ผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต และกรดซิตริกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* L. บรรจุกระป๋อง

นางสาวกลางกมล จันทราสุทธิ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF SODIUM METABISULFITE, SODIUM HEXAMETAPHOSPHATE AND CITRIC ACID ON QUALITY CHANGES OF CANNED ABALONE *Haliotis asinina* L.

Miss Klangkamon Jantrasuit

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต และกรดซิตริกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* L. บรรจุกระป๋อง
โดย	นางสาวกลางกมล จันทราสุทธิ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลางกมล จันทราสุทธิ์: ผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต และกรดซิตริกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* L. บรรจุกระป๋อง
(EFFECTS OF SODIUM METABISULFITE, SODIUM HEXAMETAPHOSPHATE AND CITRIC ACID ON QUALITY CHANGES OF CANNED ABALONE *Haliotis asinina* L.)
อ.ที่ปรึกษา: ผศ.ดร.รมณี สงวนดีกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม: อาจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์, 89 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตและกรดซิตริกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* L. บรรจุกระป๋อง จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ พบว่ามีปริมาณความชื้น 84% โปรตีน 12.74% เถ้า 1.02% ไขมัน 0.62% ต่อมาศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง โดยบรรจุเนื้อหอยเป๋าฮื้อในกระป๋องขนาด 307x113 น้ำหนักบรรจุ 220 กรัม ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C ให้ได้ค่า F_0 เท่ากับ 4 นาที พบว่าได้เวลาในการฆ่าเชื้อในช่วงการให้ความร้อน เท่ากับ 11.50 นาที ต่อมาศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการแช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต โดยแปรเวลาในการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.1% และ โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ความเข้มข้น 5% เป็น 0 5 10 และ 15 นาที พบว่าเนื้อหอยที่แช่สารละลายผสมมีค่า degree of browning แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า degree of browning ของเนื้อหอยลดลงเมื่อเวลาในการแช่สารละลายเพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับสีของเนื้อหอยโดยเนื้อหอยที่แช่สารละลาย 0 และ 5 นาทีเนื้อหอยจะมีสีคล้ำบางบริเวณ ในขณะที่เมื่อแช่สารละลาย 10 และ 15 นาทีเนื้อหอยมีเหลืองอ่อนซึ่งเป็นสีตามธรรมชาติของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านความร้อน สำหรับค่าแรงต้านทานการตัดขาดและความสามารถในการอุ้มน้ำ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าแรงต้านทานการตัดขาดและความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อหอยที่แช่สารละลาย 10 และ 15 นาทีมีค่าไม่แตกต่างกันและมีค่าสูงกว่าเนื้อหอยที่แช่สารละลาย 0 และ 5 นาที เมื่อพิจารณาสี ค่า degree of browning ค่าแรงต้านทานการตัดขาดและความสามารถในการอุ้มน้ำจึงเลือกภาวะในการแช่เนื้อหอยในสารละลายผสมเป็นเวลา 10 นาที เพื่อศึกษาต่อในขั้นตอนต่อไป จากการศึกษาประสิทธิภาพกรดซิตริกในการควบคุมการเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋อง โดยแปรความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก ที่เติมในกระป๋องเป็น 0 0.05 0.1 และ 0.2 % พบว่าเนื้อหอยในกระป๋องที่เติมสารละลายกรดซิตริกมีค่าความสว่าง (L) สูงกว่าและแตกต่างจากเนื้อหอยในกระป๋องที่ไม่เติมสารละลายกรดซิตริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่า degree of browning ของเนื้อหอยในกระป๋องที่เติมสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% มีค่าต่ำสุดและแตกต่างจากเนื้อหอยในกระป๋องที่เติมสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0 0.05 และ 0.1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าแรงต้านทานการตัดขาด พบว่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) จึงเลือกกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% เติมในกระป๋องเพื่อศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ต่อไปและในขั้นตอนสุดท้ายเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45°C เพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30°C พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาสี แรงต้านทานการตัดขาด และค่า degree of browning ของเนื้อหอยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และสามารถทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30°C ได้ 137.19 วัน

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร...
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....
ปีการศึกษา.....2550.....

ลายมือชื่อนิสิต.....กลางกมล จันทราสุทธิ์.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4672532023: MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: ABALONE/CANNING/RETORT

KLANGKAMON JANTRASUIT: EFFECTS OF SODIUM METABISULFITE, SODIUM HEXAMETAPHOSPHATE AND CITRIC ACID ON QUALITY CHANGES OF CANNED ABALONE *Haliotis asinina* L. THESIS ADVISOR: ASST.PROF. ROMANEE SANGUANDEEKUL, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: KIATTISAK DUANGMAL, Ph.D., 89 pp.

This research was aimed to study the effects of sodium metabisulfite, sodium-hexametaphosphate and citric acid on quality changes of canned abalone *Haliotis asinina* L. Fresh abalone meat used in this study had 84% moisture, 12.74% proteins, 0.62% fats and 1.02% ash. Optimum process times was studied. Abalone (220 g net weight) was packaged in a 307x113 can, and sterilized at 121°C to attain F_o = 4 min.The predicted process time at 121°C retort temperatures was 11.50 min. The effect of soaking times was studies,Abalone was soaked in 0.1% sodium metabisulfite and 5% sodium hexametaphosphate solution at 0 5 10 and 15 min. As soaking time increased, degree of browning of abalone tended to decrease and water-holding capacity and cutting force tended to increase. However soaking time at 10 min not difference from 15 min. The optimum condition for soaking abalone was determined from degree of browning and water-holding capacity. The optimum condition was 10 min. The study of concentration of citric acid on quality changes of canned abalone was studied. Abalone was soaked in 0.1% sodium metabisulfite and 5% sodium hexametaphosphate at 10 min and added 0 0.05 0.1 and 0.2% citric acid in brine solution. The results from color measurement (L-value) of abalone, abalone added citric acid in brine had significantly higher ($p \leq 0.05$) than that without citric acid solution. The degree of browning of abalone with addition of 0.2% citric acid was lower than those added 0 0.05 and 0.1 respectively. The canned abalone added 0.2% citric acid in brine was the optimum The accelerated shelf life test was done at 35 and 45°C. The color, cutting force and degree of browning of the product increase with increased storage period. The predicted shelf life of the canned abalone in brine at 30 °C was 137.19 days.

Department.....Food Technology....
Field of study.....Food Technology.....
Academic year.....2007.....

Student's signature K. Jantrasuit
Advisor's signature Romanee Sanguandeekul
Co-advisor's signature K. Duangmal

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากหอยเป๋าฮื้อโดยใช้เทคโนโลยีการแปรรูปและการบรรจุ

ขอบคุณเพื่อนๆปริญญาโทภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ สละเวลาและให้กำลังใจกันมาตลอดการวิจัย เจ้าหน้าที่ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว และญาติพี่น้องทุกคนที่สนับสนุนในด้านการเงิน คำแนะนำ และให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ 1

2. วารสารปริทัศน์ 2

2.1 หอยเป๋าฮื้อ (abalone)..... 2

2.2 กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 4

2.3 การเตรียมวัตถุดิบและการเก็บรักษาคุณภาพวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำบรรจุกระป๋องหรือในภาชนะปิดสนิท..... 9

2.4 ผลของกระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อ..... 12

2.5 กระป๋องบรรจุอาหาร 16

3. วิธีการทดลอง..... 21

3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina*..... 21

3.2 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการแช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต..... 21

3.3 ศึกษาประสิทธิภาพกรดซิตริกในการควบคุมการเกิดการเปลี่ยนแปลงสีในหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋อง..... 24

3.4 ศึกษาผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตและกรดซิตริกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา..... 25

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ 27

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของหอยเป๋าฮื้อสด 27

หน้า

4.2 เวลาที่เหมาะสมในการแช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต..... 28
4.3 ประสิทธิภาพกรดซิตริกในการควบคุมการเกิดการเปลี่ยนแปลงสีในหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง..... 35
4.4 ผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตและกรดซิตริกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา... 40
5. สรุปผลการทดลอง 53

รายการอ้างอิง 54
ภาคผนวก 60
ภาคผนวก ก 61
ภาคผนวก ข 63
ภาคผนวก ค 69
ภาคผนวก ง 72
ภาคผนวก จ 76
ภาคผนวก ฉ 83
ภาคผนวก ช 86
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 89

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติของหอยเป๋าฮื้อในประเทศไทย.....	3
2.2	ความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่ค่า pH ต่างๆ.....	8
2.3	ประเภทของแลคเกอร์ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ปลาบรรจุกระป๋อง.....	17
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อชนิด *H.asinina*.....	27
4.2	ผลวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง.....	30
4.3	ผลของเวลาในการแช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตต่อdegree of browning ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋อง.....	33
4.4	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ และสารประกอบฟอสเฟตในรูป P_2O_5 ในเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง	33
4.5	ค่าแรงต้านทานการตัดขาดและการอุ้มน้ำของเนื้อหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋องที่เวลาในการแช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเม-ตาฟอสเฟต 0 5 10 และ 15 นาที.....	35
4.6	ผลของความเข้มข้นของกรดซิตริกต่อค่าสี และdegree of browning ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง.....	36
4.7	ค่าแรงต้านทานการตัดขาดของหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0 0.05 0.1 และ 0.2%	37
4.8	ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0 0.05 0.1 และ 0.2%	38
4.9	คะแนนด้านคุณลักษณะของหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่เติมกรดซิตริกในกระป๋อง.....	39
4.10	คะแนนความชอบเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่เติมกรดซิตริกในกระป๋อง.....	39
4.11	ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45 °C.....	44

ตารางที่ หน้า

4.12 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาทีและเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45° C..... 44

จ.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารภายในกระป๋องที่วางไว้ในตำแหน่งต่างๆ ภายในหม้อฆ่าเชื้อ..... 77

ฉ.1 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 °C..... 83

ฉ.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 45 °C..... 84

ฉ.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 °C..... 84

ฉ.4 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 45 °C..... 85

ช.1 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 ° C..... 86

ช. 2 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 45 ° C..... 87

ตารางที่ หน้า

ช. 3 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 ° C..... 87

ช. 4 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 45 ° C..... 88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ระบบอวัยวะภายในของหอยเป๋าฮื้อ.....	2
4.1	อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ และอุณหภูมิภายในกระป๋องของหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121^{0}C	29
4.2	เนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายผสมที่ประกอบด้วย 0.1% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และ 5% โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต..	32
4.3	การเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45 °C.....	41
4.4	การเปลี่ยนแปลงค่า degree of browning ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45 °C.....	43
4.5	การเปลี่ยนแปลงลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยเป๋าฮื้อเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45 °C.....	45
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับด้านสีกับค่า ΔE ที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45^{o}C ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาที.....	47
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับด้านสีกับค่า ΔE ที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45^{o}C ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาทีและเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง..	50
จ.1	ตำแหน่งการวางเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบ.....	76
จ.2	Heat penetration curve ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบและอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (T_r).....	79
จ.3	Heat penetration curve ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋องตั้งแต่เริ่มเปิดไอน้ำจนปิดไอน้ำ.....	80
จ.4	Heat penetration curve ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋องช่วงเวลาการให้ความร้อน.....	80

บทที่ 1

บทนำ

หอยเป๋าฮื้อ (abalone) เป็นหอยทะเลประเภทฝาเดียว มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ราคาสูง รสชาติดี และเป็นที่ต้องการในการบริโภคสูง ผลผลิตหอยเป๋าฮื้อจากธรรมชาติในปัจจุบันมีจำนวนลดน้อยลงไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด จึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ขึ้น ซึ่งหอยเป๋าฮื้อที่มีจำหน่ายในตลาดแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ หอยเป๋าฮื้อขนาดใหญ่ (steak size) และ หอยเป๋าฮื้อขนาดเล็ก (cocktail size) สำหรับประเทศไทยหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina* เป็นหอยเป๋าฮื้อขนาดเล็กที่มีการส่งเสริมให้เพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ เนื่องจากเป็นหอยเป๋าฮื้อที่โตเร็ว ให้รสชาติที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (สิทธิศักดิ์ เหมืองสิน, 2545)

หอยเป๋าฮื้อมีกลิ่นรสเฉพาะตัวและเนื้อสัมผัสที่ดีและยังมีจุดเด่นด้านคุณค่าทางโภชนาการสูงอีกด้วย จัดเป็นหนึ่งในสัตว์ทะเลเพียงไม่กี่ชนิดที่มีโปรตีนสูงในขณะที่มีไขมันและแคลอรี่ต่ำ หอยเป๋าฮื้อจึงเป็นอาหารยอดนิยมในหลายประเทศ เช่น ญี่ปุ่น จีน เกาหลี ไต้หวัน ประเทศในแถบยุโรปหลายประเทศ รวมทั้งสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และแอฟริกาใต้ เป็นต้น (จักรพันธุ์ กังวาฬ, 2547; สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2547) สำหรับในประเทศไทยยังมีการบริโภคไม่แพร่หลายนัก ส่วนใหญ่บริโภคในระดับภัตตาคาร ซึ่งจะบริโภคในรูปแบบหอยเป๋าฮื้อแปรรูปหรือบรรจุกระป๋องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งสิ้น (พายัพ ยังปักษี, 2541)

ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมการแปรรูปเพื่อรองรับการเพิ่มจำนวนและเพิ่มมูลค่าของหอยเป๋าฮื้อจากการเพาะเลี้ยง การบริโภคหอยเป๋าฮื้อนั้นนอกจากจะบริโภคในลักษณะดิบแล้วสามารถนำไปทำอาหารได้หลายรูปแบบและหลากหลายรสชาติ เช่น การต้มและอบด้วยความร้อน เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการแปรรูปหอยเป๋าฮื้อโดยผ่านการกระบวนการให้ความร้อนนั้นทำให้ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ความชื้น สี เนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของเนื้อหอย ดังนั้นการศึกษาเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงสี และ คุณภาพของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน จะทำให้ได้ข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพและการยอมรับของผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้นได้ และจะเป็นประโยชน์แก่อุตสาหกรรมการแปรรูปหอยเป๋าฮื้อทำให้ลดมูลค่าการนำเข้าและยังสามารถส่งเป็นสินค้าออกได้อีกด้วย

