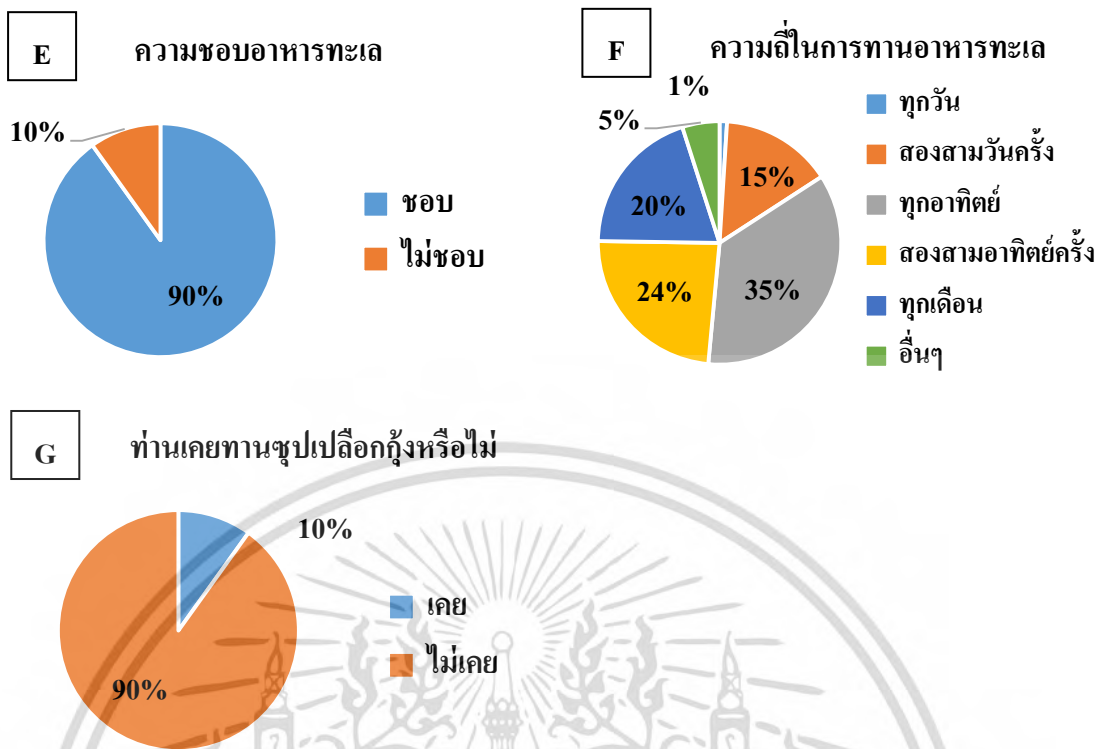
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของซูปเปลือกกุ้งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งอบแห้งขนาดต่าง ๆ

จากการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 100 คน ที่มีต่อซูปเปลือกกุ้งที่เตรียมจากเปลือกกุ้ง 2 ขนาด โดยแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบดังภาพที่ 4.15 ทั้งนี้ผู้ทดสอบส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงร้อยละ 76 และผู้ชายร้อยละ 24 มีอายุระหว่าง 21-30 ปี ร้อยละ 63 และมีอายุน้อยกว่า 20 ปี ร้อยละ 37 มีการศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 86 สูงกว่าปริญญาตรีร้อยละ 9 และต่ำกว่าปริญญาตรีร้อยละ 5 เป็นผู้ที่ไม่แพ้อาหารทะเล เป็นผู้ที่ชอบอาหารทะเลคิดเป็นร้อยละ 90 และไม่ชอบอาหารทะเลคิดเป็นร้อยละ 10 โดยมีความถี่ในการรับประทานอาหารทะเลทุกอาทิตย์ร้อยละ 35 สองสามอาทิตย์ครั้งร้อยละ 24 ทุกเดือนร้อยละ 20 สองสามวันครั้งร้อยละ 15 อื่น ๆ ร้อยละ 5 และทุกวันร้อยละ 1 ผู้ทดสอบเคยรับประทานซูปเปลือกกุ้งคิดเป็นร้อยละ 10 และไม่เคยรับประทานซูปเปลือกกุ้งคิดเป็นร้อยละ 90



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.15 ข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์

- A: เพศ
- B: อายุ
- C: การศึกษา
- D: การแพ้อาหารทะเล
- E: ความชอบอาหารทะเล
- F: ความถี่ในการทานอาหารทะเล
- G: ทานเคยกานซูปลืออกกึ่งหรือไม่

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง มีอายุระหว่าง 21-30 ปี มีการศึกษา ระดับปริญญาตรีเป็นผู้ที่ไม่แพ้อาหารทะเล และจะรับประทานอาหารทะเลทุกอาทิตย์ ส่วนมากไม่เคยรับประทานซูปลืออกกึ่งมาก่อน จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสซูปลืออกกึ่งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งทั้งเปลือกและเปลือกกุ้งบดลดขนาดที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที ตามภาวะที่คัดเลือกได้จากข้อ 4.3 โดยผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซูปลืออกกึ่งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งขนาดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าซูปลืออกกึ่งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดได้รับคะแนนด้านสีและลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความเนียน และความข้นหนืด และความชอบโดยรวมมากกว่าซูปลืออกกึ่งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ยกเว้นคะแนนความชอบด้านรสชาติของกุ้งและครีมที่น้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังนั้นจึงคัดเลือกซูปเปลือกกุ้งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซูปเปลือกกุ้ง

| คุณลักษณะต่าง ๆ            | คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส |                          |
|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
|                            | ซูปเปลือกกุ้ง (ทั้งเปลือก)  | ซูปเปลือกกุ้ง (บดลดขนาด) |
| สีและลักษณะปรากฏ           | 7.10±1.00 <sup>b</sup>      | 7.31±1.00 <sup>a</sup>   |
| กลิ่น (กุ้ง)               | 6.71±1.29 <sup>b</sup>      | 6.74±1.28 <sup>a</sup>   |
| เนื้อสัมผัส (ความเนียน)    | 6.95±1.25 <sup>b</sup>      | 7.08±1.24 <sup>a</sup>   |
| เนื้อสัมผัส (ความขุ่นหนืด) | 6.72±1.37 <sup>b</sup>      | 6.92±1.20 <sup>a</sup>   |
| รสชาติ (กุ้งและครีม)       | 6.55±1.43 <sup>a</sup>      | 6.46±1.62 <sup>b</sup>   |
| ความชอบโดยรวม              | 6.67±1.23 <sup>b</sup>      | 6.85±1.35 <sup>a</sup>   |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

#### 4.4 คุณค่าทางโภชนาการของซูปเปลือกกุ้ง

จากการคัดเลือกซูปเปลือกกุ้งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งบดลดขนาดและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที ก่อนนำมาผลิตเป็นซูปเปลือกกุ้งและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ โดยผลการทดลองจากตารางที่ 4.9 พบว่าซูปเปลือกกุ้งมีคุณค่าทางโภชนาการโดยประกอบด้วยไขมันทั้งหมด 5.73 กรัม ไขมันอิ่มตัว 3.98 กรัม คาร์โบไฮเดรต 3.21 กรัม น้ำตาล 2.00 กรัม โปรตีน 1.12 กรัม โยอาหาร 0.20 กรัม โซเดียม 178.64 มิลลิกรัม แคลเซียม 63.79 มิลลิกรัม คอเลสเตอรอล 24.92 มิลลิกรัม เหล็ก 0.14 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 น้อยกว่า 0.030 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 น้อยกว่า 0.025 มิลลิกรัม และวิตามินเอ 20.11 ไมโครกรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ซูปครีมไก่และเห็ดชนิดเข้มข้น ยี่ห้อแคมเบลล์ (ตารางที่ 4.9) พบว่ามีองค์ประกอบใกล้เคียงกับซูปที่วางขายในท้องตลาด โดยจะมีปริมาณโยอาหารสูงกว่าซูปที่วางขายในท้องตลาดและมีปริมาณไขมันทั้งหมดและโซเดียมต่ำกว่าซูปที่วางขายในท้องตลาด แต่จะมีปริมาณไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลสูงกว่าซูปที่วางขายในท้องตลาด ทั้งนี้มีการประยุกต์สูตรเพื่อการผลิตจริงสามารถ

ปรับลดสัดส่วนของไขมันได้โดยการลดองค์ประกอบที่มีไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลสูง เช่น ครีมนสด เนย เป็นต้น

ตารางที่ 4.9 คุณค่าทางโภชนาการของซูปเปลือกกุ้ง

| องค์ประกอบ   | ปริมาณต่อ 100 กรัม       | ซูปครีมไก่และเห็ดชนิด<br>เข้มข้น ชี้ออกแคมเบลล์** |
|--------------|--------------------------|---|
| ไขมันทั้งหมด | 5.73 กรัม                | 7.00 กรัม   |
| ไขมันอิ่มตัว | 3.98 กรัม                | 2.00 กรัม   |
| คาร์โบไฮเดรต | 3.21 กรัม                | 8.00 กรัม   |
| น้ำตาล       | 2.00 กรัม                | 1.00 กรัม   |
| โปรตีน       | 1.12 กรัม                | 2.00 กรัม   |
| ใยอาหาร      | 0.20 กรัม                | 0.00 กรัม   |
| โซเดียม      | 178.64 มิลลิกรัม         | 658 มิลลิกรัม                                     |
| แคลเซียม     | 63.79 มิลลิกรัม (8%*)    | 2%  |
| คอเลสเตอรอล  | 24.92 มิลลิกรัม          | 13 มิลลิกรัม                                      |
| เหล็ก        | 0.14 มิลลิกรัม (1%*)     | 0%  |
| วิตามินบี 1  | น้อยกว่า 0.030 มิลลิกรัม | -   |
| วิตามินบี 2  | น้อยกว่า 0.025 มิลลิกรัม | -   |
| วิตามินเอ    | 20.11 ไมโครกรัม (3%*)    | 13%   |

หมายเหตุ \*จำนวนเป็นร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI)

\*\* ข้อมูลจากฉลากโภชนาการข้างกระป๋องของซูปครีมไก่และเห็ดชนิดเข้มข้น ชี้ออกแคมเบลล์

## บทที่ 5

# สรุปผลการทดลอง

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ขนาดของเปลือกกุ้งมีผลทำให้ความชื้นสุดท้ายของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดมีค่าน้อยกว่าเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก และความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดมีค่าสูงกว่าเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก

5.1.2 ภาวะในการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งขาวอบแห้ง พบว่าอุณหภูมิ เวลา และปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลา ส่งผลต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของเปลือกกุ้งอบแห้ง โดยส่งผลให้เปลือกกุ้งมีความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ ค่าความสว่าง และค่าสีแดงที่เพิ่มขึ้น มีความชื้นความสามารถในการละลายในน้ำ และความสามารถในการละลายในกรดที่ลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลืองเล็กน้อย

5.1.3 ภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกกุ้งทั้งเปลือกกุ้งและเปลือกกุ้งบดลดขนาด คือ การอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที ทำให้มีความชื้นเพิ่มขึ้นไปตามมาตรฐาน

5.1.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของซูปเปลือกกุ้งพบว่าซูปเปลือกกุ้งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าซูปเปลือกกุ้งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งทั้งเปลือก

5.1.5 ผลผลิตกัณฑ์ซูปเปลือกกุ้งที่เตรียมจากเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยประกอบด้วยไขมันทั้งหมด 5.73 กรัม ไขมันอิ่มตัว 3.98 กรัม คาร์โบไฮเดรต 3.21 กรัม น้ำตาล 2.00 กรัม โปรตีน 1.12 กรัม โยอาหาร 0.20 กรัม และอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตกัณฑ์ในทางการค้า พบว่ามีองค์ประกอบใกล้เคียงกับซูปที่วางขายในท้องตลาด

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการศึกษาผลของขนาดและภาวะในการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเปลือกกุ้งขาวอบแห้งควรมีการศึกษาปริมาณองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการอบแห้ง เช่น ปริมาณแอสตาแซนธิน เป็นต้น

5.2.2 ปัจจุบันผู้บริโภคสนใจเรื่องสุขภาพมากขึ้น มีความต้องการบริโภคอาหารที่มีความปลอดภัย มีประโยชน์ต่อร่างกาย รวมทั้งมีไขมันต่ำ จึงควรมีการศึกษาปริมาณของส่วนประกอบที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้คุณลักษณะของซูปเปลือกกุ้งที่ดีและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกจากนี้ควรมีการนำเอาเปลือกกุ้งขาวอบแห้งไปใช้เป็นส่วนประกอบในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น

5.2.3 ควรมีการศึกษาการเตรียม สภาวะและอายุในการเก็บรักษาน้ำสต็อกที่ได้จากเปลือกกุ้งอบแห้ง เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนผสมในการประกอบอาหารต่าง ๆ