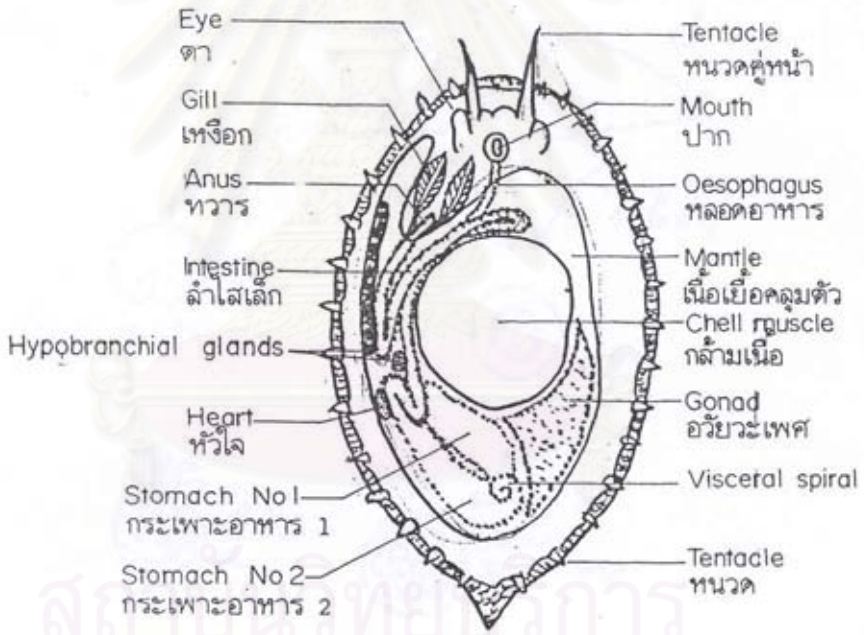
งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมเฮกซะเมตา-ฟอสเฟต และกรดซิตริก ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* L. บรรจุกระป๋อง เพื่อเป็นข้อมูลในการผลิตหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 หอยเป๋าฮื้อ

หอยเป๋าฮื้อ หอยโข่งทะเล หรือหอยร้อยรู้ เป็นหอยฝาเดียวอยู่ใน Class Gastropoda, Order Archaeogastropoda, Family Haliotidae, Genus Haliotis (พายัพ ยังปักษี, 2541) อาศัยอยู่ตามโขดหิน หากินและผสมพันธุ์ตอนกลางคืน หอยเป๋าฮื้อแตกต่างจากหอยฝาเดียวชนิดอื่นๆ คือ มีเปลือกแบนความสูงเปลือกเป็นเศษหนึ่งส่วนสี่ของความยาว ด้านบนของเปลือกไม่เรียบจะมีรูเปิดเรียงจากเป็นแถว ซึ่งใช้หายใจ ปล่อยไข่และน้ำเชื้อ ส่วนเปลือกด้านในเรียบเงาเป็นมุกเหลือบน้ำเงิน (พายัพ ยังปักษี, 2541) ดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบอวัยวะภายในของหอยเป๋าฮื้อ
ที่มา: พายัพ ยังปักษี (2541)

หอยเป๋าฮื้อในประเทศไทยเป็นหอยขนาดเล็ก มีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ *H. asinina, H. ovina* และ *H. varia* ซึ่งสามารถสรุปคุณสมบัติของหอยเป๋าฮื้อทั้ง 3 ชนิดได้ดังตารางที่ 2.1 หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* เป็นหอยเป๋าฮื้อที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์สูง เนื่องจากมี

ขนาดใหญ่ เพาะเลี้ยงง่าย มีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างเร็ว และมีน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักตัวสูงถึง 85% (มะลิ บุญยรัตผลิน, 2545)

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของหอยเป๋าฮื้อในประเทศไทย

ชนิด	คุณสมบัติของหอยเป๋าฮื้อในประเทศไทย			
	ขนาดสูงสุด ยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	%ของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักตัว	การแพร่กระจาย
H. asinina	10	170	85	อ่าวไทยและทะเลอันดามัน
H. ovina	8	65	40	อ่าวไทยและทะเลอันดามัน
H. varia	6	6	30	ทะเลอันดามัน

ที่มา: คเชนทร เฉลิมวัฒน์ (2544)

หอยเป๋าฮื้อของไทยที่สามารถส่งขายได้แบ่งเป็น 2 ขนาด คือ ขนาดค็อกเทล (cocktail size) น้ำหนัก 30-40 กรัมต่อตัว หรือ 20-30 ตัวต่อกิโลกรัม ใช้ระยะเวลาเพาะเลี้ยง 8-12 เดือน และขนาดสเต็ก (steak size) น้ำหนัก 100 กรัมต่อตัว หรือ 10 ตัวต่อกิโลกรัม ระยะเวลาเพาะเลี้ยง 18-24 เดือน (จักรพันธุ์ กังวาฬ, 2547) สำหรับประเทศไทยหอยเป๋าฮื้อขนาดค็อกเทลราคากิโลกรัมละประมาณ 1,000-1,500 บาท (สมปอง วิชญวิเชียร, 2542) ราคาขายส่งหอยเป๋าฮื้อคุณภาพดีที่สุดในประเทศเม็กซิโกสูงถึง 40-45 เหรียญสหรัฐอเมริกาต่อปอนด์ และราคาขายปลีกยังสูงถึง 80 เหรียญสหรัฐอเมริกาต่อปอนด์ (Sanchez-Brambila *et al.,* 2002a) ในตลาดสหรัฐอเมริกาเนื้อหอยเป๋าฮื้อพันธุ์ที่นิยมบริโภคมากที่สุดมีราคา 1,000 -1,600 บาทต่อกิโลกรัม มูลค่าการบริโภคต่อปีประมาณ 750 ล้านบาท แต่อย่างไรก็ตามตลาดผู้บริโภคที่ใหญ่ที่สุดอยู่ในเอเชีย คิดเป็นมูลค่าการบริโภคประมาณ 7,500-10,000 ล้านบาทต่อปี โดยมีญี่ปุ่นเป็นตลาดที่สำคัญ (คเชนทร เฉลิมวัฒน์, 2544) ญี่ปุ่นนำเข้าและส่งออกหอยเป๋าฮื้อในระดับอุตสาหกรรม โดยนำเข้าในรูปหอยสด หอยแช่แข็ง และหอยแช่เย็น จากประเทศจีน เกาหลี และนิวซีแลนด์เป็นจำนวนมากถึง 1,000 ตันต่อปี และนำเข้าหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋องจากประเทศออสเตรเลียประมาณ 700-800 ตันต่อปี นอกจากการนำเข้าแล้วญี่ปุ่นยังส่งออกหอยเป๋าฮื้อแห้งไปยังฮ่องกงและไต้หวันปีละหลายสิบตัน (พายัพ ยังปักษี, 2541)

2.2 กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

การฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องแบบเชิงการค้า หมายถึง การทำให้อาหารปราศจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและไม่มีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของอาหารซึ่งสามารถเจริญเติบโตในอาหารภายใต้ภาวะปกติที่อุณหภูมิห้อง ในการกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อในอาหารกระป๋องจะมุ่งทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ สำหรับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำจะพิจารณา *Clostridium botulinum* ชนิด A เป็นหลัก ซึ่งจะใช้การฆ่าเชื้อแบบ 12D process นั่นคือ จำนวนจุลินทรีย์หรือสปอร์สุดท้ายที่เหลือหลังผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจะมีจำนวน 10^{-12} เท่าของจำนวนเริ่มต้น (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548)

การฆ่าจุลินทรีย์โดยการสเตอริไลซ์ (sterilization) เป็นการฆ่าจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิสูงและเวลานานเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ ทำลายการทำงานของเอนไซม์ และได้อาหารที่ปลอดเชื้อเชิงการค้า เป็นผลให้อาหารที่ผ่านการสเตอริไลซ์มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนานอย่างน้อย 6 เดือน (Stumbo, 1973 อ้างถึงใน วิไล รังสาดทอง, 2545) การสเตอริไลซ์ใช้กับการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท ซึ่งการกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อของอาหารแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์และสปอร์ที่มีอยู่ในอาหาร คุณลักษณะและสมบัติของอาหารซึ่งมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าไปในอาหารยังใจกลางจุดร้อนช้าที่สุดของอาหารในภาชนะบรรจุนั้น โดยคำนึงถึงการรักษาคุณสมบัติที่ดีของอาหารที่ผู้บริโภคยอมรับ และต้องมั่นใจว่าอาหารนั้นได้รับการฆ่าเชื้อเชิงการค้าอย่างเพียงพอ มีปัจจัยที่ต้องพิจารณาดังนี้

- สมบัติการต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์และสปอร์ที่ปนเปื้อนในอาหาร
- อัตราการแทรกผ่านความร้อนไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหารในภาชนะบรรจุนั้นที่สภาวะการฆ่าเชื้อเหมือนการผลิตจริง
- องค์ประกอบ สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของอาหารชนิดนั้น

2.2.1 องค์ประกอบ สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของอาหาร

คุณลักษณะและสมบัติของอาหารมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าไปยังจุดร้อนช้าที่สุดของอาหารในภาชนะบรรจุ โดยการฆ่าเชื้อต้องคำนึงถึงการรักษาคุณสมบัติที่ดีของอาหารที่ผู้บริโภคยอมรับ และต้องมั่นใจว่าอาหารนั้นได้รับการฆ่าเชื้อเชิงการค้าอย่างเพียงพอโดยปัจจัยที่ต้องพิจารณามีดังนี้

- สภาพความเป็นกรด-เบส (pH) ของอาหาร โดยอาหารถูกแบ่งตามสภาพความเป็นกรดเบสได้ 3 ชนิด (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548) คือ

ชนิดอาหาร	pH	ตัวอย่างอาหาร
อาหารที่มีกรดสูง	< 3.7	อาหารหมักดอง น้ำผลไม้
อาหารที่มีกรดปานกลาง	3.7 – 4.5	มะเขือเทศ ลิ้นจี่ ลำไย
อาหารที่มีกรดต่ำ	> 4.5	เนื้อสัตว์ ผัก อาหารทะเล

ในอาหารที่มีกรดต่ำ (pH สูงกว่า 4.5) แบคทีเรียจะมีความต้านทานความร้อนได้ดี จึงต้องใช้ความร้อนสูงถึง 116 – 121 องศาเซลเซียส ในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องประเภทนี้ โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* เป็นแบคทีเรียที่มีความสำคัญต่อความปลอดภัยในการบริโภคอาหารกระป๋อง เพราะสามารถสร้างสารพิษที่มีอันตรายถึงชีวิต พิษที่สร้างทำให้เกิดโรคที่เรียกว่าโรคโบทูลิซึม (botulism) นอกจากนี้ยังสามารถสร้างสปอร์ที่มีความทนทานต่อความร้อนได้ดี (Heldman and Hartel, 1997)

- การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาหารกระป๋อง การฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องต่างชนิดกันจะใช้อุณหภูมิและเวลาต่างกัน การถ่ายเทความร้อนในของเหลวจะเป็นแบบการพาความร้อน (convection) ซึ่งจะเกิดได้รวดเร็วกว่าในของเหลวจึงใช้เวลาในการฆ่าเชื้อสั้นกว่าอาหารประเภทของแข็ง และการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาหารกระป๋องจะเกิดได้ไม่เท่ากันทุกจุด ดังนั้น การกำหนดระยะเวลาในการฆ่าเชื้อจะต้องนานเพียงพอที่จะฆ่าเชื้อที่จุดที่ได้รับความร้อนช้าที่สุดของอาหารกระป๋องด้วย (slowest heating point) (Heldman and Hartel, 1997)

- ขนาดของกระป๋องจะมีผลต่อการฆ่าเชื้อ เพราะการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาหารกระป๋องขนาดใหญ่จะใช้เวลานานกว่ากระป๋องขนาดเล็ก (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548)

- คุณภาพของอาหารก่อนบรรจุกระป๋อง การกำหนดเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณและจุลินทรีย์เริ่มต้น ถ้าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นมีจำนวนน้อย การกำหนดเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก็เชื่อได้ว่าเหมาะสมและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีปัญหาได้หมด แต่ถ้าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นมีจำนวนมากเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การกำหนดเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์จะผิดพลาดและเกิดปัญหา under process เป็นผลทำให้อาหารกระป๋องเสียหายได้ ดังนั้น คุณภาพ

วัตถุดิบจึงเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป และมีผลทางอ้อมต่อการกำหนดเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง (สินธนา สุคุนธา, 2536)

- ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity, Aw) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เป็นตัวเลขที่บ่งชี้ถึงปริมาณน้ำในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์นำไปใช้ หรือเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้โดย

$$Aw = \frac{\text{ความดันไอน้ำในอาหาร}}{\text{ความดันไอน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน}} = \frac{ERH}{100}$$

ERH คือ equilibrium relative humidity หรือ ความชื้นสัมพัทธ์ ณ จุดสมดุล โดยอาหารกระป๋องส่วนใหญ่มีค่า Aw มากกว่า 0.95 จุลินทรีย์และสปอร์สามารถเจริญได้ดี ถ้า Aw น้อยกว่า 0.95 เชื้อจุลินทรีย์ เช่น *Staphylococcus aureus* จะถูกยับยั้ง ทำให้ต้องการความร้อนในการฆ่าเชื้อน้อยลง (Heldman and Hartel, 1997)

- ความข้นหนืด (viscosity; consistency) ความข้นหนืดของอาหารมีผลอย่างมากในแง่ของการถ่ายเทความร้อน อาหารที่มีความข้นหนืดสูง จะเคลื่อนที่ได้น้อย การถ่ายเทความร้อนจึงต่ำ ขณะที่ถ้ามีความหนืดต่ำ การเคลื่อนที่เกิดได้ง่าย การถ่ายเทความร้อนเกิดได้ดี (Lopez, 1981)

- ขนาดและรูปร่างของชิ้นอาหาร อาหารที่มีขนาดชิ้นใหญ่ ขนาดเล็ก รูปร่างต่างๆ กัน มีผลการถ่ายเทความร้อน เนื่องจากเมื่อบรรจุลงกระป๋องแล้ว ทำให้เกิดช่องว่างภายในไม่เหมือนกัน (Lopez, 1981)

- สารเคมีที่ใช้ในอาหาร สารเคมีบางตัว เช่น ไนไตรท์ (nitrite) ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อ พบว่าเมื่อรวมกับเกลือจะมีผลยับยั้งการเจริญของสปอร์ได้ ซึ่งทำให้สามารถลดเวลาในการฆ่าเชื้อ (Lopez, 1981)

2.2.2 **สมบัติการต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์และสปอร์ที่ปนเปื้อนในอาหาร**

สมบัติการต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ (heat resistance of microorganism) ขึ้นกับสภาพความเป็นกรดด่างของอาหาร จุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ได้ส่วนมากจะมีความต้านทานความร้อนต่ำที่ภาวะกรด ยิ่งเป็นกรดมากจุลินทรีย์และสปอร์จะยิ่งถูกทำลายด้วยความร้อนได้ง่าย (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์, 2538) ซึ่งการต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์จะอยู่ในรูปค่า D

ในกระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง ค่าที่ต้องการหาเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (thermal destruction) ได้แก่ D ค่า Z และค่า F ซึ่งแสดงถึงความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์แต่ละชนิดในอาหารและบ่งชี้ว่าการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อนั้นๆ มีผลในการฆ่าหรือทำลายจุลินทรีย์มากเพียงไร (Heldman and Hartel, 1997)

- ค่า D หรือค่าคงที่อัตราการตาย หมายถึงเวลาเป็นนาทีที่อุณหภูมิคงที่ที่จะทำลาย 90% ของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ สร้างกราฟความอยู่รอด (survivor curve) บนกระดาษเซมิล็อก โดยค่าระหว่าง $\log_{10}$ ของจำนวนเชื้อที่อยู่รอด (survivor) บนแกนล็อก (แกน Y) และเวลาที่ใช้ในการฆ่าที่อุณหภูมิหนึ่งๆ บนแกนธรรมดา (แกน X) ค่า D แสดงถึงอัตราการทำลาย (killing rate) ที่สูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ จุลินทรีย์ที่มีค่า D สูงจะทนทานต่อความร้อนสูงกว่าจุลินทรีย์ที่มีค่า D ต่ำ

Pflug (1981) ได้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างค่า D กับความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ดังนี้

$D_{250} > 1.0$	ทนทานต่อความร้อนสูงมาก เช่น *B. stearothermophilus*
$D_{250} > 0.1$	ทนทานต่อความร้อนสูง เช่น *C. botulinum*
$D_{250} > 0.01$	ทนทานต่อความร้อน เช่น *B. coagulans*
$D_{250} \leq 0.01$	ไม่ทนทานต่อความร้อน หรือมีความไวต่อความร้อน

- ค่า Z หมายถึง จำนวนองศาเซลเซียส (°C) หรือองศาฟาเรนไฮท์ (°F) ที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนไป 1 วงล็อก ค่า Z ได้จากการสร้างกราฟเวลาที่ทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อนโดยพลอทระหว่างค่า D ของจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง (บนแกนล็อก) กับอุณหภูมิต่างๆ ที่ใช้ฆ่าเชื้อ (บนแกนธรรมดา)

- ค่า F หมายถึง ระยะเวลาเป็นนาทีที่อุณหภูมิหนึ่งซึ่งใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนในอาหารภายใต้ภาวะที่กำหนด การใช้ค่า F จำเป็นต้องระบุอุณหภูมิ (process temperature) ที่ใช้และค่า Z ของจุลินทรีย์ที่เป็นเป้าหมายด้วย โดยสัญลักษณ์ที่ใช้คือ F_t^Z เช่น $F^{10}_{121.1}$ ถ้า Z=10°C และ T=121.1°C หรือ F^{18}_{250} ถ้า Z=18°F และ T=250°F อาจใช้สัญลักษณ์ย่อเป็น F_0 ดังนั้น F_0 จึงหมายถึงเวลาเป็นนาทีที่ 121 °C หรือ 250 °F ที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ซึ่งมีค่า Z = 10 °C หรือ 18 °F ลงจำนวนหนึ่ง

ตารางที่ 2.2 ความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่ค่า pH ต่างๆ

ชนิดของอาหารและแบคทีเรีย	ช่วงความทนทานต่อความร้อน	
	D (นาที)	Z (°F)
1. Low acid food (pH>4.6)	$D_{121.1°C}$	
1.1 Thermophiles (spores)		
Flat-sour (*B. stearothermophilus*)	4.0 – 5.0	14 – 22
Gaseous-spoilage (*C.thermosaccharolyticum*)	3.0 – 4.0	16 – 22
Sulfide stinkers (*C. nigrificans*)	2.0 – 3.0	16 – 22
1.2 Mesophiles (spores)		
Putrefactive anaerobes		
C. botulinum (type A และ B)	0.1 – 0.2	14 – 18
C. sporogenes (including PA3679)	1.0 – 1.5	14 – 18
2. Acid food (pH 4.0 – 4 .6)		
2.1 Thermophiles (spores)	$D_{121.1°C}$	
B. coagulans (facultatively mesophile)	0.01 – 0.07	14 – 18
2.2 Mesophiles (spores)	$D_{100°C}$	
B. polymyxa และ *B. macerans*	0.1 – 0.5	12 – 16
Butyric anaerobes (*C. pasteurianum*)	0.1 – 0.5	12 – 16
3. High acid food (pH<4.0)		
3.1 Mesophilic non-spore forming bacteria	$D_{65.5°C}$	
Lactobacillus spp., *Leuconostoc* spp., ยีสต์และรา	0.5 – 1.0	8 – 10

ที่มา: Stumbo (1973) อ้างถึงใน Heldman และ Hartel (1997)

แบคทีเรียที่สำคัญในกลุ่ม flat sour คือ *B. stearothermophilus* เป็นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียแบบมีกรดเกิดขึ้นแต่ไม่มีก๊าซ และไม่ทำให้ลักษณะภายนอกของกระป๋องเปลี่ยนไป ซึ่งโดยปกติพบทั่วไปในดิน น้ำ หรือพืช (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์, 2538)

แบคทีเรียกลุ่ม Putrefactive anaerobes ได้แก่ *C. botulinum*, *C. sporogenes* และ *C. perfringens* ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้ทำให้เกิดการเน่าเสียแบบมีกลิ่นเหม็นและมีก๊าซเกิดขึ้น ทำให้กระป๋องบวม (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2545) โดยมี *C. botulinum* เป็นแบคทีเรียที่สำคัญที่สุดในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ เนื่องจากสามารถสร้างสารพิษที่อันตรายมาก สปอร์ของเชื้อ *C. botulinum* สามารถพบได้ทั่วไปทั้งในดิน ชายฝั่งทะเล น้ำทะเล บ่อปลา และระบบทางเดินอาหารของสัตว์ ดังนั้นวัตถุดิบที่มาจากทะเล สวน ไร่ หรือสัตว์ที่อยู่กับดิน มีโอกาสปนเปื้อนได้ทั้งสิ้น (ปรียา วิบูลเศรษฐ์, 2538)

2.3 การเตรียมวัตถุดิบและการรักษาคุณภาพวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำบรรจุกระป๋องหรือในภาชนะปิดสนิท

ภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องใช้ความร้อนสูงมีผลทำให้คุณลักษณะและคุณค่าอาหารเปลี่ยนแปลงไป การเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูปต่อไปจะช่วยปรับปรุงคุณภาพหรือรักษาคุณภาพวัตถุดิบให้มีความสม่ำเสมอ การลวกช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนผิวอาหาร และยังเป็นการไล่อากาศที่มีในช่องว่างระหว่างเซลล์ทำให้เกิดสุญญากาศในกระป๋องได้ง่ายขึ้น รวมถึงทำให้สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น (วิไล รังสาดทอง, 2546)

การสูญเสียน้ำนอกจากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมีของเนื้อสัตว์แล้ว อาจมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคด้วย ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีการใช้สารประกอบโพลีฟอสเฟต (polyphosphate) อย่างแพร่หลายเพื่อช่วยปรับปรุงความสามารถในการจับน้ำ (water binding) เนื้อสัมผัส สี และกลิ่นรส รวมถึงป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ (Sofos, 1994; Dziezak, 1990) ในอุตสาหกรรมอาหารทะเลนิยมใช้โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตมากที่สุด จุดประสงค์หลักในการใช้สารประกอบฟอสเฟต คือ ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเยื่อ โดยทำให้ pH และ ionic strength เพิ่มขึ้น และจับกับโปรตีนที่มีแมกนีเซียมและแคลเซียมจับอยู่ ทำให้ actomyosin แยกออกมาได้ จึงช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสและเพิ่มช่องว่างในโครงสร้างของไมโอไฟบริลให้จับน้ำได้ดีขึ้น (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2536; Li *et al*.,1993) และเนื่องจากอาหารประเภทหอย กุ้ง ปู และปลาต่างๆ มีโลหะเป็นส่วนประกอบอยู่ค่อนข้างสูง เช่น เหล็ก ทองแดง เป็นต้น ในระหว่างการแปรรูปหรือระหว่างเก็บรักษา โลหะเหล่านี้มักรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ เป็นสาเหตุให้สี กลิ่น และรสของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป เช่น การเกิดผลึก struvite ในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลบรรจุกระป๋อง การเกิดจุดสีดำ (melanosis) ใน

ระหว่างการเก็บกุ้งในน้ำแข็ง การเกิดสีน้ำเงิน (blue discoloration) ที่เกิดขึ้นในระหว่างการแปรรูปด้วยความร้อน เป็นต้น (ศิวพร ศิวเวชช, 2535) นอกจากนี้โลหะยังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard reaction) ในอาหารด้วย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) จึงมีการแก้ปัญหาด้วยการใช้สารจับโลหะ (sequestrant) ซึ่งสารจับโลหะที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม ได้แก่ กรดไฮดรอกซีคาร์-บอกซีลิก (hydroxycarboxylic acids) กรดพอลิฟอสฟอริก (polyphosphoric acid) กรดอะมิโนบางชนิด เป็นต้น โดยสารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับโลหะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535)

สมพงษ์ คูประมงอารักษ์ (2534) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพสีของเนื้อปูบรรจุกระป๋องโดยไม่ใช้เอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิเตต(EDTA) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แต่ใช้ไกลซีนความเข้มข้น 0.5% หรือโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.2% ต้มปูที่ผ่านการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 0.1% และกรดซิตริกความเข้มข้น 0.15% เป็นเวลา 10 นาที ก่อนบรรจุกระป๋อง และส่วนที่เป็นน้ำบรรจุกระป๋องมีโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต 0.2% หรือไกลซีน 0.3% และกรดซิตริก 0.25% เป็นองค์ประกอบ ช่วยปรับปรุงคุณภาพสีและเนื้อสัมผัสให้เป็นที่ยอมรับได้ดี

Kolodziejska, Sikorski, และ Sadowska (1987) รายงานว่าการแช่เนื้อปลาหมึกในสารละลายผสมพอลิฟอสเฟตความเข้มข้น 2% ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ก่อนต้มช่วยให้เนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น ความชุ่มน้ำมาก และลดปริมาณ cooking loss ได้ดี ในขณะที่การแช่ในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 2% ที่อุณหภูมิและระยะเวลาเท่ากันทำให้เนื้อสัมผัสเหนียวขึ้น

English และคณะ (1988) รายงานว่าการแช่เนื้อปลา mullet (*Mugil cephalus*)ในสารละลายโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตความเข้มข้น 5% ก่อนบรรจุกระป๋องและฆ่าเชื้อ ช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสและลดการเกิดเคิร์ด (curd) ในผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งการเกิดเคิร์ดนี้มีสาเหตุจากโปรตีนในเนื้อปลาที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็งเกิดการเสียสภาพ เมื่อผ่านการให้ความร้อนโปรตีนนี้จะตกตะกอนหรือเกิดเคิร์ดขึ้น และจากการทดลองของ Wekell และ Teeney (1988) พบว่าเมื่อแช่เนื้อปลา sockeye salmon ในสารละลายผสมโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตกับโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 15-20% เป็นเวลา 2 นาที ก็ช่วยลดการเกิดเคิร์ดในผลิตภัณฑ์ได้เช่นกัน

Crapo และ Crawford (1991) พบว่าเมื่อแช่เนื้อปูในสารละลายพอลิฟอสเฟตความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 60 นาที แล้วให้ความร้อนด้วยการนึ่ง สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก

และความชื้น ซึ่งจะช่วยในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อและความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่แข็งได้

Kawashima และ Yamanaka (1996) ศึกษาผลของกรดอะมิโนอิสระต่อการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อหอยเชลล์ พบว่าการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อหอยเชลล์มีสาเหตุจากปฏิกิริยา Maillard ของ sugar phosphate ได้แก่ glucose-6-phosphate กับ กรดอะมิโน นอกจากนี้ยังพบว่ากรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบหลักของเนื้อหอยเชลล์ ได้แก่ glycine, taurine, arginine และ alanine ซึ่งมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาล และกระบวนการเตรียมเนื้อหอยก่อนการผลิตมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาล โดยเนื้อหอยเชลล์ที่ผ่านการแช่แข็งหรือแช่เย็นหลังการตาย เมื่อนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110^{0}C นาน 90 นาที เนื้อหอยเชลล์เกิดสีน้ำตาลขึ้นต่างจากเนื้อหอยที่ไม่ผ่านการแช่แข็งหลังการตายซึ่งไม่เกิดสีน้ำตาล (Kawashima และ Yamanaka, 1995)

Li และคณะ (1993) รายงานว่าการใช้โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต 0.5% โดยน้ำหนักในเนื้อไก่งวงบด (ground turkey) ก่อนนำไปให้ความร้อน พบว่าทำให้เนื้อมีปริมาณ cooking loss ต่ำ และค่า water-holding capacity (WHC) สูงกว่าเนื้อที่ไม่ได้ใช้ เพราะนอกจากจะช่วยในการอุ้มน้ำของเนื้อแล้ว สารประกอบโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตช่วยลดผลกระทบจากความร้อนต่อ WHC ด้วย นอกจากนี้การให้ความร้อนยังมีผลต่อการสลายตัวของสารประกอบฟอสเฟตไปอยู่ในรูปออโทฟอสเฟต (orthophosphate) มากขึ้นด้วย

Sanchez-Brambila และคณะ (2002a) พบว่าการใช้เอนไซม์ปาเปนความเข้มข้น 0.25% กับเนื้อหอย Whelk (*Astraea undosa*) เป็นเวลา 20 นาที ก่อนบรรจุกระป๋องและฆ่าเชื้อ ทำให้ความเหนียวและการทนต่อการเคี้ยว (chewiness) ของเนื้อหอยลดลงเมื่อเทียบกับหอยที่ไม่ได้ใช้เอนไซม์ ในขณะที่ Sanchez-Brambila และคณะ (2002b) พบว่าเนื้อหอยเป๋าฮื้อ black abalone (*H. chacherodii*) ที่คลุกเคล้ากับเอนไซม์ปาเปนความเข้มข้น 0.25% และ 0.50% เป็นเวลา 10-20 นาที ก่อนบรรจุกระป๋อง เนื้อสัมผัสไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่มีผลทำให้เกิดกลิ่นโลหะและรสขมในผลิตภัณฑ์ อาจเนื่องจากเอนไซม์ปาเปนซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งถูกย่อยในระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อ จึงทำให้เกิดกรดอะมิโนที่ทำให้เกิดรสขมขึ้นได้

Warne (1988) ได้เสนอแนะการผลิตหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋อง โดยเนื้อหอยจะต้องมีสีครีม เหลือง และพบว่าการเกิดสีน้ำเงินที่ผิวของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบเชิงซ้อนของโลหะ โดยสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำเงินด้วยการเติม chelating agent ได้แก่ กรดซิตริก, EDTA, metabisulphite ในขั้นตอนการเตรียมในกระบวนการก่อนการให้ความ