## เอกสารอ้างอิง

- กมลศิริ พันธนิยะ. (ม.ป.ป.). กุ้งขาวลิโทพีเนียส แวนนาไม (Pacific white shrimp). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.shrimpcenter.com/t-shrimp051.html>. 9 กรกฎาคม 2559.
- โชคชัย ชีรกุลเกียรติ. 2545. การถนอมและการแปรรูปอาหาร หน่วยที่ 8-15. พิมพ์ครั้งที่ 4. นนทบุรี : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ธรรมรัตน์ แสงหิรัญ. 2556. การสกัดและเก็บกักแอสตาแซนทินจากหัวกุ้งขาวแวนนาไม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธีรศักดิ์ อินทร์ช่วย. 2557. SOUP (ซूप). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://art-chef.blogspot.com/2014/11/soup.html>. 9 กรกฎาคม 2559.
- นิธิยา รัตนาปนนท์. 2553. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ประจวบ หล้าอุบล. 2537. สรีระวิทยาของกุ้ง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ผกาวิดี นารอง. 2543. “การใช้ประโยชน์จากเปลือกกุ้ง.” วารสารศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 8(2) : 19-22.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร: การถนอมอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ โอ.เอส.พรีนติ้งเฮาส์.
- วิไล รังสาดทอง. 2543. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.
- ศักดิ์เพชร เรืองแพ. 2556. ซุปชั้นหัวกุ้ง เทคนิคทำซุปเข้มข้นจากหัวและเปลือกกุ้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://paicooker.blogspot.com/2013/09/blog-post\\_25.html](http://paicooker.blogspot.com/2013/09/blog-post_25.html). 9 กรกฎาคม 2559.
- สกุลคุณ มากคุณ. 2546. “การสกัดและผลของแอสตาแซนทินจากเปลือกกุ้งต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีและค่าTBA ของปลาทับทิม (*Oreochromis sp.*) แช่เย็น.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ผลิตภัณฑ์ประมง) ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2530. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาของปลาเกล็ด และปลาแห้งป่น.** มอก. 700-2530.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2559:** กุ้ง. กรุงเทพฯ. หน้า 199-212.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. **สถิติการส่งออก (Export) -- กุ้ง สด แช่เย็นจนแข็ง.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://www.oae.go.th/oae\\_report/export\\_import/export\\_result.php](http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php). 9 กรกฎาคม 2559.
- Adeyeye, E. I., Adubiaro, H. O. and Awodola, O. J. 2008. "Comparability of chemical composition and functional properties of shell and flesh of penaeus notabilis." **Pakistan Journal of Nutrition.** 7(6) : 741-747.
- Affandi, M., Julianto, T., and Majeed, A. 2011. "Development and stability evaluation of astaxanthin nanoemulsion." **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research.** 4 : 142-148.
- Akonor, P. T., Ofori, H., Dziedzoave, N. T. and Kortei, N. K. 2016. "Drying characteristics and physical and nutritional properties of shrimp meat as affected by different traditional drying techniques." **International Journal of Food Science.** 2016 : 1-5.
- Ameh, A. O., Abutu, D., Isa, M. T. and Rabi, U. 2014. "Kinetics of demineralization of shrimp shell using lactic acid." **Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies.** 24 : 13-22.
- AOAC. 2000. **Official Method of Analysis of AOAC International.** 17<sup>th</sup> eds. The Association of Official Analytical Chemists. Maryland. Method 950.46.
- Cheong, J. Y., Azwady, A. A. N., Rusea, G., Noormasshela, U. A., Shaziera, A. G. N., Azleen A. A. and Muskhazli, M. 2014. "The availability of astaxanthin from shrimp shell wastes through microbial fermentations, aeromonas hydrophila and cell disruptions." **International Journal of Agri-culture & Biology.** 16(2) : 277-284.
- Deepshikha, S., Vaibhav, S., Anand, K. A. and Chatterjee D. P. 2012. "Techniques for solubility

- enhancement of poorly soluble drugs: an overview.” **Journal of Medical Pharmaceutical and Allied Sciences**. 2012(1) : 18-38.
- Fernandes, T. M., Andrade da Silva, J., Andrade da Silva, A. H., Oliveira Cavalheiro, J. M. and Lúcia da Conceição, eM. 2013. “Flour production from shrimp by-products and sensory evaluation of flour-based products.” **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 48(8) : 962-967.
- Guizani, N., Al-Shoukri, A. O., Mothershaw, A. and Rahman, M. S. 2008. “Effects of salting and drying on shark (*Carcharhinus sorrah*) meat quality characteristics.” **Drying Technology**. 26(6) : 705-713.
- Hashim, N., Daniel, O. and Rahaman, E. 2014. “A preliminary study: Kinetic model of drying process of pumpkins (*Cucurbita moschata*) in a convective hot air dryer.” **Agriculture and Agricultural Science Procedia**. 2 : 345-352.
- Hosseinpour, S., Rafiee, S., Mohtasebi, S. S. and Aghbashlo, M. 2013. “Application of computer vision technique for on-line monitoring of shrimp color changes during drying.” **Journal of Food Engineering**. 115(1) : 99-114.
- Ibrahim, H. M., Salama, M. F. and El-Banna, H. A. 1999. “Shrimp’s waste: Chemical composition, nutritional value and utilization.” **Molecular Nutrition and Food Research**. 43(6) : 418-423.
- Kerdpi boon, S., Devahastin, S. and Kerr, W. L. 2007. “Comparative fractal characterization of physical changes of different food products during drying.” **Journal of Food Engineering**. 83(4) : 570-580.
- Khan, M. and Newsad, A. K. M. A. 2012. “Development of protein enriched shrimp crackers from shrimp shell wastes.” **Journal of the Bangladesh Agricultural University**. 10(2) : 367-374.
- Lebel, L., Mungkung, R., Gheewala, S. H. and Lebel, P. 2010. “Innovation cycles, riches and sustainability in the shrimp aquaculture industry in Thailand.” **Environmental Science and Policy**. 13(4) : 291-302.

- Metusalach, Brown, J. A. and Shahidi, F. 1996. "Effects of stocking density on colour characteristics and deposition of carotenoids in cultured Arctic charr (*Salvelinus alpinus*)." **Food Chemistry**. 59(1) : 107-114.
- Miki, W. 1991. "Biological functions and activities of animal carotenoids." **Pure and Applied Chemistry**. 63(1) : 141-146.
- Miles, H. 2016. **Soup and a Sandwich: Perfect Pairings for Satisfying Meals**. London : Ryland Peters&Small.
- Naguib, Y.M. 2000. "Antioxidant activities of astaxanthin and related carotenoids." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 48(4) : 1150-1154.
- Namsanguan, Y., Tia, W., Devahastin, S., and Soponronnarit, S. 2004. "Drying kinetics and quality of shrimp undergoing different two-stage drying processes." **Drying Technology**. 22(4) : 759-778.
- Niamnuy, C., Devahastin, S. and Soponronnarit, S. 2007. "Effects of process parameters on quality changes of shrimp during drying in a jet-spouted bed dryer." **Journal of Food Science**. 72(9): 553-563.
- Niamnuy, C., Devahastin, S., Soponronnarit, S. and Vijaya Raghavan, G. S. 2008. "Kinetics of astaxanthin degradation and color changes of dried shrimp during storage." **Journal of Food Engineering**. 87(4) : 591-600.
- Nishida, Y. Yamashita, E. and Miki, W. 2007. "Quenching activities of common hydrophilic and lipophilic antioxidants against singlet oxygen using chemiluminescence detection system." **Carotenoid Science**. 11 : 16-20.
- Posomboon, W. 1998. "Processing effect on quality of dried shrimp." **Master of Engineering Thesis**. Asian Institute of Technology. Bangkok. Thailand. 110.
- Ravi Kumar, M. N. V. 2000. "A review of chitin and chitosan applications." **Reactive and Functional Polymers**. 46(1) : 1-27.

- Senphan, T., Benjakul, S. and Kishimura, H. 2014. "Characteristics and antioxidative activity of carotenoprotein from shells of Pacific white shrimp extracted using hepatopancreas proteases." **Food Bioscience**. 5 : 54-63.
- Shimidzu, N. Goto, M. and Miki, W. 1996. "Carotenoids as singlet oxygen quenchers in marine organisms." **Fisheries Science**. 62(1) : 134-137.
- Sindhua, S. and Sherief, P. M. 2011. "Extraction, characterization, antioxidant and anti-inflammatory properties of carotenoids from the shell waste of arabian red shrimp *aristeus alcocki*, ramadan 1938." **The Open Conference Proceedings Journal**. 2 : 95-103.
- Tolasa, S., Cakli, S., and Ostermeyer, U. 2005. "Determination of astaxanthin and canthaxanthin in salmonid." **European Food Research and Technology**. 221(6) : 787-791.
- Vega-Galvez, A., Miranda, M., Clavería, R., Quispe, I., Vergara, J., Uribe, E., Paez, H. and Di Scala, K. 2011. "Effect of air temperature on drying kinetics and quality characteristics of osmo-treated jumbo squid (*Dosidicus gigas*)." **LWT - Food Science and Technology**. 44(1) : 16-23.
- Wakai, M. and Almenar, E. 2015. "Effect of the presence of montmorillonite on the solubility of whey protein isolate films in food model systems with different compositions and pH." **Food Hydrocolloids**. 43 : 612-621.
- Yang, Y., Kim, B. and Lee, J. Y. 2013. "Astaxanthin structure, metabolism, and health benefits." **Journal of Human Nutrition & Food Science**. 1(1) : 1003(1-11).
- Younes, I. and Rinaudo, M. 2015. "Chitin and chitosan preparation from marine sources: structure, properties and applications." **Marine Drugs**. 2015(13) : 1133-1174.
- Yuan, J-P., Peng, J., Yin, K. and Wang, J-H. 2011. "Potential health-promoting effects of astaxanthin: a high-value carotenoid mostly from microalgae." **Molecular Nutrition & Food Research**. 55(1) : 150-165.



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก.

# การวิเคราะห์ห้องคู่ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งอบแห้ง

### ก.1 การวิเคราะห์ความชื้นฐานแห้ง (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

1) อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้วางทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก (Wc) ทำซ้ำจนผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งติดกัน 2 ครั้งไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

2) ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-2 กรัม (W0) ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแล้ว

3) นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้วางทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก (Wt) จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีกครั้ง ทำซ้ำจนผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งติดกัน 2 ครั้งไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

4) กำหนดปริมาณความชื้นได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้นฐานแห้ง (ร้อยละ)} = \frac{((W0 + Wc) - Wt) \times 100}{Wt - Wc}$$

โดย W0 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

Wc = น้ำหนักของภาชนะสำหรับหาความชื้น (กรัม)

Wt = น้ำหนักภาชนะและตัวอย่างหลังอบไล่ความชื้นที่เวลาใด ๆ (กรัม)

ภาคผนวก ข.

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งสอง  
ขนาดที่ใช้ในการคัดเลือกภาวะที่เหมาะสม

ข.1 ค่าคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือก

ตารางที่ ข.1 ความชื้นของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                       | 70°C                         | 90°C                       |
|----------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 0 นาที         | 250.42±34.39 <sup>b</sup>  | 301.56±72.34 <sup>a</sup>    | 307.28±22.01 <sup>a</sup>  |
| 15 นาที        | 180.42±19.76 <sup>c</sup>  | 139.24±30.02 <sup>d</sup>    | 70.87±30.95 <sup>efg</sup> |
| 30 นาที        | 98.76±24.52 <sup>c</sup>   | 45.88±15.38 <sup>fgh</sup>   | 14.38±9.74 <sup>hij</sup>  |
| 45 นาที        | 75.12±18.15 <sup>ef</sup>  | 14.96±5.62 <sup>hij</sup>    | 1.90±0.36 <sup>j</sup>     |
| 60 นาที        | 42.51±11.48 <sup>ghi</sup> | 4.75±0.36 <sup>j</sup>       | 1.60±0.19 <sup>j</sup>     |
| 90 นาที        | 14.44±5.56 <sup>hij</sup>  | 3.59±0.44 <sup>j</sup>       | 1.31±0.32 <sup>j</sup>     |
| 120 นาที       | 11.01±2.06 <sup>j</sup>    | 3.45±0.69 <sup>j</sup>       | 0.92±0.28 <sup>j</sup>     |
| 150 นาที       | 6.32±1.49 <sup>j</sup>     | <b>3.32±0.80<sup>j</sup></b> | 0.96±0.63 <sup>j</sup>     |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข.2 ค่าความสว่างของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                       | 70°C                           | 90°C                       |
|----------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 0 นาที         | 44.50±1.93 <sup>kl</sup>   | 43.94±5.09 <sup>kl</sup>       | 42.78±0.75 <sup>l</sup>    |
| 15 นาที        | 46.01±1.98 <sup>k</sup>    | 53.91±2.88 <sup>h</sup>        | 48.45±2.12 <sup>j</sup>    |
| 30 นาที        | 49.04±0.56 <sup>j</sup>    | 56.19±4.25 <sup>efg</sup>      | 54.37±2.28 <sup>gh</sup>   |
| 45 นาที        | 51.35±6.30 <sup>i</sup>    | 56.76±2.96 <sup>def</sup>      | 57.47±3.40 <sup>cdef</sup> |
| 60 นาที        | 53.84±2.82 <sup>h</sup>    | 56.49±3.76 <sup>defg</sup>     | 57.77±3.40 <sup>cdef</sup> |
| 90 นาที        | 55.65±2.70 <sup>fgh</sup>  | 58.21±2.52 <sup>bcde</sup>     | 58.97±1.36 <sup>abc</sup>  |
| 120 นาที       | 56.32±1.65 <sup>efg</sup>  | 58.81±2.57 <sup>abcd</sup>     | 58.28±2.52 <sup>bcde</sup> |
| 150 นาที       | 57.21±2.43 <sup>cdef</sup> | <b>60.11±4.49<sup>ab</sup></b> | 60.52±1.91 <sup>a</sup>    |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข.3 ค่าสีแดงของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                         | 70°C                           | 90°C                         |
|----------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 0 นาที         | 5.46±1.08 <sup>efghij</sup>  | 5.08±0.81 <sup>hijk</sup>      | 5.67±1.17 <sup>defghij</sup> |
| 15 นาที        | 4.72±1.09 <sup>ijk</sup>     | 5.19±1.47 <sup>ghijk</sup>     | 5.75±0.84 <sup>defghi</sup>  |
| 30 นาที        | 5.31±1.50 <sup>efghijk</sup> | 6.51±1.46 <sup>bcde</sup>      | 6.19±1.08 <sup>cdefgh</sup>  |
| 45 นาที        | 4.31±0.73 <sup>k</sup>       | 6.19±1.34 <sup>cdefgh</sup>    | 6.38±0.84 <sup>bcdef</sup>   |
| 60 นาที        | 4.58±1.65 <sup>jk</sup>      | 7.96±0.92 <sup>a</sup>         | 6.33±0.97 <sup>bcdefg</sup>  |
| 90 นาที        | 5.36±1.98 <sup>efghijk</sup> | 7.18±1.65 <sup>abc</sup>       | 6.33±1.77 <sup>bcdefg</sup>  |
| 120 นาที       | 6.23±2.09 <sup>bcdefg</sup>  | 7.34±2.45 <sup>ab</sup>        | 6.33±1.76 <sup>bcdefg</sup>  |