ร้อน เช่น ในขั้นตอนการล้างด้วยน้ำเกลือ ใส่วัตถุเจือปนในน้ำที่ใช้ในการลวกหอย การแช่หอยเป๋าฮื้อในสารละลาย หรือการเติมสารละลายของวัตถุเจือปนเหล่านี้ลงในกระป๋องโดยตรง ซึ่งปริมาณการใช้ขึ้นกับข้อบังคับของแต่ละประเทศ เช่นเดียวกับการเกิดสีน้ำตาลหรือดำในหอยลายบรรจุกระป๋องสามารถป้องกันได้โดยการเติมกรดซิตริก และ EDTA ในน้ำที่ใช้ต้มหอยลายก่อนกระบวนการบรรจุกระป๋อง ซึ่งการใช้กรดซิตริกในผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณภาพดีกว่าการใช้กรดชนิดอื่นๆ เนื่องจากมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับ และเป็นสารจับโลหะ (chelating agent) ที่มีประสิทธิภาพสูง (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535)

The United States Food and Drug Administration (USFDA) ระบุชนิดของฟอสเฟตที่เป็น Generally Recognized As Safe (GRAS) คือ เกลือแคลเซียม โพแตสเซียม โซเดียม และแอมโมเนียมของออโทฟอสเฟตและพอลิฟอสเฟต โดยปริมาณฟอสเฟตสูงสุดที่กฎหมายอนุญาตให้มีได้ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกิน 0.5% โดยน้ำหนัก (Lampila and Godber, 2002)

2.4 ผลของกระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อ

โปรตีนที่พบภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์และในของเหลวต่าง ๆ ในร่างกายสัตว์เป็นโปรตีนธรรมชาติ (native protein) คือ โปรตีนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นเองตามธรรมชาติ และมีโมเลกุลขนาดใหญ่ เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างได้ง่ายเมื่ออยู่ในภาวะที่เปลี่ยนไปจากธรรมชาติหรือสัมผัสกับสารเคมีต่าง ๆ ดังนั้นสมบัติของโปรตีนที่เปลี่ยนไป จึงใช้เป็นตัวชี้บ่งว่ามีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนไปจากธรรมชาติ สมบัติของโปรตีนที่เปลี่ยนไป เช่น การละลาย การรวมตัวกัน และการตกตะกอนของโปรตีน

การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีและเนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์หลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนขึ้นกับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ การเปลี่ยนแปลงที่เห็นชัด ได้แก่ การสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) การหดตัว (shrinkage) ของกล้ามเนื้อ และทำให้เนื้อสัมผัส (texture) ของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลมาจากการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน (denaturation) โปรตีนแต่ละชนิดจะเกิดการเสียสภาพธรรมชาติในภาวะที่แตกต่างกัน และการทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติมีหลายวิธี วิธีหนึ่ง คือ การให้ความร้อน โปรตีนในเนื้อสัตว์จะเกิดการเสียสภาพธรรมชาติได้ตั้งแต่อุณหภูมิประมาณ 57 ถึง 75 °C ซึ่งจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ความสามารถในการอุ้มน้ำ และการหดตัว

ของเนื้อสัตว์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) นอกจากนี้คอลลาเจนเริ่มสูญเสียโครงสร้างไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60 ^{0}C (Hatae *et al*., 1996) เนื่องจากความร้อนที่อุณหภูมิดังกล่าวไปรบกวนพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลคอลลาเจน ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้เนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น (Lawrie, 1968)

นอกจากการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสแล้ว การให้ความร้อนยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสัตว์ด้วย ในระหว่างการให้ความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลไรโบสหรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวอื่นๆ กับ hypoxanthine inosine หรือกรดอะมิโนมีผลทำให้เกิดกลิ่นรสขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนมากเกินไปอาจทำให้กรดอะมิโนสลายตัวเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide, H_2S) และแอมโมเนียขึ้น โดยเฉพาะในภาวะที่ใช้ในการผลิตอาหารกระป๋องจะเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์จากการสลายตัวของ myofybrillar protein และ metal sulphide ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป นอกจากการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์เนื่องจากไฮโดรเจนซัลไฟด์แล้ว ระหว่างการให้ความร้อนเนื้อสัตว์จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของ globin myohaemichromogen และปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโน (Lawrie, 1968) นอกจากนี้ยังพบการเกิดสีน้ำเงินคล้ำ (blueing) ในสัตว์น้ำ มักพบในปูและหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการให้ความร้อน โดย blueing อาจเกิดจากกลไกปฏิกิริยาเคมี เช่นการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโปรตีนและทองแดง การเกิดสารประกอบคอปเปอร์ซัลไฟด์หรือการเกิดเหล็กซัลไฟด์หรือสารประกอบของเหล็ก เป็นต้น (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548)

Chiou, Tsai และ Lan (2004) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของหอยเป๋าฮื้อขนาดเล็กในระหว่างการให้ความร้อน โดยศึกษาในหอยเป๋าฮื้อขนาดเล็กสายพันธุ์ *Haliotis diversicolor* ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80ºC และ 98ºC เป็นเวลา 10, 20, 30, 60 และ 120 นาที ตามลำดับ พบว่าค่าเฉลี่ยของแรงต้านทานการตัดขาดของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80^{0}C เป็นเวลา 10 นาทีเพิ่มขึ้น ทั้งนี้แรงต้านทานการตัดขาดเพิ่มขึ้นเนื่องจากโปรตีนกล้ามเนื้อเกิดการเสียสภาพและสูญเสียความชื้น ส่วนเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 98^{0}C มีค่าเฉลี่ยของแรงต้านทานการตัดขาดไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงของการให้ความร้อน 60 นาทีแรก และสำหรับสีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ พบว่า เนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 98^{0}C มีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการให้ความร้อนนานขึ้น ในขณะที่เนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ให้ความร้อนที่ 80^{0}C มีการเปลี่ยนแปลงของสีเพียงเล็กน้อยในระหว่างการให้ความร้อน โดยการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic

browning) ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องเมื่อให้ความร้อนแก่เนื้อหอยที่อุณหภูมิ 98^{0}C แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงช้าลงที่อุณหภูมิ 80^{0}C

Kawashima และ Yamanaka (1996) ศึกษาความสัมพันธ์ของไกลโคไลซิสและกรดอะมิโนอิสระต่อการเกิดสีน้ำตาลในหอยเชลล์ พบว่าปริมาณ glucose-6-phosphate มีความสัมพันธ์กับระดับการเกิดสีน้ำตาล(degree of browning) ในหอยเชลล์ที่ผ่านการให้ความร้อน (degree of browning) และได้มีการศึกษาผลของกรด อะมิโนอิสระต่อการเกิดสีน้ำตาลของหอยเชลล์ พบว่ากรดอะมิโนอิสระ taurine และ alanine มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากกรดอะมิโน 2 ชนิดนี้ในกล้ามเนื้อหอยเชลล์ ลดลงหลังจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110^{0}C เป็นเวลา 90 นาที โดยปริมาณกรดอะมิโนอิสระ taurine หลังให้ความร้อนเหลือประมาณ 80%และalanine หลังให้ความร้อนเหลือประมาณ 75% ของปริมาณก่อนการให้ความร้อน ส่วนปริมาณกรดอะมิโนอิสระชนิดอื่นๆไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังการให้ความร้อน

Hatae และ คณะ (1996) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. discus* ที่ต้มเป็นเวลา 15, 30,60,180 และ 360 นาที พบว่าการให้ความร้อนส่งผลให้เนื้อสัมผัสของเนื้อหอยเป๋าฮื้อเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยค่า breaking stress ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อลดลงอย่างรวดเร็วหลังให้ความร้อนไป 15 นาที และเมื่อให้ความร้อนนานขึ้น 180 หรือ 360 นาทีค่า breaking stress และปริมาณคอลลาเจนมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้มีรายงานว่าเนื้อหอยเป๋าฮื้อจะนุ่มขึ้นเนื่องจากคอลลาเจนเปลี่ยนไปเป็นเจลลาติน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคอลลาเจนเป็นเจลลาตินในเนื้อหอยเป๋าฮื้อนั้นเกิดประมาณ 41% หลังจากต้มเนื้อหอยนาน 1 ชั่วโมง (Olley and Thrower , 1977)

James และ Olley (1971) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสของหอยเป๋าฮื้อ black abalone (*H. ruber*) ที่ผ่านการสเตอริไลซ์ พบว่าเนื้อสัมผัสของหอยเปลี่ยนแปลงไป โดยก่อนให้ความร้อนกล้ามเนื้อบริเวณ adductor มีเนื้อสัมผัสนุ่ม ส่วนกล้ามเนื้อเท้าจะเหนียวกว่า แต่เมื่อผ่านการให้ความร้อน กล้ามเนื้อบริเวณ adductor จะเหนียวขึ้น ส่วนกล้ามเนื้อเท้ากลับนุ่ม Kimura และ Kubota (1968) อธิบายว่าปกติเนื้อหอยเป๋าฮื้อบริเวณ adductor มีปริมาณคอลลาเจนต่ำกว่าบริเวณเท้า (1.4% และ 5.3% ตามลำดับ) เมื่อให้ความร้อน myofibrillar protein ที่มีมากบริเวณ adductor เกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้เนื้อเหนียวขึ้น ส่วนคอลลาเจนในกล้ามเนื้อเท้าเปลี่ยนไปเป็นเจลาตินเนื้อจึงนุ่มขึ้น

อุบลวรรณ พึ่งฉิม (2546) ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* โดยแปรอุณหภูมิเป็น 60, 80 และ 100 °C และเวลาในการให้ความร้อน 30, 60 และ 120 นาที พบว่าอุณหภูมิ เวลาในการให้ความร้อนและอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนมีผลต่อค่า toughness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า toughness ลดลงเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนสูงขึ้น ซึ่งค่า toughness ต่ำที่สุดเมื่อนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 120 นาที ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของคอลลาเจนเริ่มจะสูญเสียโครงสร้างไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60 °C และเมื่อศึกษาผลของการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 114°C เป็นเวลา 30 นาที มีค่า F_0 = 5.8 นาที โดยบรรจุเนื้อหอยในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ขนาด 300x407 พบว่าหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อมีองค์ประกอบทางเคมีและเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋องทางการค้า

จิรรัชต์ กันทะขู้ (2549) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C 100°C และ 120°C เป็นเวลา 2-240 นาที พบว่าปริมาณ cooking loss เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนเช่นเดียวกับค่า degree of browning โดยหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 80°C เกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าที่ 100°C และ 120°C ซึ่งสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นหลังจากให้ความร้อนที่ 100°C เป็นเวลา 60 นาที และ 20 นาที ที่ 120°C การเปลี่ยนแปลงค่า water-holding capacity (WHC) มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส โดยพบว่า 10 นาทีแรกของการให้ความร้อนทุกอุณหภูมิ ค่า WHC และค่า toughness มีค่าลดลง และค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการให้ความร้อนเมื่อให้ความร้อนที่ 80°C ในขณะที่การให้ความร้อนที่ 100°C และ 120°C เป็นเวลา 60 นาที ขึ้นไป ค่า WHC เพิ่มขึ้น และที่ค่า toughness ลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากคอลลาเจนเปลี่ยนไปเป็นเจลาติน น้ำถูกจับไว้ในเนื้อมากขึ้นทำให้เนื้อนุ่มขึ้น และเมื่อศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมของหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุรีทอร์ตเพาช์ เมื่อกำหนด F_0 = 4 นาที โดยพบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารเท่ากับ 50°C ต้องให้ความร้อนที่ 114°C และ 121°C เป็นเวลา 23 นาที และ 7 นาที ตามลำดับ และเมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารเท่ากับ 70°C ต้องให้ความร้อนที่ 114°C และ 121°C เป็นเวลา 22 นาที เป็นเวลา 6 นาที ตามลำดับ และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิเดียวกันไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121°C มากกว่าที่ 114°C

2.5 กระป๋องบรรจุอาหาร

กระป๋อง เป็นบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้บรรจุอาหารที่ต้องได้รับความร้อนสูง มีหลายชนิด มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมกับอาหารที่ต้องการผลิต ลักษณะของกระป๋องแบ่งตามประเภทของอาหารได้ 2 ชนิด คือ กระป๋องเคลือบดีบุก และกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ แผ่นเหล็กที่จะนำมาเคลือบดีบุก เป็นแผ่นเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนต่ำ การเคลือบดีบุกมีทั้งวิธีจุ่มร้อนและวิธีเคลือบด้วยไฟฟ้า นิยมนำกระป๋องเคลือบดีบุกมาใช้บรรจุอาหารประเภทอาหารแห้ง เช่น นมผง กาแฟผง เป็นต้น และอาหารประเภทที่มีความเป็นกรดบางชนิด เช่น สับปะรด มะม่วง เป็นต้น การเคลือบแลคเกอร์ในกระป๋องเพื่อป้องกันและหรือปกปิดการเกิดปฏิกิริยาระหว่างอาหารกับโลหะที่ใช้ทำกระป๋อง โดยกระป๋องเคลือบแลคเกอร์จะใช้กับอาหารที่มีความเป็นกรดสูง อาหารที่มีความเข้มข้นของเกลือสูงและเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงมีผลต่อการเร่งการเกิดปฏิกิริยากับโลหะ ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์และอาหารทะเล เช่น ปลาทูน่า แมคเคอเรล และซาร์ดีน เป็นต้น ซึ่งเป็นอาหารประเภทโปรตีน เมื่อผ่านเข้ากระบวนการให้ความร้อน โปรตีนบางส่วนจะถูกทำลายและก่อให้เกิดสารประกอบซัลเฟอร์ ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยากับดีบุกทำให้เกิดสีดำของ tin sulphide หรือ sulphur staining ทำให้อาหารมีสีไม่น่ารับประทาน นอกจากนั้นผลไม้ที่มีส่วนประกอบของ anthocyanin pigment เช่น สตรอเบอรี่ องุ่น และพลับ เป็นต้น เมื่อทำปฏิกิริยากับดีบุกจากกระป๋องเคลือบดีบุกจะทำให้ผลไม้สีซีดลง แลคเกอร์ที่ใช้กับกระป๋องและฝาสำหรับผลิตภัณฑ์ปลาบรรจุกระป๋อง (Othenin, 1996) แสดงดังตารางที่ 2.3

สำหรับอาหารประเภทปลามักใช้กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ชนิด epoxy-phenolic เนื่องจากเนื้อสัตว์มีองค์ประกอบของโปรตีนสูง ปริมาณซัลเฟอร์ที่เกิดจาก sulphur amino acid ในเนื้อจึงสูง ปฏิกิริยาของสารประกอบซัลเฟอร์กับดีบุกหรือเหล็ก จะเกิดเป็นสารประกอบที่ให้สีดำ จึงใช้แลคเกอร์ชนิด epoxy-phenolic เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว (วารุณี วารัญญานนท์, 2536)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 ประเภทของแลคเกอร์ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ปลาบรรจุกระป๋อง

ผลิตภัณฑ์	ประเภทของแลคเกอร์	
	กระป๋อง	ฝา (easy opening cover)
ปลาในน้ำมันพืช	Epoxyphenolic	Epoxyphenolic
ปลาซาร์ดีนบรรจุกระป๋อง	Epoxyphenolic	Epoxyphenolic และ Vinyl organosol
ปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง	Epoxyphenolic และ Vinyl organosol	Epoxyphenolic และ Vinyl organosol
Fish, marinated	Epoxyphenolic และ Vinyl organosol	Epoxyphenolic และ Vinyl organosol

ที่มา : Othenin (1996)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัตถุดิบ

หอยเป๋าฮื้อ (Abalone (*Haliotis asinina* Linnaeus)) น้ำหนักตัวรวมเปลือกประมาณ 25-30 กรัม จากฟาร์มเป๋าฮื้ออันดามัน จังหวัดตรัง และฟาร์มเป๋าฮื้อ จังหวัดพังงา เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน และ พฤศจิกายน-ธันวาคม

สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

กรดซัลฟูริก	(A. R.)
กรดบอริก	(A. R.)
เซเลเนียมรีเอเจนท์มิกซ์เจอร์	(A. R.)
โซเดียมไฮดรอกไซด์	(A. R.)
โซเดียมคาร์บอเนต	(A. R.)
โบรโมครีซอลกรีน	(A. R.)
ปิโตรเลียมอีเธอร์	(A. R.)
โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท	(A. R.)
เมธทิลเรด	(A. R.)