| 150 นาที       | 6.97±1.51 <sup>abc</sup>     | <b>6.66±1.61<sup>bcd</sup></b> | 6.79±1.54 <sup>bcd</sup>     |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ค่าสีเหลืองของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                          | 70°C                          | 90°C                          |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 0 นาที         | 13.72±1.89 <sup>abc</sup>     | 13.17±2.45 <sup>abcdefg</sup> | 12.22±1.02 <sup>fg</sup>      |
| 15 นาที        | 12.93±0.79 <sup>bcdefg</sup>  | 13.36±1.14 <sup>abcde</sup>   | 14.15±1.49 <sup>a</sup>       |
| 30 นาที        | 13.66±1.97 <sup>abcd</sup>    | 13.65±1.64 <sup>abcd</sup>    | 13.14±1.43 <sup>abcdefg</sup> |
| 45 นาที        | 12.48±1.16 <sup>defg</sup>    | 13.71±0.77 <sup>abc</sup>     | 12.76±1.46 <sup>bcdefg</sup>  |
| 60 นาที        | 12.46±1.92 <sup>efg</sup>     | 13.53±1.28 <sup>abcde</sup>   | 12.65±0.74 <sup>cdefg</sup>   |
| 90 นาที        | 12.78±2.05 <sup>bcdefg</sup>  | 12.92±0.93 <sup>bcdefg</sup>  | 13.86±2.01 <sup>ab</sup>      |
| 120 นาที       | 13.62±1.82 <sup>abcdef</sup>  | 14.29±0.93 <sup>a</sup>       | 13.42±0.82 <sup>abcde</sup>   |
| 150 นาที       | 13.22±1.38 <sup>abcdefg</sup> | <b>12.14±0.82<sup>b</sup></b> | 13.70±1.64 <sup>abc</sup>     |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข.5 ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                    | 70°C                         | 90°C                    |
|----------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 0 นาที         | 0.91±0.09 <sup>hi</sup> | 0.88±0.09 <sup>hi</sup>      | 0.81±0.08 <sup>i</sup>  |
| 15 นาที        | 1.10±0.07 <sup>h</sup>  | 1.45±0.20 <sup>g</sup>       | 2.12±0.13 <sup>f</sup>  |
| 30 นาที        | 1.66±0.14 <sup>g</sup>  | 2.47±0.22 <sup>e</sup>       | 3.33±0.20 <sup>c</sup>  |
| 45 นาที        | 1.96±0.14 <sup>f</sup>  | 3.38±0.28 <sup>c</sup>       | 3.44±0.08 <sup>c</sup>  |
| 60 นาที        | 2.40±0.14 <sup>e</sup>  | 3.44±0.08 <sup>c</sup>       | 3.48±0.19 <sup>bc</sup> |
| 90 นาที        | 2.84±0.22 <sup>d</sup>  | 3.55±0.03 <sup>bc</sup>      | 3.74±0.26 <sup>ab</sup> |
| 120 นาที       | 2.95±0.12 <sup>d</sup>  | 3.55±0.33 <sup>bc</sup>      | 3.54±0.33 <sup>bc</sup> |
| 150 นาที       | 3.27±0.15 <sup>c</sup>  | <b>3.95±0.11<sup>a</sup></b> | 3.46±0.14 <sup>bc</sup> |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 ความสามารถในการละลายในน้ำของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                      | 70°C                           | 90°C                     |
|----------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 0 นาที         | 74.23±6.38 <sup>ab</sup>  | 75.90±3.30 <sup>a</sup>        | 77.99±4.60 <sup>a</sup>  |
| 15 นาที        | 68.64±1.02 <sup>b</sup>   | 56.54±9.74 <sup>c</sup>        | 39.06±0.91 <sup>d</sup>  |
| 30 นาที        | 58.08±4.12 <sup>c</sup>   | 29.31±6.16 <sup>c</sup>        | 17.14±9.84 <sup>f</sup>  |
| 45 นาที        | 52.31±1.34 <sup>c</sup>   | 25.02±7.26 <sup>c</sup>        | 8.04±1.13 <sup>ghi</sup> |
| 60 นาที        | 30.53±5.92 <sup>e</sup>   | 14.00±1.74 <sup>fg</sup>       | 6.11±0.85 <sup>hi</sup>  |
| 90 นาที        | 18.50±1.15 <sup>f</sup>   | 8.95±3.70 <sup>ghi</sup>       | 5.94±1.48 <sup>hi</sup>  |
| 120 นาที       | 12.80±3.28 <sup>fgh</sup> | 8.29±3.30 <sup>ghi</sup>       | 5.42±0.27 <sup>i</sup>   |
| 150 นาที       | 9.76±1.78 <sup>ghi</sup>  | <b>8.56±3.20<sup>ghi</sup></b> | 4.61±0.60 <sup>i</sup>   |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข.7 ความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งอบแห้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                      | 70°C                            | 90°C                      |
|----------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 0 นาที         | 84.37±3.48 <sup>a</sup>   | 83.07±4.63 <sup>a</sup>         | 79.72±1.19 <sup>a</sup>   |
| 15 นาที        | 78.82±2.33 <sup>a</sup>   | 72.66±3.03 <sup>b</sup>         | 50.28±4.15 <sup>c</sup>   |
| 30 นาที        | 65.77±4.13 <sup>c</sup>   | 43.19±4.71 <sup>f</sup>         | 32.46±1.62 <sup>gh</sup>  |
| 45 นาที        | 58.34±5.88 <sup>d</sup>   | 31.61±8.76 <sup>ghi</sup>       | 26.63±2.96 <sup>hij</sup> |
| 60 นาที        | 49.77±6.22 <sup>e</sup>   | 29.62±3.59 <sup>hij</sup>       | 24.62±2.84 <sup>j</sup>   |
| 90 นาที        | 37.20±3.17 <sup>e</sup>   | 25.58±4.75 <sup>ij</sup>        | 25.62±1.58 <sup>ij</sup>  |
| 120 นาที       | 32.31±1.91 <sup>gh</sup>  | 25.72±2.62 <sup>ij</sup>        | 25.76±0.99 <sup>hij</sup> |
| 150 นาที       | 31.62±2.19 <sup>ghi</sup> | <b>26.49±0.61<sup>hij</sup></b> | 27.18±4.57 <sup>ij</sup>  |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข.2 ค่าคุณภาพของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาด

ตารางที่ ข.8 ความชื้นของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                      | 70°C                         | 90°C                      |
|----------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 0 นาที         | 355.22±14.18 <sup>a</sup> | 355.70±12.64 <sup>a</sup>    | 360.23±23.46 <sup>a</sup> |
| 15 นาที        | 293.53±16.93 <sup>b</sup> | 249.66±34.54 <sup>c</sup>    | 150.87±20.14 <sup>e</sup> |
| 30 นาที        | 211.76±24.10 <sup>d</sup> | 120.37±9.30 <sup>f</sup>     | 42.69±19.56 <sup>i</sup>  |
| 45 นาที        | 97.99±5.53 <sup>g</sup>   | 61.49±8.91 <sup>h</sup>      | 6.87±3.24 <sup>k</sup>    |
| 60 นาที        | 75.78±8.81 <sup>h</sup>   | 16.68±2.98 <sup>jk</sup>     | 1.74±0.37 <sup>k</sup>    |
| 90 นาที        | 29.40±6.08 <sup>ij</sup>  | 5.53±1.43 <sup>k</sup>       | 1.05±0.28 <sup>k</sup>    |
| 120 นาที       | 18.87±2.05 <sup>jk</sup>  | 4.84±1.02 <sup>k</sup>       | 0.90±0.27 <sup>k</sup>    |
| 150 นาที       | 6.87±0.22 <sup>k</sup>    | <b>3.94±0.34<sup>k</sup></b> | 0.87±0.28 <sup>k</sup>    |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข.9 ค่าความสว่างของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                      | 70°C                          | 90°C                     |
|----------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 0 นาที         | 48.88±1.03 <sup>gh</sup>  | 47.60±0.57 <sup>ij</sup>      | 49.61±3.08 <sup>g</sup>  |
| 15 นาที        | 49.02±1.82 <sup>gh</sup>  | 47.10±1.52 <sup>i</sup>       | 49.49±1.41 <sup>g</sup>  |
| 30 นาที        | 48.63±0.83 <sup>ghi</sup> | 48.27±0.72 <sup>hij</sup>     | 51.57±3.18 <sup>f</sup>  |
| 45 นาที        | 47.19±2.50 <sup>j</sup>   | 49.26±1.04 <sup>gh</sup>      | 56.84±1.42 <sup>b</sup>  |
| 60 นาที        | 48.09±1.06 <sup>hij</sup> | 52.41±0.62 <sup>ef</sup>      | 57.61±1.16 <sup>ab</sup> |
| 90 นาที        | 48.21±1.32 <sup>hij</sup> | 53.53±1.74 <sup>de</sup>      | 58.33±1.53 <sup>a</sup>  |
| 120 นาที       | 51.30±1.37 <sup>f</sup>   | 54.46±1.56 <sup>d</sup>       | 57.73±0.90 <sup>ab</sup> |
| 150 นาที       | 52.37±1.24 <sup>ef</sup>  | <b>55.64±1.16<sup>c</sup></b> | 57.28±1.10 <sup>ab</sup> |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.10 ค่าสีแดงของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                       | 70°C                         | 90°C                        |
|----------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 0 นาที         | 8.96±0.67 <sup>cdef</sup>  | 8.97±0.74 <sup>cdef</sup>    | 8.47±1.13 <sup>defghi</sup> |
| 15 นาที        | 8.74±0.59 <sup>cdefg</sup> | 8.53±0.88 <sup>defghi</sup>  | 8.68±1.40 <sup>cdefgh</sup> |
| 30 นาที        | 8.75±0.83 <sup>cdefg</sup> | 7.90±0.87 <sup>ijk</sup>     | 8.34±0.84 <sup>fghij</sup>  |
| 45 นาที        | 7.92±0.60 <sup>ijk</sup>   | 7.49±0.33 <sup>k</sup>       | 8.84±1.08 <sup>cdefg</sup>  |
| 60 นาที        | 7.80±0.62 <sup>jk</sup>    | 8.18±1.10 <sup>ghij</sup>    | 9.65±1.05 <sup>ab</sup>     |
| 90 นาที        | 7.96±1.01 <sup>ijk</sup>   | 9.12±0.32 <sup>bcd</sup>     | 8.45±0.94 <sup>efghij</sup> |
| 120 นาที       | 7.94±1.07 <sup>ijk</sup>   | 9.06±0.58 <sup>bcde</sup>    | 8.54±0.78 <sup>defghi</sup> |
| 150 นาที       | 8.80±0.99 <sup>cdefg</sup> | <b>9.73±0.86<sup>a</sup></b> | 8.26±0.48 <sup>ghij</sup>   |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข.11 ค่าสีเหลืองของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                       | 70°C                            | 90°C                       |
|----------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 0 นาที         | 16.67±1.21 <sup>fghi</sup> | 16.39±1.26 <sup>ghi</sup>       | 17.46±0.71 <sup>cde</sup>  |
| 15 นาที        | 17.13±0.62 <sup>defg</sup> | 16.17±1.51 <sup>i</sup>         | 17.10±0.76 <sup>efgh</sup> |
| 30 นาที        | 17.11±1.24 <sup>efgh</sup> | 16.43±1.01 <sup>ghi</sup>       | 17.90±1.10 <sup>bcd</sup>  |
| 45 นาที        | 16.32±0.96 <sup>hi</sup>   | 16.21±0.64 <sup>i</sup>         | 17.56±0.69 <sup>cde</sup>  |
| 60 นาที        | 16.36±0.79 <sup>ghi</sup>  | 16.17±0.65 <sup>i</sup>         | 18.66±1.06 <sup>a</sup>    |
| 90 นาที        | 17.24±1.80 <sup>cdef</sup> | 16.65±1.33 <sup>fghi</sup>      | 17.85±1.30 <sup>bcde</sup> |
| 120 นาที       | 16.25±0.93 <sup>i</sup>    | 16.45±0.71 <sup>ghi</sup>       | 18.35±0.60 <sup>ab</sup>   |
| 150 นาที       | 16.69±0.73 <sup>fghi</sup> | <b>17.56±0.89<sup>cde</sup></b> | 18.52±1.29 <sup>ab</sup>   |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.12 ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                     | 70°C                           | 90°C                     |
|----------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 0 นาที         | 0.78±0.17 <sup>j</sup>   | 0.78±0.15 <sup>j</sup>         | 0.66±0.10 <sup>j</sup>   |
| 15 นาที        | 0.90±0.09 <sup>ij</sup>  | 0.94±0.24 <sup>ij</sup>        | 1.24±0.31 <sup>hi</sup>  |
| 30 นาที        | 1.04±0.14 <sup>hij</sup> | 1.60±0.08 <sup>fg</sup>        | 2.19±0.36 <sup>e</sup>   |
| 45 นาที        | 1.33±0.17 <sup>gh</sup>  | 1.72±0.44 <sup>f</sup>         | 2.90±0.20 <sup>cd</sup>  |
| 60 นาที        | 1.68±0.28 <sup>fg</sup>  | 2.58±0.41 <sup>d</sup>         | 3.32±0.15 <sup>ab</sup>  |
| 90 นาที        | 2.20±0.46 <sup>e</sup>   | 2.98±0.34 <sup>bc</sup>        | 3.40±0.21 <sup>a</sup>   |
| 120 นาที       | 2.93±0.16 <sup>bcd</sup> | 3.30±0.19 <sup>abc</sup>       | 3.21±0.12 <sup>abc</sup> |
| 150 นาที       | 2.99±0.13 <sup>bc</sup>  | <b>3.21±0.03<sup>abc</sup></b> | 3.32±0.29 <sup>ab</sup>  |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข.13 ความสามารถในการละลายในน้ำของเปลือกกุ้งอบแห้งบดลดขนาดที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                      | 70°C                          | 90°C                     |
|----------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 0 นาที         | 82.69±1.27 <sup>a</sup>   | 81.19±2.32 <sup>a</sup>       | 77.41±2.16 <sup>a</sup>  |
| 15 นาที        | 80.56±2.92 <sup>a</sup>   | 74.12±3.40 <sup>ab</sup>      | 64.14±2.16 <sup>bc</sup> |
| 30 นาที        | 74.94±2.88 <sup>a</sup>   | 61.12±6.83 <sup>cd</sup>      | 34.30±8.74 <sup>ef</sup> |
| 45 นาที        | 64.12±8.67 <sup>bc</sup>  | 52.15±9.77 <sup>d</sup>       | 11.86±1.48 <sup>hi</sup> |
| 60 นาที        | 58.56±15.67 <sup>cd</sup> | 25.72±13.05 <sup>fg</sup>     | 5.62±1.69 <sup>i</sup>   |
| 90 นาที        | 39.47±16.78 <sup>c</sup>  | 12.91±6.30 <sup>hi</sup>      | 4.93±1.57 <sup>i</sup>   |
| 120 นาที       | 26.23±14.80 <sup>fg</sup> | 8.20±1.42 <sup>hi</sup>       | 4.55±1.05 <sup>i</sup>   |
| 150 นาที       | 17.51±5.23 <sup>gh</sup>  | <b>8.28±1.63<sup>hi</sup></b> | 4.49±1.29 <sup>i</sup>   |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.14 ความสามารถในการละลายในกรดของเปลือกกุ้งอบแห้งบดขนาดที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ, เวลา | 50°C                      | 70°C                            | 90°C                       |
|----------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 0 นาที         | 88.46±1.91 <sup>a</sup>   | 84.10±1.42 <sup>a</sup>         | 84.74±1.57 <sup>a</sup>    |
| 15 นาที        | 85.37±1.92 <sup>a</sup>   | 79.50±3.14 <sup>ab</sup>        | 74.27±5.44 <sup>bc</sup>   |
| 30 นาที        | 80.53±1.74 <sup>ab</sup>  | 64.38±4.99 <sup>d</sup>         | 51.40±10.31 <sup>ef</sup>  |
| 45 นาที        | 73.96±5.05 <sup>bc</sup>  | 56.05±9.42 <sup>e</sup>         | 34.49±3.49 <sup>ghij</sup> |
| 60 นาที        | 69.45±11.17 <sup>cd</sup> | 43.32±9.29 <sup>fg</sup>        | 30.46±3.57 <sup>j</sup>    |
| 90 นาที        | 53.55±12.76 <sup>c</sup>  | 32.15±6.32 <sup>hij</sup>       | 29.91±2.07 <sup>j</sup>    |
| 120 นาที       | 39.66±7.55 <sup>ghi</sup> | 29.95±4.19 <sup>j</sup>         | 29.86±2.11 <sup>j</sup>    |
| 150 นาที       | 40.02±6.41 <sup>gh</sup>  | <b>31.23±4.07<sup>hij</sup></b> | 28.76±2.03 <sup>j</sup>    |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

## ภาพวิธีทำซूपเปลือกกุ้ง

(ดัดแปลงจากศักดิ์เพชร เรื่องแพ, 2556 และ Miles, 2016)

นำเนยจืด 10 กรัม ใส่หม้อตั้งไฟกลางให้ละลายเล็กน้อย



นำหอมใหญ่สับ คื่นช่ายฝรั่งสับ ใส่ลงไปผัดด้วยไฟกลางจนหอมใหญ่ใส (ประมาณ 5 นาที)



ใส่เนื้อมะเขือเทศเข้มข้นลงไปผัด ใส่ใบกระวาน พริกไทยดำผัดให้เข้ากัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส... ไม่ควรเผยแพร่เพื่อการศึกษานานาชาติ... โยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นำเปลือกกุ้งใส่ลงไป เติมไวน์ขาว 40 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำลงไป 1 ลิตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคี่ยวโดยใช้ไฟอ่อน เป็นเวลา 60 นาที



ยกออกจากเตาทำให้เย็น (ประมาณ 20 นาที)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาปั่นให้ละเอียดโดยใช้โถปั่นเป็นเวลา 1 นาที  
นำไปกรองด้วยกระชอนตาถี่ 2 รอบ เก็บส่วนที่กรองได้ใส่ลงในหม้อ



นำส่วนที่กรองได้ยกขึ้นตั้งไฟอ่อน เติมเนยที่เหลือ นมสด ศรีม แล้วค่อย ๆ หยอดน้ำแบ่งสาติลงไป  
จนซุปร้อนขึ้น ปรุงรสด้วยเกลือ และพริกไทย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง.

# มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาหยอง ปลาเกล็ด และปลา แห้งป่น (มอก. 700-2530)

### 1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ชนิด คุณลักษณะที่ต้องการ วัตถุเจือปนอาหาร สารปนเปื้อน สุขลักษณะ การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ ตัดสิน และการทดสอบ ปลาหยอง ปลาเกล็ด และปลาแห้งป่น

### 2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 ปลาหยอง (fish floss) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อปลาสดที่รับประทานได้ ทำให้อุณหภูมิสุกผ่านกรรมวิธีทำให้กล้ามเนื้อแยกออกเป็นเส้น แล้วทำให้แห้ง
- 2.2 ปลาเกล็ด (fish flake) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อปลาสดที่รับประทานได้ ผ่านกรรมวิธีทำให้สุก แห้ง และเป็นเกล็ด
- 2.3 ปลาแห้งป่น (dried ground fish) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากปลาทั้งตัวที่รับประทานได้ ผ่านกรรมวิธีทำให้สุก แห้ง และป่นหรือพู่
- 2.4 สิ่งแปลกปลอม หมายถึง วัตถุอื่น ๆ ซึ่งไม่ใช่ส่วนของปลาและเครื่องปรุงรส
- 2.5 สารปนเปื้อน หมายถึง สารซึ่งปะปนเข้าไปในผลิตภัณฑ์โดยไม่เจตนา แต่อาจเกิดจากวัตถุดิบ การทำ กรรมวิธีผลิต การเตรียม การบรรจุหีบห่อ ภาชนะที่ใช้บรรจุ การขนส่ง หรือการเก็บรักษา
- 2.6 วัตถุเจือปนอาหาร หมายถึง วัตถุที่ตามปกติไม่ได้ใช้เป็นอาหาร หรือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหาร แต่ใช้เจือปนในอาหารตามความจำเป็นในการทำ

### 3. ชนิด

- 3.1 ปลาหยอง ปลาเกล็ด และปลาแห้งป่น แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ
  - 3.1.1 ชนิดปรุงรส
  - 3.1.2 ชนิดไม่ปรุงรส

### 4. คุณลักษณะที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1 ลักษณะทั่วไป

4.1.1 ปลาหยอง ต้องมีลักษณะเป็นฝอยและฟู

4.1.2 ปลาเกล็ด ต้องมีลักษณะเป็นเกล็ด

4.1.3 ปลาแห้งป่น ต้องมีลักษณะป่นหรือฟู

การทดสอบทำโดยการตรวจพินิจ

#### 4.2 กลิ่นรส

เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนแล้ว ต้องได้คะแนนรวมเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 3 คะแนน

#### 4.3 สิ่งแปลกปลอม

ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอม

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ ในกรณีที่มีปัญหาให้ตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์

#### 4.4 ก้าง เกล็ด และครีบปลา

หากมีก้าง เกล็ด หรือครีบปลาอยู่ในผลิตภัณฑ์ ต้องไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก

#### 4.5 คุณลักษณะทางเคมี

ต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ ง.1

ตารางที่ ง.1 คุณลักษณะทางเคมี (ข้อ 4.5)

| รายการ<br>ที่ | คุณลักษณะ  | เกณฑ์ที่กำหนด      |                       |                    |                       |                    |                       |
|---------------|--|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
|               |  | ปลาหยอง            |                       | ปลาเกล็ด           |                       | ปลาแห้งป่น         |                       |
|               |  | ชนิด<br>ปรุง<br>รส | ชนิด<br>ไม่ปรุง<br>รส | ชนิด<br>ปรุง<br>รส | ชนิด<br>ไม่ปรุง<br>รส | ชนิด<br>ปรุง<br>รส | ชนิด<br>ไม่ปรุง<br>รส |
| 1.            | โปรตีน (N x 6.25) ร้อยละ<br>ของน้ำหนักอบแห้ง ไม่น้อย<br>กว่า | 63                 | 70                    | 63                 | 70                    | 60                 | 65                    |
| 2.            | เถ้า ร้อยละของน้ำหนัก<br>อบแห้ง ไม่เกิน                      | 8                  | 8                     | 8                  | 8                     | 23                 | 23                    |
| 3.            | ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน                                      | 12                 | 10                    | 12                 | 8                     | 12                 | 8                     |
| 4.            | ฟลูออรีน มิลลิกรัมต่อ<br>กิโลกรัม ไม่เกิน                    | 250                | 250                   | 250                | 250                   | 250                | 250                   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. วัตถุเจือปนอาหาร

### 5.1 วัตถุกันเสีย

อาจมีวัตถุกันเสียต่อไปนี้ได้อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือรวมกันได้ไม่เกิน 1 000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อคำนวณเป็นกรดเบนโซอิก และ/หรือกรดซอร์บิก