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ Degree of browning

กรดไตรคลอโรอะซิติก	(A. R.)

สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณ P_2O_5

แอมโมเนียมโมลิบเดท	(A. R.)
ไฮดราซีนซัลเฟต	(A. R.)
กรดไฮโดรคลอริก	(A. R.)
กรดไนตริก	(A. R.)

สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่

โซเดียมไฮดรอกไซด์	(A. R.)
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	(A. R.)
ฟีนอฟทาลีน	(A. R.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โพแทสเซียมพาทาเลต (A. R.)

เมทานอล (A. R.)

สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง

เกลือแกง (บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์จำกัด, ประเทศไทย)

โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Food grade)

โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (Food grade)

กรดซิตริก (Food grade)

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Buchi B-324 ประกอบด้วย digestion unit รุ่น K-424, Switzerland, distillation unit รุ่น B-324, Switzerland, scrubber รุ่น B-414, Switzerland)

เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler-Toledo, AB204)

ตู้อบลมร้อน (hot air oven) (WTC Binder type E53, Germany)

เตาเผา (Muffle Furnace, Carbonite รุ่น 1200, England)

ถ้วยชั่งตัวอย่างอะลูมิเนียมสำหรับวิเคราะห์ความชื้น

ครูซิเบิล

วัสดุที่ใช้ในการผลิตหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ ชนิด epoxy-phenolic resin ขนาด 307x113

การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

เครื่องไล่อากาศแบบอุโมงค์ ขนาด 28x534x84 เซนติเมตร

เครื่องปิดฝากระป๋องแบบธรรมดา (Lanico maschimenbau, Germany)

เครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งแนวตั้ง (Lee metal, USA)

การวิเคราะห์ degree of browning

เครื่องเหวี่ยงแยกความเร็วสูงแบบควบคุมอุณหภูมิ (Thermo ICE รุ่น ICE Multi RF, USA)

หลอดหมุนเหวี่ยงพร้อมฝาขนาด 80 มิลลิลิตร

Homogenizer (Ystral รุ่น 79282, Netherland)

เครื่อง Spectrophotometer (Jasco UV/VIS Spectrophotometer รุ่น V-530, USA)

การวิเคราะห์ลักษณะด้านเนื้อสัมผัส

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron Texture Analyzer, Instron, USA)

การวิเคราะห์ Water-Holding Capacity

เครื่องเหวี่ยงแยกความเร็วสูงแบบควบคุมอุณหภูมิ (Thermo ICE รุ่น ICE Multi RF, USA)

หลอดหมุนเหวี่ยงพร้อมฝาขนาด 80 มิลลิลิตร

เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler-Toledo รุ่น AB204, USA)

การวิเคราะห์ความเป็นกรดด่าง (pH)

เครื่องพีเอชมิเตอร์(pH meter) (Cyberscan รุ่น 1000pH, USA)

การวิเคราะห์ปริมาณ P_2O_5

เครื่อง Spectrophotometer (Jasco UV/VIS Spectrophotometer รุ่น V-530, USA)

เตาเผา (Muffle Furnace, Carbonite รุ่น 1200, England)

ครูซิเบิล

การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ชุดการกลั่น

การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

เครื่องฆ่าเชื้อควบคุมความดัน (Labo, Model MLS-2400, Japan)

เครื่อง stomacher (AES Laboratorire, France)

ตู้บ่มเชื้อ (Memmert type B30, Forma Scientific, USA)

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 35 และ 45°C

กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ ชนิด epoxy-phenolic resin ขนาด 307x113

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการทดลอง

การเตรียมตัวอย่าง

หอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* ขนาดค็อกเทลน้ำหนักประมาณ 25-30 กรัมต่อตัว จากฟาร์มอันดามัน จังหวัดตรัง บรรจุในถุงพลาสติกที่ใส่น้ำทะเลประมาณ 3-4 ของถุงและอัดอากาศใส่ในกล่องโฟมบรรจุน้ำแข็ง ขนส่งทางเครื่องบิน ระยะเวลาขนส่งไม่เกิน6 ชั่วโมง เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วโดยใช้เครื่องแช่เยือกแข็งแบบไครโอจินิก(Cryo-Test Chamber Nitrogen Freezer model F831059E, Allentown, Penna, USA) ที่อุณหภูมิ -80°C นาน 7 นาที บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีนขนาด 20x30 เซนติเมตรและปิดผนึกถุงแบบสุญญากาศ นำไปเก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18°C เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

เตรียมเนื้อหอยเป๋าฮื้อโดยนำถุงหอยเป๋าฮื้อแช่เยือกแข็งมาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเพื่อละลายน้ำแข็งโดยให้น้ำไหลผ่านเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นล้างทำความสะอาดเพื่อเอาสาหร่ายออกด้วยน้ำประปา แกะเปลือกและแยกเครื่องในออก ล้างทำความสะอาดอีกครั้งหนึ่ง ก่อนนำไปบรรจุกระป๋อง

3.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีผลของหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina*

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหอยเป๋าฮื้อ โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมัน (A.O.A.C., 1995) ดังภาคผนวก ข.1-ข.4

3.2 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการแช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต

3.2.1 ศึกษาภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

นำหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่าง บรรจุในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ชนิด epoxy-phenolic ขนาด 307x113 น้ำหนักบรรจุประมาณ 100 กรัม ติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบ (Thermocouple) บริเวณกึ่งกลางกระป๋อง และเสียบกับชิ้นเนื้อหอย เติมสารละลาย

โซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2% จนได้น้ำหนัก 200 กรัม อุณหภูมิบรรจุอยู่ระหว่าง 65-70^{0}C เมื่อบรรจุแล้วมีช่องว่างเหนืออาหารไม่เกิน 10% ของความสูงกระป๋องด้านใน ไล่อากาศด้วยเครื่องไล่อากาศแบบอุโมงค์จนอุณหภูมิหลังไล่อากาศไม่ต่ำกว่า 75^{0}C ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดฝากระป๋องแบบธรรมดา โดยเตรียมทั้งหมด 6 กระป๋อง นำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งแนวตั้งโดยวางกระป๋องที่ติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบไว้จุดต่างๆ ของเครื่องฆ่าเชื้อ และบรรจุกระป๋องตัวอย่างที่เตรียมจากมันฝรั่งในน้ำเกลือให้เต็มเครื่องฆ่าเชื้อ แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121^{0}C โดยกำหนดให้ F_0 เท่ากับ 4 นาที บันทึกอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อและอุณหภูมิภายในกระป๋องทุกๆ 1 นาที จนสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อนและทำให้เย็น นำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและเวลาของผลิตภัณฑ์ที่จุดร้อนช้าที่สุดมาสร้าง heat penetration curve แล้วคำนวณหา heat penetration parameters เพื่อใช้หาเวลาในการฆ่าเชื้อ (process time) และ sterilizing value (F_0) โดยวิธี formula method ต่อไปและประเมินความปลอดภัยทางด้านจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, Flat sour organism, Thermophilic anaerobe และ Putrefactive anaerobe (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 335-2523, 2523) วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ค

3.2.2 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการแช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต

แช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในสารละลายผสมที่ประกอบด้วย โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ที่ความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ แปรระยะเวลาในการแช่เป็น 4 ระดับ ได้แก่ 0, 5,10 และ 15 นาที จากนั้นนำไปบรรจุกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ชนิด epoxy-phenolic ขนาด 307x113 น้ำหนักบรรจุประมาณ 100 กรัม เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2% จนได้น้ำหนัก 200 กรัม อุณหภูมิบรรจุอยู่ระหว่าง 65-70^{0}C เมื่อบรรจุแล้วมีช่องว่างเหนืออาหารไม่เกิน 10% ของความสูงกระป๋องด้านใน ไล่อากาศด้วยเครื่องไล่อากาศแบบอุโมงค์จนอุณหภูมิหลังไล่อากาศไม่ต่ำกว่า 75^{0}C ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดฝากระป๋องแบบธรรมดา แล้วนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121^{0}C และเวลาในการให้ความร้อนตามเวลาที่ได้จากการคำนวณจากข้อ 3.2.1 แล้วจึงนำหอยเป๋าฮื้อที่ได้มาประเมินผลโดยตรวจสอบคุณภาพดังนี้

3.2.2.1 วิเคราะห์ degree of browning (Chiou และคณะ, 2004)

นำเนื้อหอยเป๋าฮื้อ 5 กรัม มาปั่นผสมกับสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติคความเข้มข้น 7% ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องตีปั่นไฟฟ้า เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 4000xg (อุณหภูมิ 4 °C) เป็นเวลา 20 นาที กรองใส่ขวดปรับปริมาตรแล้วนำเนื้อ

ส่วนที่เหลือมาเติมสารละลายกรดและทำซ้ำขั้นตอนเดิมรวมทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Jasco UV/VIS Spectrophotometer รุ่น V-530) ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร (A_{420}) แสดงเป็นค่า degree of browning (A_{420}/ กรัม ตัวอย่าง) ตามภาคผนวก ข.5

3.2.2.2 สังเกตลักษณะสีของเนื้อหอยโดยการถ่ายภาพ

3.2.2.3 วัดลักษณะเนื้อสัมผัส

นำเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ได้มาวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดย Instron Texture Analyzer ด้วย Warner Bratzler Blade ความเร็วคงที่ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ตัดตัวอย่างเนื้อหอยเป๋าฮื้อทั้งตัวจนตัวอย่างขาดออกจากกัน ตามภาคผนวก ก.2 วัดตัวอย่าง 10 ซ้ำ

3.2.2.4 วิเคราะห์ water-holding capaticity (Jauregui, Regenstein, และ Baker, 1981; Ueng และ Chow, 1998) ดังภาคผนวก ก.3

ตัดชิ้นเนื้อหอยเป๋าฮื้อให้มีขนาดประมาณ 1×1 เซนติเมตร และชั่งน้ำหนักก่อนห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ที่ทราบน้ำหนัก นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 4500×g เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองหลังการหมุนเหวี่ยง คำนวณค่า water-holding capacity (WHC) ดังสมการ

$$\text{WHC (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักกระดาษกรองหลังเซ็นตริฟิวจ์ (กรัม)} - \text{ก่อนเซ็นตริฟิวจ์ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักชิ้นตัวอย่างหอยเป๋าฮื้อ (กรัม)}} \times 100$$

3.2.2.3 วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (AOAC, 1995) ดังในภาคผนวก ข.8

3.2.2.4 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟอสเฟตในรูป P_2O_5 (AOAC, 1995) ดังในภาคผนวก ข.7

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้ analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) กำหนดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่เกิน 30 ppm และสารประกอบฟอสเฟตในรูป P_2O_5 ไม่เกิน 0.5%

3.3 ศึกษาประสิทธิภาพกรดซิตริกในการควบคุมการเกิดการเปลี่ยนแปลงสีในหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋อง

นำหอยเป๋าฮื้อแช่ในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เป็นเวลาตามที่คัดเลือกจากข้อ 3.2.2 จากนั้นนำไปบรรจุกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ชนิด epoxy-phenolic ขนาด 307x113 น้ำหนักบรรจุประมาณ 100 กรัม เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2% และกรดซิตริกโดยแปรระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 0 0.05 0.1 และ 0.2% อุณหภูมิบรรจุอยู่ระหว่าง 65-70^{0}C เมื่อบรรจุแล้วมีช่องว่างเหนืออาหารไม่เกิน 10% ของความสูงกระป๋องด้านในไล่อากาศด้วยเครื่องไล่อากาศแบบอุโมงค์จนอุณหภูมิหลังไล่อากาศไม่ต่ำกว่า 75^{0}C ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดฝากระป๋องแบบธรรมดา แล้วนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิจากการคัดเลือกจากข้อ 3.2.1 แล้วจึงนำเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ได้มาประเมินผลโดยตรวจสอบคุณภาพดังนี้

3.3.1 ค่าสีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อโดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter, CR 300 Series) ระบบ Hunter (L a b) ดังภาคผนวก ก.1 โดยคำนิยามของค่าสี มีดังนี้

L หมายถึงค่าความสว่าง (lightness)

L = 0 แสดงสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงสีขาวสมบูรณ์

a หมายถึงค่าความเป็นสีแดงหรือสีเขียว

a เป็นบวก แสดงค่าความเป็นสีแดง

a เป็นลบ แสดงค่าความเป็นสีเขียว

b หมายถึงค่าความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

b เป็นบวก แสดงค่าความเป็นสีเหลือง

b เป็นลบ แสดงค่าความเป็นสีน้ำเงิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2 วิเคราะห์ degree of browning ตามข้อ 3.2.2.1 ดังในภาคผนวก ข.5