5.1.1 กรดเบนโซอิก หรือโซเดียมเบนโซเอต หรือโพแทสเซียม เบนโซเอต  
การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984)

5.1.2 กรดซอร์บิก หรือโซเดียมซอร์เบต หรือโพแทสเซียมซอร์เบต หรือแคลเซียมซอร์เบต  
การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984)

### 5.2 วัตถุที่ช่วยในการผลิต (processing aid)

อาจมีแป้งหรือวัตถุที่ช่วยในการทำอื่น ๆ ในปริมาณที่เหมาะสม

### 5.3 สี

ต้องไม่มีสีทุกชนิดผสมอยู่ นอกจากสีธรรมชาติของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตาม The Chemical Analysis of Foods. 7<sup>th</sup> ed. David Pearson. J & A Churchill, London 1976 หน้า 50 ถึงหน้า 60

## 6. สารปนเปื้อน

6.1 สารปนเปื้อนที่อาจมีอยู่ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ ง.2

ตารางที่ ง.2 สารปนเปื้อน (ข้อ 6.1)

| รายการที่ | สารปนเปื้อน | เกณฑ์ที่กำหนดมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม |
|-----------|-------------|-----------------------------------|
| 1         | ตะกั่ว      | 1.0                               |
| 2         | ปรอท        | 0.5                               |
| 3         | สารหนู      | 2.0                               |

## 7. สุขลักษณะ

7.1 สุขลักษณะในการทำปลาของ ปลาเกล็ด และปลาแห้งป่น ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดสุขลักษณะของอาหาร มาตรฐานเลขที่ มอก.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ปลาหยอง ปลาเกล็ด และปลาแห้งป่น จะมีจุลินทรีย์ได้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 จุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด ต้องไม่เกิน  $1 \times 10^5$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984)

7.2.2 เอสเคอริเชีย โคลิ (Escherichia coli) โดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984)

7.2.3 สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

7.2.4 ซาลโมเนลลา (Salmonella) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

7.2.5 คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984)

7.2.6 รา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984)

## 8. การบรรจุ

8.1 ให้บรรจุปลาหยอง ปลาเกล็ด และปลาแห้งป่นในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ปิดได้สนิท และป้องกันความชื้นได้

8.2 น้ำหนักสุทธิของปลาหยอง ปลาเกล็ด และปลาแห้งป่น ในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

## 9. เครื่องหมายและฉลาก

9.1 อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

- (1) ชื่อผลิตภัณฑ์
- (2) ชนิด
- (3) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)
- (4) น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัมหรือกิโลกรัม
- (5) เดือน ปีที่ทำ หรือวัน เดือน ปีที่หมดอายุ
- (6) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า พร้อมสถานที่ตั้ง

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 9.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก จ.

## แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซูปเปิ้ลือกุ้ง

คำแนะนำ กรุณาใส่เครื่องหมาย / ลงใน ( ) หน้าคำตอบที่เห็นว่าเหมาะสม และตรงตามความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

## ส่วนที่ 1 ข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์

1. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ

( ) ต่ำกว่า 20 ปี ( ) 21 – 30 ปี ( ) 31 – 40 ปี

( ) 41 – 50 ปี ( ) มากกว่า 50 ปี

3. ระดับการศึกษา

( ) มัธยมศึกษา ( ) อนุปริญญาตรี ( ) ปริญญาตรี

( ) ปริญญาโท ( ) สูงกว่าปริญญาโท

4. ท่านเพื่ออาหารทะเลหรือไม่

( ) แพ้ ( ) ไม่แพ้

5. ท่านชอบรับประทานอาหารทะเลหรือไม่

( ) ชอบ ( ) ไม่ชอบ

6. ความถี่ในการรับประทานอาหารทะเล

( ) ทุกวัน ( ) 2-3 วันครั้ง

( ) สัปดาห์ละครั้ง ( ) 2-3 สัปดาห์ครั้ง

( ) เดือนละครั้ง ( ) อื่นๆ (ระบุ).....

7. ท่านเคยรับประทานซูปเปิ้ลือกุ้งมาก่อนหรือไม่

( ) เคย ( ) ไม่เคย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ทดสอบ \_\_\_\_\_ วันที่ \_\_\_\_\_

### คำชี้แจง

1. ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์จำนวน 1 ตัวอย่าง
2. กรุณาทานแครกเกอร์ก่อนเริ่มทำการทดสอบ และระหว่างการทดสอบเมื่อเปลี่ยนตัวอย่างในการชิม
3. โปรดกาเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในช่องสี่เหลี่ยม เพื่อให้คะแนนความชอบในแต่ละข้อตามความรู้สึกของท่าน

รหัสตัวอย่าง .....

| ลักษณะที่ทดสอบ               | ชอบมากที่สุด | ชอบมาก | ชอบปานกลาง | ชอบเล็กน้อย | เฉยๆ | ไม่ชอบเล็กน้อย | ไม่ชอบปานกลาง | ไม่ชอบมาก | ไม่ชอบมากที่สุด |
|------------------------------|--------------|--------|------------|-------------|------|----------------|---------------|-----------|-----------------|
| 1. สีและลักษณะปรากฏ          |              |        |            |             |      |                |               |           |                 |
| 2. กลิ่น (กุ้ง)              |              |        |            |             |      |                |               |           |                 |
| 3. เนื้อสัมผัส (ความเนียน)   |              |        |            |             |      |                |               |           |                 |
| 4. เนื้อสัมผัส (ความข้นหนืด) |              |        |            |             |      |                |               |           |                 |
| 5. รสชาติ (กุ้งและครีม)      |              |        |            |             |      |                |               |           |                 |
| 6. ความชอบโดยรวม             |              |        |            |             |      |                |               |           |                 |

ข้อเสนอแนะ

.....

รหัสตัวอย่าง .....

| ลักษณะที่ทดสอบ               | ชอบมากที่สุด | ชอบมาก | ชอบปานกลาง | ชอบเล็กน้อย | เฉยๆ | ไม่ชอบเล็กน้อย | ไม่ชอบปานกลาง | ไม่ชอบมาก | ไม่ชอบมากที่สุด |
|------------------------------|--------------|--------|------------|-------------|------|----------------|---------------|-----------|-----------------|
| 1. สีและลักษณะปรากฏ          |              |        |            |             |      |                |               |           |                 |
| 2. กลิ่น (กุ้ง)              |              |        |            |             |      |                |               |           |                 |
| 3. เนื้อสัมผัส (ความเนียน)   |              |        |            |             |      |                |               |           |                 |
| 4. เนื้อสัมผัส (ความข้นหนืด) |              |        |            |             |      |                |               |           |                 |
| 5. รสชาติ (กุ้งและครีม)      |              |        |            |             |      |                |               |           |                 |
| 6. ความชอบโดยรวม             |              |        |            |             |      |                |               |           |                 |

ข้อเสนอแนะ

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

|                   |  |
|-------------------|--|
| ชื่อ-นามสกุล      | นางสาวสิริภัสสร พร้อมพันธุ์  |
| วัน เดือน ปี เกิด | 17 ธันวาคม 2535  |
| ที่อยู่           | 729/90 ซอยลาดพร้าว 101 คลองเจ้าคุณสิงห์ วังทองกลาง กทม. 10310  |
| ประวัติการศึกษา   |  |
| พ.ศ. 2557         | สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ              |
| พ.ศ. 2558         | ศึกษาต่อปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดการและบริการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2560 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้