3.3.3 วัดลักษณะเนื้อ ตามข้อ 3.2.2.3 ดังในภาคผนวก ก.2

3.3.4 วัดค่าความเป็นกรดด่างโดย pH meter

นำตัวอย่างหอยเป๋าฮื้อมาปั่นให้ละเอียด วัดค่า pH ที่อุณหภูมิห้องโดยใช้ pH Meter (James and Olley, 1971) ดังในภาคผนวก ข.6

3.3.5 ประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบชนิด Quantitative Descriptive Analysis with Scoring(QDA) scale 5 ระดับ สำหรับประเมินคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส และคะแนนลักษณะคุณภาพมีเกณฑ์ 1-5 คะแนน ได้แก่ สี (1 หมายถึงสีน้ำตาลเข้ม - 5 หมายถึงสีขาว) กลิ่น (1 หมายถึง กลิ่นผิดปกติมาก – 5 หมายถึงไม่พบกลิ่นผิดปกติ) รส (1 หมายถึงรสเปรี้ยวมาก – 5 หมายถึงไม่มีรสเปรี้ยว)ความยืดหยุ่น (1 หมายถึงไม่มีความยืดหยุ่นเลย - 5 หมายถึงยืดหยุดมาก) ความเหนียว (1 หมายถึงเปื่อยยุ่ย - 5 หมายถึงเหนียวปานกลาง) และความชุ่มน้ำ (1 หมายถึงแห้งมาก - 5 หมายถึงชุ่มน้ำมาก) ใช้แบบทดสอบความชอบให้คะแนนแบบ Hedonic scale 9 ระดับ สำหรับประเมินความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ โดยคะแนน 9 เป็นระดับที่ ชอบมากที่สุด และคะแนนต่ำกว่า 4 เป็นระดับที่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์ โดยใช้ผู้ทดสอบแบบไม่ฝึกฝน 15 คนแสดงแบบทดสอบที่ใช้ในการประเมินแสดงในภาคผนวก ง.1 - ง.2

วางแผนการทดลองแบบ CRD สำหรับวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ และ RCBD สำหรับการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้ ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) คัดเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าสีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อและคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัส เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3.4 ศึกษาผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต และกรดซิตริกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา

เก็บรักษาผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านคัดเลือกจากข้อ 3.3 และฆ่าเชื้อแล้ว ที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45°C และติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทุก 3 วัน แล้วจึงนำเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ได้มาประเมินผลโดยตรวจสอบคุณภาพดังนี้

3.4.1 ค่าสีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อโดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter, CR 300 Series) ตามข้อ 3.3.1 ดังในภาคผนวก ก.1

3.4.2 วิเคราะห์ degree of browning ตามข้อ 3.2.2.1 ดังในภาคผนวก ข.5

3.4.3 วัดลักษณะเนื้อสัมผัส ตามข้อ 3.2.2.3 ดังในภาคผนวก ก.2

3.4.4 วัดค่าความเป็นกรดด่างโดย pH meter ตามข้อ 3.3.4 ดังในภาคผนวก ข.6

3.4.5 ประเมินการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ (acceptance tests) ในด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้สเกล 10 ระดับ ผู้ทดสอบแบบไม่ฝึกฝนจำนวน 15 คน เพื่อทราบเวลาที่ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพที่อุณหภูมิเร่งทั้ง 2 อุณหภูมิ แล้วใช้สมการเปรียบเทียบค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่ออุณหภูมิต่างกัน 10°C (Q_{10} equation) ทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง 30°C แบบทดสอบที่ใช้ในการประเมินแสดงในภาคผนวก ง.3

วางแผนการทดลองแบบ RCBD สำหรับการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้ ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของหอยเป๋าฮื้อสด

วัตถุดิบที่ใช้ คือ หอยเป๋าฮื้อสด *H. asinina* ที่มีน้ำหนักรวมเปลือกประมาณ 25-30 กรัมต่อตัว เมื่อแกะเปลือกและเอาเครื่องในออกแล้วมีน้ำหนักประมาณ 12-15 กรัมต่อตัว จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC (1995) ได้ผลดังแสดงตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina*

องค์ประกอบทางเคมี	% โดยน้ำหนัก
ความชื้น	84.32 ± 0.36
โปรตีน	12.74 ± 0.78
เถ้า	1.02 ± 0.17
ไขมัน	0.62 ± 0.10

องค์ประกอบทางเคมีของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* ขนาดน้ำหนักตัว 25-30 กรัม มีปริมาณโปรตีนสูงและไขมันต่ำ โดยมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 84.32 % โปรตีน 12.74% เถ้า 1.02% และ ไขมัน 0.62% ซึ่งค่าใกล้เคียงกับหอยเป๋าฮื้อสายพันธุ์เดียวกันขนาดน้ำหนักตัว 20 กรัม ซึ่งมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 82.22% โปรตีน 15.31% ไขมัน 0.61% และเถ้า1.00% (อุบลวรรณ พึ่งฉิม, 2546) และปริมาณความชื้นเท่ากับ 82.1%โปรตีนเท่ากับ 14.7% ไขมัน 0.3% และเถ้า 1.2% (วิชชญา นะราแก้ว, 2548) นอกจากนี้ยังพบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับหอยเป๋าฮื้อขนาดเล็กสายพันธุ์ไต้หวัน (*H. diversicolor*) ซึ่งมีน้ำหนักตัว 20 ± 5 กรัม ที่มีปริมาณความชื้น 77.70% โปรตีน 18.00% ไขมัน 0.70% และเถ้า 1.80% (Chiou, Lai and Shiau, 2001) และหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. discus* ที่มีปริมาณความชื้น 72.3–82.1% โปรตีน 14.2–18.4% ไขมัน 0.26–0.93% และเถ้า 1.11–1.29%เช่นกัน ซึ่งการที่หอยเป๋าฮื้อมีปริมาณไขมันต่ำนั้น เนื่องจากหอยเป๋าฮื้อไม่ได้เก็บสะสมพลังงานไว้ในรูปของไขมันเหมือนปลา แต่มีการเก็บสะสมพลังงานในกล้ามเนื้อในรูปของไกลโคเจน (Hatae *et al*., 1995)

การที่ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของหอยเป๋าฮื้อแตกต่างกันจะส่งผลให้กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏแตกต่างกัน (Olley and Thrower, 1977) ซึ่งปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของสัตว์น้ำที่แตกต่างกันนั้นขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พันธุ์ แหล่งที่อยู่ อาหาร รวมทั้งขนาด (นงลักษณ์ สุทธิวณิช, 2531) นอกจากนี้จากงานวิจัยของ Hatae และคณะ (1995) พบว่าฤดูกาลเก็บส่งผลต่อปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. discus* โดยช่วงฤดูร้อนปริมาณโปรตีนจะสูงขึ้นในขณะที่ปริมาณความชื้นต่ำลง

จะเห็นได้ว่าเนื้อหอยเป๋าฮื้อมีปริมาณโปรตีนสูง รวมทั้งมีไขมันต่ำ ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพในปัจจุบันที่นิยมบริโภคอาหารทะเล

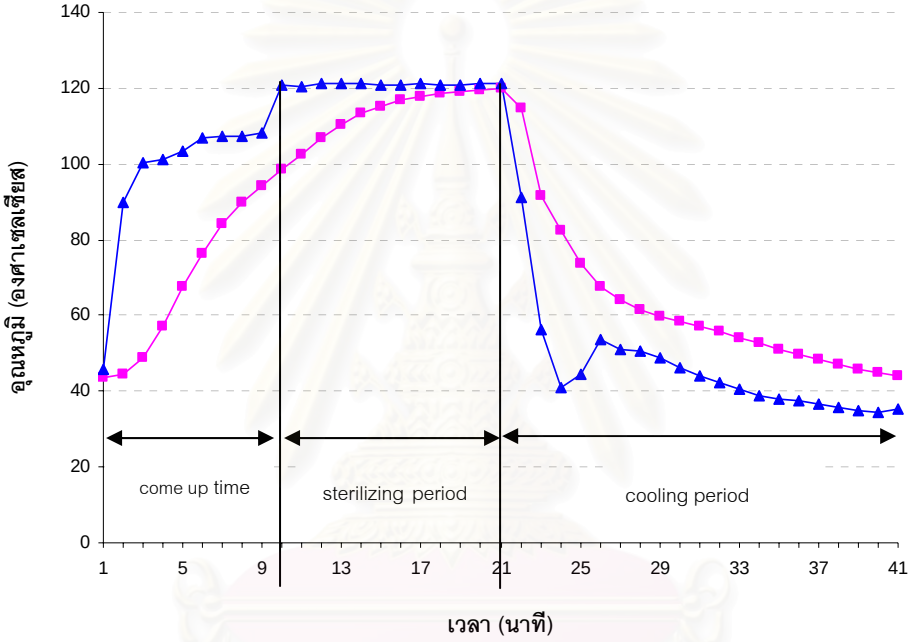
4.2 เวลาที่เหมาะสมในการแช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต

4.2.1 ภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

4.2.1.1 ผลของเวลาในการฆ่าเชื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

จากการทดลองเตรียมเนื้อหอยเป๋าฮื้อแล้วบรรจุในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ชนิด epoxy-phenolic resin ขนาด 307x113 น้ำหนักบรรจุประมาณ 100 กรัม ในกระป๋องติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบ (Thermocouple) ที่จุดกึ่งกลางกระป๋องและเสียบกับชิ้นเนื้อหอย เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2% จนได้น้ำหนัก 200 กรัม อุณหภูมิบรรจุอยู่ระหว่าง 65-70^{0}C เมื่อบรรจุแล้วมีช่องว่างเหนืออาหารไม่เกิน 10% ของความสูงกระป๋องด้านใน ไล่อากาศด้วยเครื่องไล่อากาศแบบอุโมงค์จนอุณหภูมิหลังไล่อากาศไม่ต่ำกว่า 75^{0}C ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดฝากระป๋องแบบธรรมดา โดยเตรียมทั้งหมด 6 กระป๋อง นำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งแนวตั้งโดยวางกระป๋องที่ติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบไว้จุดต่างๆของเครื่องฆ่าเชื้อ และบรรจุกระป๋องตัวอย่างที่เตรียมจากมันฝรั่งในน้ำเกลือให้เต็มเครื่องฆ่าเชื้อ แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121^{0}C บันทึกอุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อและจุดร้อนช้าที่สุดในกระป๋อง ทุกๆ 1 นาทีจนสิ้นสุดกระบวนการฆ่าเชื้อ เมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารเท่ากับ 43.61 °C โดยกำหนดอุณหภูมิฆ่าเชื้อเป็น 121°C จนได้ F_O ตามต้องการ โดย FAO กำหนดให้ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อกระป๋องฆ่าเชื้อให้ได้ค่า $F_O \geq 2.8$ นาที (FAO, 2005) แต่ในแง่การเก็บรักษาอาหารกระป๋องให้คงคุณภาพดี ไม่เน่าเสีย จะต้องคำนึงถึงสปอร์ของ

จุลินทรีย์ที่ทนร้อนสูงด้วย ปกติค่า F_0 ที่แนะนำมักสูงกว่าที่จำเป็นในการทำลาย จุลินทรีย์จำนวนที่กำหนดเพื่อป้องกันความแปรปรวนของกระบวนการฆ่าเชื้อ (ทิพาพร อยู่วิทยา, 2535) การฆ่าเชื้อในเชิงการค้าจึงต้องกำหนดให้มีค่า F_O สูงกว่า 2.8 นาที (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548) ดังนั้นในงานวิจัยนี้ใช้ค่า F_O เท่ากับ 4 นาที เป็นเกณฑ์ในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง จากการบันทึกอุณหภูมิจุดร้อนช้าที่สุดภายในกระป๋องทั้ง 6 กระป๋องแสดงดังภาคผนวกรูปที่ จ.1 ซึ่งแบ่งการฆ่าเชื้อเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มเปิดไอน้ำจนถึงเวลาที่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อสูงถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อ (come up time) นาน 10 นาที ช่วงการให้ความร้อน (sterilizing period) นาน 11 นาที และช่วงการทำให้เย็น (cooling period) นาน 20 นาที



รูปที่ 4.1 อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (▲) และอุณหภูมิภายในกระป๋อง (■) ของหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121^0C

จากข้อมูลการส่งผ่านความร้อนของกระป๋องที่ร้อนช้าที่สุดในเครื่องฆ่าเชื้อ นำมาสร้าง Heat penetration curve ดังแสดงในภาคผนวกตารางที่ จ.1 และรูปที่ จ.2 และคำนวณค่า Heat penetration parameter เพื่อหาเวลาที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง ด้วยวิธี Formula (Ball-Formula Method) จากกราฟการแทรกผ่านความร้อนระหว่างผลต่างอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อและอุณหภูมิจุดร้อนช้าที่สุดของผลิตภัณฑ์(T_r – T) กับเวลาบนกระดาษกราฟแบบ semilog ดังแสดงในภาคผนวกรูปที่ จ.3-จ.4 คำนวณได้ค่า heating rate index (f_h) เท่ากับ 8.30 นาที heating lag factor (j_{ch}) เท่ากับ 0.98 และเวลาในการให้ความ

ร้อนตั้งแต่อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อเท่ากับ 121^{0}C จนปิดไอน้ำมีค่าเท่ากับ 11.50 นาที เมื่อกำหนดให้ Fo เท่ากับ 4 นาที ดังนั้นเวลาในการฆ่าเชื้อทั้งหมดตั้งแต่เริ่มเปิดไอน้ำจนปิดไอน้ำเป็นเวลา 21.50 นาที แสดงวิธีคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อในภาคผนวก จ

4.2.1.2 วิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121^{0}C กำหนดค่า Fo เท่ากับ 4 นาที เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ได้ผลดังแสดงตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

จุลินทรีย์ที่ตรวจสอบ	ผลการวิเคราะห์
จุลินทรีย์ทั้งหมด	น้อยกว่า30 โคโลนี/กรัม
Flat sour organism	ไม่พบ
Thermophilic anaerobe	ไม่พบ
Putrefactive anaerobe	ไม่พบ

จากการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ตรวจพบ จุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 30โคโลนี และไม่พบจุลินทรีย์ในกลุ่ม Flat sour organism, Thermophilic anaerobe และ Putrefactive anaerobe แสดงว่าการให้ความร้อนในกระบวนการนี้เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ได้จึงมีความปลอดภัยต่อการบริโภค และข้อมูลที่ได้สอดคล้องกับมาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับหอยลายบรรจุกระป๋อง 430-2525 (2525) ซึ่งต้องไม่พบจุลินทรีย์ในกลุ่ม Flat sour organism, Thermophilic anaerobe และ Putrefactive anaerobe ในผลิตภัณฑ์

4.2.2 เวลาที่เหมาะสมในการแช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต

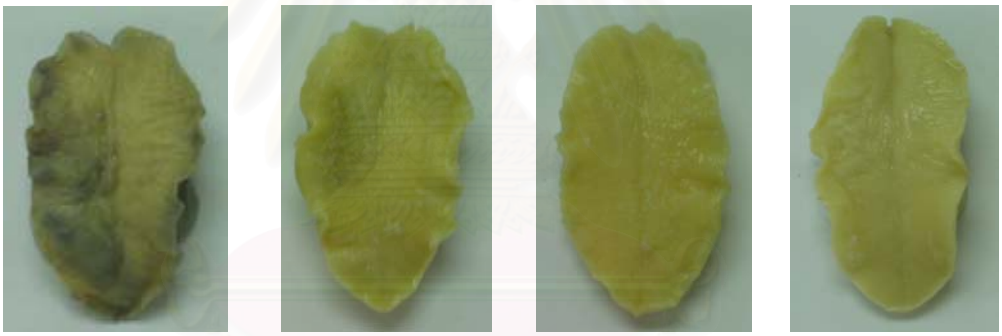
ในการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการแช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต เลือกใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตา-ฟอสเฟตเนื่องจาก Dean (1981) รายงานว่าการแช่เนื้อหอยในสารละลายผสมของ sodium metabisulfite ความเข้มข้น 0.1% และ sodium hexametaphosphate 5% w/w หรือการบรรจุ

ในกระป๋องที่มีส่วนผสมของน้ำเกลือ 1.5%w/w และสารละลายsodium หรือ potassium hexametaphosphate (SHMP) ความเข้มข้น 0.5% w/w ช่วยปรับปรุงคุณภาพของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการให้ความร้อนได้

4.2.2.1 ผลของเวลาในการแช่สารละลายผสมต่อสีและค่า degree of browning ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

จากการทดลองเมื่อนำเนื้อหอยเป๋าฮื้อแช่ในสารละลายผสมของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ แล้วฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิที่คำนวณได้จากข้อ 4.2.1 สีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่สังเกตได้จากการถ่ายภาพจะมีลักษณะดังรูป 4.2 และเมื่อวิเคราะห์ degree of browning พบว่าเนื้อหอยเป๋าฮื้อมีค่า degree of browning แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายมีสีคล้ำและบางบริเวณมีสีน้ำเงิน ส่วนเนื้อหอยที่ผ่านการแช่สารละลายนั้น พบว่าเมื่อเวลาในการแช่สารละลายนานขึ้น ค่า degree of browning มีค่าลดลงซึ่งสัมพันธ์กับสี ของเนื้อหอยที่มีสีคล้ำน้อยลดลงเมื่อเวลาในการแช่สารละลายนานขึ้น ทั้งนี้การเกิดสีน้ำตาลหรือมีสีคล้ำในหอยเป๋าฮื้อเป็นลักษณะเดียวกับการเกิดสีน้ำตาลในหอย scallop ซึ่ง Kawashima และ Yamanaka (1996) ได้รายงานความสัมพันธ์ของไกลโคไลซิสและกรดอะมิโนอิสระต่อการเกิดสีน้ำตาลในหอย scallop พบว่าปริมาณ glucose-6-phosphate มีความสัมพันธ์กับระดับการเกิดสีน้ำตาลในหอย scallop ที่ผ่านการให้ความร้อน นอกจากนี้สีน้ำเงินของเนื้อหอยเป๋าฮื้อกระป๋องที่เกิดขึ้นนั้น มักเกิดบริเวณ epipodium เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีปริมาณเหล็กสูง และเมื่อเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก กับ H_2S ที่ได้จากการสลายตัวของกรดอะมิโนเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงแล้วจะเกิดสีน้ำเงินขึ้น (Olley and Thrower, 1977) การลดปัญหาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการให้ความร้อนนั้นสามารถใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เพื่อให้ซัลไฟต์รวมตัวกับน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งเมื่อรวมกับกรดอะมิโนจะไม่เกิดสีน้ำตาลขึ้น และการใช้สารประกอบฟอสเฟตที่มีสมบัติเป็น chelating agent โดยโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ซึ่งเป็นพอลิฟอสเฟตสายยาวสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านสีของเนื้อปูบรรจุกระป๋องซึ่งมักเกิดสีน้ำเงินเมื่อผ่านการให้ความร้อนได้ดีที่สุด (สมพงษ์ คูประมงอารักษ์, 2534)

การเกิดสีน้ำตาลของเนื้อหอยแครงทั้งชนิดแห้งและบรรจุกระป๋องนั้นเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแปรรูป (Kawashima and Yamanaka, 1995) ซึ่งในภาวะที่กรดอะมิโนอิสระและ glucose-6-phosphate รวมถึงน้ำตาลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลมีปริมาณสูง ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นได้ในระหว่างกระบวนการทำแห้งหรือกระบวนการให้ความร้อนอื่นๆ ได้ (Wongso and Yamanaka, 1998) อัตราการการเกิดสีน้ำตาลในอาหารขึ้นกับองค์ประกอบของอาหาร และปัจจัยอื่นๆ เช่น ค่า pH และ ค่า water activity เป็นต้น (Kumar *et al*., 2006) แต่ปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาคือ อุณหภูมิ (Carabasa and Ibarz, 2000) อัตราเร็วของปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้นในภาวะที่สารตั้งต้นมีความเข้มข้นสูงและอุณหภูมิสูงปฏิกิริยาจะเกิดได้เร็วมาก เนื่องจากเกิด autocatalytic อัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเป็น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 10°C (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Chiou,Tsai และ Lan (2004) ที่พบว่าการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ *H. disversicolor* ที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 98°C เกิดได้มากกว่าที่ 80°C เมื่อให้ความร้อนนาน 120 นาที



(a) (b) (c) (d)

รูป 4.2 เนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายผสมที่ประกอบด้วย 0.1% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และ 5% โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตเป็นเวลาต่างๆกันดังนี้
a) 0 นาที b) 5 นาที c) 10 นาที d) 15 นาที

ตารางที่ 4.3 ผลของเวลาในการแช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตต่อค่า degree of browning ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋อง

เวลา(นาที)	degree of browning (A420/g)
0	0.0624^{a} ±0.0023
5	0.0537^{b}±0.0012
10	0.0432^{c}±0.0028
15	0.0315^{d}±0.0023

a, b,c.. ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

FAO/WHO ได้สรุปปริมาณสารตกค้างในอาหาร โดยกำหนดปริมาณซัลเฟอร์-ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ไม่เกิน 30 ppm และสารประกอบฟอสเฟตในรูป P_2O_5 ไม่เกิน 0.5% ซึ่งความเป็นพิษในอาหารของสารประกอบซัลไฟต์นั้นจะก่อให้เกิดพิษเฉียบพลันเมื่อมีปริมาณเกินกว่า 500 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และสารประกอบฟอสเฟต ที่ระดับไม่เกิน 0.5% ไม่มีผลต่อสัตว์ทดลองที่ความเข้มข้นสูงขึ้นอาจมีผลต่อสมดุลของเกลือแร่ในอาหาร

เมื่อนำเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายผสมมาวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์และสารประกอบฟอสเฟตในรูป P_2O_5 พบว่าปริมาณซัลเฟอร์-ไดออกไซด์และสารประกอบฟอสเฟตในรูป P_2O_5 ไม่เกินปริมาณที่กำหนด ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งถือว่าปลอดภัยต่อผู้บริโภค การที่ปริมาณสารซัลไฟต์ในเนื้อหอยเป๋าฮื้อไม่เกินปริมาณที่กำหนดอาจเนื่องมาจากระหว่างกระบวนผลิตมีขั้นตอนการไล่อากาศด้วยความร้อนซึ่งจะทำให้สารซัลไฟต์สลายตัวและลดปริมาณลง

ตารางที่ 4.4 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ และสารประกอบฟอสเฟตในรูป P_2O_5 ในเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

เวลา(นาที)	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ (ppm)	สารประกอบฟอสเฟตในรูป P_2O_5 (%)
5	ไม่พบ	0.09^{b}±0.01
10	ไม่พบ	0.11^{ab}±0.00
15	ไม่พบ	0.14^{a}±0.01

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2.2.2 ผลของเวลาในการแช่สารละลายผสมต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

จากการทดลองเนื้อหอยเป๋าฮื้อผ่านการแช่ในสารละลายผสมของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ แล้วฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิที่คำนวณได้จากข้อ 4.2.1 วัดสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยเป๋าฮื้อด้วยเครื่อง Instron Texture Analyzer ใช้หัววัดแบบใบมีดตัด (Warner – Bratzler Meat Shear Blade) อัตราเร็วของใบมีดคงที่ 2.0 มิลลิเมตร/วินาที (ศิรินทรา บุญสำเร็จ,2544) พบว่าเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต เมื่อเวลาในการแช่สารละลายต่างกันมีค่าแรงต้านทานการตัดขาดและความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเวลาในการแช่สารละลายเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าแรงต้านทานการตัดขาดและความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อหอยเป๋าฮื้อเพิ่มขึ้น โดยแรงต้านทานการตัดขาดและความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อหอยที่แช่สารละลายผสมเป็นเวลา 10 และ 15 นาที ไม่แตกต่างกันและมีค่าสูงกว่าเนื้อหอยที่ไม่แช่สารละลาย และที่แช่สารละลายเป็นเวลา 5 นาที เนื่องจากถึงแม้จะแช่สารละลายเป็นเวลา 5 นาที เวลาในการแช่สารละลายอาจไม่มากพอที่จะทำให้โซเดียม-เฮกซะเมตาฟอสเฟตแพร่ผ่านเข้าไปยังเนื้อหอย ส่วนค่าแรงต้านทานการตัดขาดและความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่แช่สารละลายมีค่าสูงกว่าเนื้อหอยที่ไม่แช่สารละลาย ทั้งนี้เนื่องมาจากฟอสเฟตจะมีผลต่อโปรตีนกล้ามเนื้อ คือแอคตินและไมโอซิน โดยจะเกิดการจับกันของอิออนลบของฟอสเฟตกับโปรตีนและการตัดพันธะที่ประสานกันระหว่างพันธะเปปไทด์และเกิด swelling ของกล้ามเนื้อจึงทำให้กล้ามเนื้อที่เกิดการสูญเสียพันธะสามารถจับน้ำได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้โมเลกุลเนื้อยึดเกาะกันดี โดยฟอสเฟตเพิ่มความสามารถอุ้มน้ำส่งผลให้เสียน้ำออกไปน้อยในระหว่างการให้ความร้อน เนื้อจึงยังคงโครงสร้างเดิมได้ดี (Lindsay, 1996) ดังนั้นจึงส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำและแรงต้านทานการตัดขาดของเนื้อหอยที่แช่สารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตสูงขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ค่าแรงต้านทานการตัดขาดและการอุ้มน้ำของเนื้อหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋องที่เวลาในการแช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต 0 5 10 และ 15 นาที

เวลา(นาที)	แรงต้านทานการตัดขาด (gf)	ความสามารถในการอุ้มน้ำ(%)
0	2177.28[c]±212.22	16.32[b] ±0.12
5	2577.11[b]±54.27	17.04[b] ±0.53
10	3073.55[a]±108.71	23.08[a] ±0.77
15	3264.53[a]±57.28	23.09[a] ±0.43

a, b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

พิจารณาเกณฑ์ในการคัดเลือกภาวะที่เหมาะสมในการแช่เนื้อหอยในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต พบว่าเนื้อหอยที่แช่สารละลายโซเดียม-เมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตเป็นเวลา 10 นาที และ 20 นาที นั้นมีค่า degree of browning ลักษณะปรากฏของเนื้อหอย ค่าแรงต้านทานการตัดขาดและความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกัน จากการที่ลักษณะปรากฏ ค่าแรงต้านทานการตัดขาดและความสามารถในการอุ้มน้ำที่ไม่แตกต่างกันนั้น จึงเลือกเวลาในการแช่เนื้อหอยในสารละสารละลายโซเดียมเมตา-ไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตเป็นเวลา 10 นาทีทั้งนี้เพื่อเป็นการลดเวลาการแช่สารละลายและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร

4.3 ประสิทธิภาพกรดซิตริกในการควบคุมการเกิดการเปลี่ยนแปลงสีในหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

4.3.1 ผลของความเข้มข้นของกรดซิตริกต่อค่าสีและค่า degree of browning ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

เนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมของสารละลายโซเดียมเมตาไบ-ซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาที แล้วเติมสารลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2 % ในสารละลายเกลือในกระป๋องแล้วฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิที่คำนวณได้จากข้อ 4. 2.1 วัดค่าสีโดยเครื่องวัดสี ระบบ Hunter (L, a, b) และวิเคราะห์ degree of browning พบว่าเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เติมสารละลายกรดซิตริก

ในกระป๋องนั้นมีค่าความสว่าง (L) แตกต่างจากเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ไม่เติมสารละลายกรดซิตริกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสว่างของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เติมสารละลายกรดซิตริกในกระป๋องนั้นมีค่าความสว่าง (L) มากกว่าเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ไม่เติมสารละลายกรดซิตริกในกระป๋อง และเมื่อวิเคราะห์ degree of browning เนื้อหอยที่เติมกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ในสารละลายเกลือมีค่า degree of browning แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อหอยที่เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในสารละลายเกลือ มีค่า degree of browning ต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.6 สอดคล้องกับงานวิจัยของ สมพงษ์ คูประมงอารักษ์ (2534) พบว่าการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.04% ร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.4% และกรดซิตริกความเข้มข้น 0.15% ต้มปู ช่วยปรับปรุงสีของเนื้อปูกระป๋อง ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลและการเกิดสีเทาในเนื้อปูกระป๋องและทำหน้าที่เป็น chelating agent โดยผลิตภัณฑ์เนื้อปูบรรจุกระป๋องมีคะแนนค่าสีและเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์เป็นที่ยอมรับ ซึ่งการใช้กรดซิตริกในผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณภาพดีกว่าการใช้กรดชนิดอื่นๆ เนื่องจากมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับ และเป็นสารจับโลหะ (chelating agent) ที่มีประสิทธิภาพสูง (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535) นอกจากนี้การเติม chelating agent ได้แก่ กรดซิตริก, EDTA, metabisulphite โดยการเติมสารละลายของวัตถุเจือปนเหล่านี้ลงสารละลายเกลือ สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำเงินที่ผิวของเนื้อหอยเป๋าฮื้อได้ (Warne, 1988) โดยอิออนลบของกรดซิตริกจะรวมกับอิออนบวกของทองแดงและเหล็กจึงเกิดปฏิกิริยาของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่รวมตัวกับเหล็กแล้วเกิดเป็นสีคล้ำได้น้อยลง นอกจากนี้กรดทำให้ค่าความเป็นกรดด่างต่ำลงการไอโอไนซ์ของไฮโดรเจซัลไฟด์เกิดได้น้อยลงด้วย (Johnson and Vickery, 1964)

ตารางที่ 4.6 ผลของความเข้มข้นของกรดซิตริกต่อค่าสี และ degree of browning ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋อง

ความเข้มข้น (%)	ค่าสี L	ค่าสี a[ns]	ค่าสี b	degree of browning (A420/g)
0	70.55[b] ± 0.46	-0.64±0.20	14.81[b] ±0.95	0.0431[a] ±0.0000
0.05	72.27[a] ±0.63	-0.66±0.09	14.79[b] ±0.51	0.0430[a] ±0.0000
0.1	72.43[a] ±0.16	-0.81±0.14	15.46[ab] ±0.25	0.0427[a] ±0.0002
0.2	73.07[a] ±0.67	-0.71±0.20	16.48[a] ±0.33	0.0368[b] ±0.0004

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.3.2 ผลของความเข้มข้นของกรดซิตริกต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

จากการวัดสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยเป๋าฮื้อด้วยเครื่อง Instron Texture Analyzer ใช้หัววัดแบบใบมีดตัด (Warner – Bratzler Meat Shear Blade) อัตราเร็วของใบมีดคงที่ 2.0 มิลลิเมตร/วินาที (ศิรินทรา บุญสำเร็จ, 2544) พบว่าเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาทีแล้วเติมสารลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% ในสารละลายเกลือในกระป๋องแล้วฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิที่คำนวณได้จากข้อ 4.2.1 พบว่ามีค่าแรงต้านทานการตัดขาดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.7 เห็นได้ว่ากรดซิตริกที่เติมในสารละลายเกลือนั้นไม่มีผลต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยเป๋าฮื้อโดยไม่ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้อยลง

ตารางที่ 4.7 ค่าแรงต้านทานการตัดขาดของหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2%

ความเข้มข้น(%)	แรงต้านทานการตัดขาด^{ns} (gf)
0	2378.44± 252.43
0.05	2306.13± 104.51
0.1	2406.74± 156.05
0.2	2439.82± 121.62

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการเติมกรดซิตริกในสารละลายเกลือซึ่งส่งผลต่อค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ พบว่าความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารละลายเกลือที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.8 โดยเมื่อความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารละลายเกลือเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่าง(pH) ของผลิตภัณฑ์ลดลง โดยค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องอยู่ในช่วง 6.11 – 5.72 ซึ่งถือได้ว่าผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH>4.6)

ตารางที่ 4.8 ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0 0.05 0.1 และ 0.2%

ความเข้มข้น(%)	pH ของผลิตภัณฑ์
0	6.11^{a}±0.01
0.05	6.04^{b}±0.02
0.1	5.92^{c}±0.02
0.2	5.72^{d}±0.03

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.3 ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบชนิด Quantitative Descriptive Analysis with Scoring (QDA) scale 5 ระดับ สำหรับประเมินคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส และใช้แบบทดสอบความชอบให้คะแนนแบบ Hedonic scale 9 ระดับ สำหรับประเมินความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้ผู้ทดสอบแบบไม่ฝึกฝน 15 คนแสดงแบบทดสอบที่ใช้ในการประเมินแสดงในภาคผนวก ง.1 - ง.2 เมื่อคะแนนสูงหมายถึงผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะที่ดี

จากตารางที่ 4.9 เมื่อนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ภาวะ มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการให้คะแนนคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนด้านสี กลิ่น รสชาติ ความยืดหยุ่น ความเหนียว ความชุ่มน้ำต่อผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋องมีคะแนนสีของเนื้อหอยดีที่สุดคือมีสีเหลืองอ่อน และยังพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ภาวะไม่มีกลิ่นผิดปกติ(คะแนน 5.00) และไม่มีรสชาติเปรี้ยว (คะแนน 5.00)

ตารางที่ 4.9 คะแนนด้านคุณลักษณะของหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือผสมกรดซิตริกความเข้มข้น 0 0.05 0.1 และ 0.2% บรรจุกระป๋อง

ลักษณะ	ความเข้มข้นกรดซิตริก(%)			
	0	0.05	0.1	0.2
สี^{ns}	3.47±0.74	3.60±0.63	3.73±0.46	3.80±0.67
กลิ่นรส^{ns}	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00
รสชาติ^{ns}	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00
ความยืดหยุ่น^{ns}	3.53±0.92	3.47±0.74	3.67±0.70	3.60±0.74
ความเหนียว	3.87^{b}±0.52	3.87^{b}±0.52	4.20^{ab}±0.42	4.33^{a}±0.49
ความชุ่มน้ำ^{ns}	3.80±0.56	3.60±0.63	3.67±0.70	3.73±0.49

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวนอนเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.10 ผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์ที่เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋องมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมกรดซิตริก และเติมกรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0.05 และ 0.1% โดยผลิตภัณฑ์ที่เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ได้คะแนนเฉลี่ย 7.33 เนื่องจากผลของสีของผลิตภัณฑ์สอดคล้องกับคะแนนประเมินคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้านสีเนื้อหอยที่มีสีเหลืองอ่อน และผลิตภัณฑ์ที่เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋องได้รับคะแนนประเมินในด้านต่างๆสูง

ตารางที่ 4.10 คะแนนความชอบเฉลี่ยของหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือผสมกรดซิตริกความเข้มข้น 0 0.05 0.1 และ 0.2% บรรจุกระป๋อง

ลักษณะ	ความเข้มข้นกรดซิตริก(%)			
	0	0.05	0.1	0.2
สี	4.40^{c}±1.30	6.33^{b}±0.82	6.47^{b}±0.70	7.53^{a}±0.52
กลิ่นรส^{ns}	7.20±0.41	7.07±0.46	7.20±0.42	7.27±0.46
รสชาติ^{ns}	6.53±0.52	6.40±0.74	6.07±0.94	6.07±1.03
เนื้อสัมผัส	6.33^{a}±0.82	5.60^{b}±0.63	5.53^{b}±1.50	6.27^{ab}±0.46
ความชอบโดยรวม	5.33^{c}±1.34	5.73^{c}±0.80	6.33^{b}±0.48	7.33^{a}±0.49

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวนอนเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง พบว่าเนื้อหอยเป๋าฮื้อมีค่า degree of browning ต่ำที่สุด ค่าความสว่าง(L) ของเนื้อหอยสูง และเมื่อพิจารณาลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีและการยอมรับรวมสูงที่สุด ดังนั้นจึงใช้ภาวะการเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋องเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องต่อไป

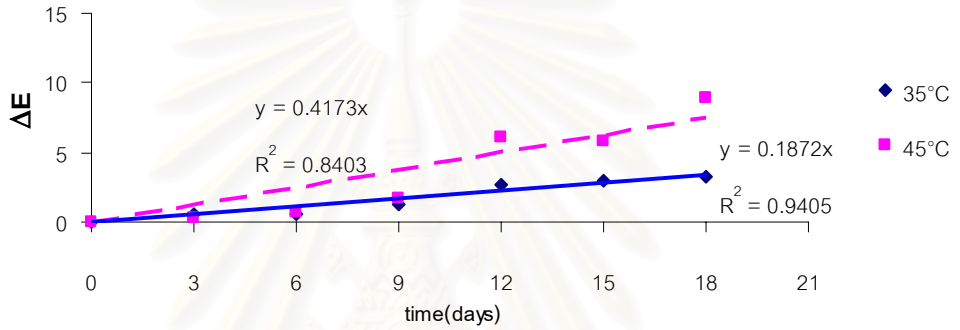
4.4 ผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต และกรดซิตริกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา

4.4.1 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องระหว่างการเก็บรักษา

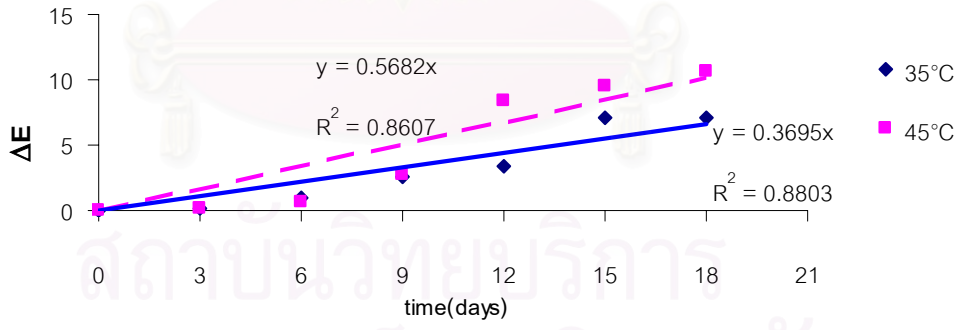
จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าสีและค่า ΔE ตามสมการที่ 4.1 ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะ-เมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะ-เมตาฟอสเฟต ความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45°C แสดงผลดังภาคผนวก ฉ.1-ฉ.4 พบว่าสีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อมีค่าความสว่าง(L) และค่าสีเหลือง(b) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้ง 2 อุณหภูมิ คือเนื้อหอยเป๋าฮื้อมีความสว่างลดลง ความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 45°C สีของเนื้อหอยเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าที่ 35°C และผลิตภัณฑ์ที่เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋องมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีช้ากว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมกรดซิตริก ทั้งนี้อาจเนื่องจากที่อุณหภูมิสูงกว่าปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์จะเกิดได้มากกว่า (Chiou, Tsai and Lan, 2004) นอกจากนี้เนื้อหอยเป๋าฮื้อที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนยังสามารถเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำเงิน (blueing reaction) ที่เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน biuret complex ซึ่งเกิดจากทองแดง หรือปฏิกิริยาระหว่าง hemocyanin ที่มีอยู่ในเลือดสัตว์ทะเลพวก crustacean และ mollusca ซึ่งมีทองแดงเป็นองค์ประกอบ กับกรดอะมิโน tyrosine เกิดเป็นสารประกอบของทองแดงที่ให้สีน้ำเงิน (Boon, 1975) ส่วนค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L a และ b ในระหว่างการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45°C ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมีการ

เปลี่ยนแปลงค่าสีเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 35 °C นอกจากนี้เมื่อนำค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมาสร้างกราฟเส้นตรงพบว่าค่าสีจากการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในลักษณะเส้นตรง (R^2>0.8) จึงอธิบายได้ด้วยทฤษฎีจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาอันดับที่ศูนย์ แสดงผลดังรูปที่ 4.3 (zero order) (Labuza, 1984)

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \qquad (4.1)$$



a)



b)

รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง35 และ45 °C a) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เป็นเวลา10 นาที b) เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2%

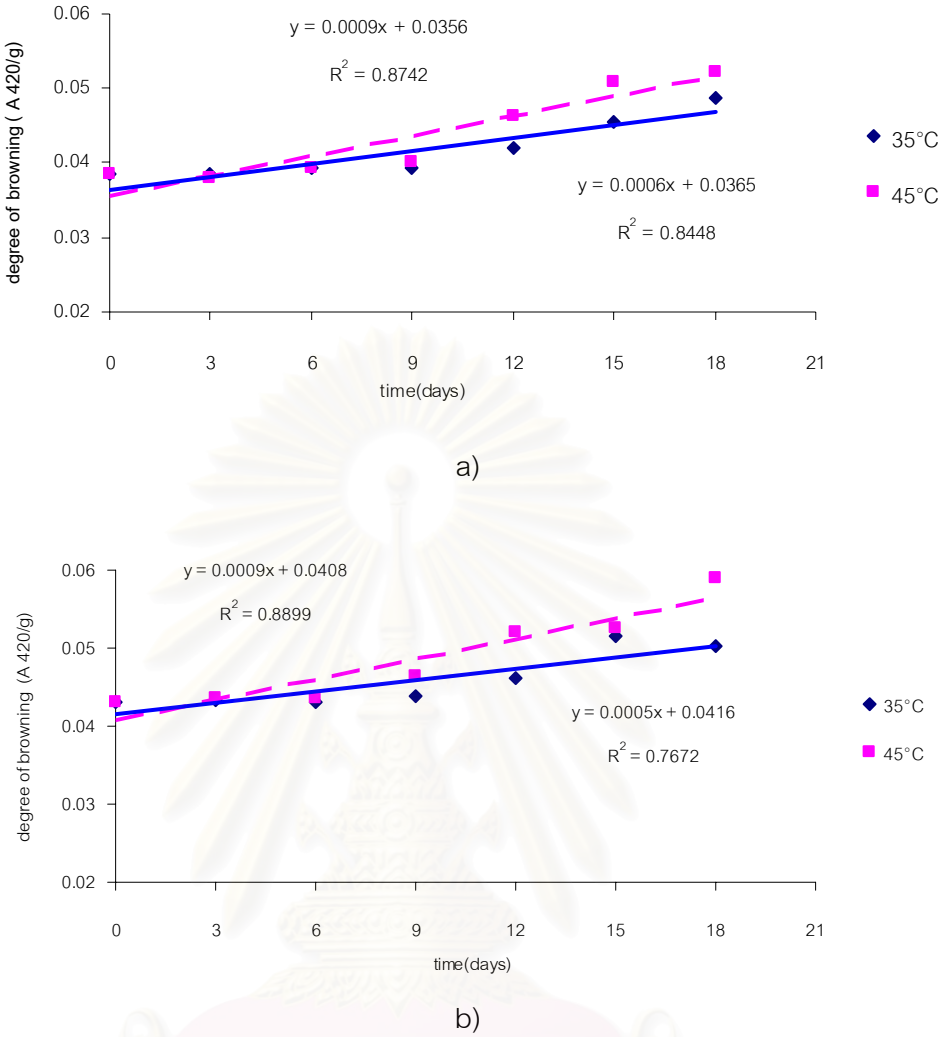
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงค่า degree of browning ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องระหว่างการเก็บรักษา

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า degree of browning ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตา-ฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตา-ฟอสเฟต ความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45°C แสดงผลดังรูปที่ 4.4 พบว่าผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45°C ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมีการเปลี่ยนแปลงค่า degree of browning สูงกว่าที่อุณหภูมิ 35 °C อาจเนื่องจากที่อุณหภูมิสูงกว่าปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์จะเกิดได้มากกว่า (Chiou, Tsai and Lan, 2004) และผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋องมีค่า degree of browning ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมกรดในกระป๋องทั้งนี้เนื่องจากกรดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ได้โดยกรด citric ที่ทำหน้าที่เป็น metal chelator จับทองแดงไม่ให้เร่งปฏิกิริยาหรือเกิดสารประกอบทองแดงที่ให้สีน้ำเงิน (Boon, 1975)

4.4.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องระหว่างการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ได้แก่ flat sour organism, Thermophilic anaerobe และ Putrefactive anaerobe ตามวิธีของ มาตรฐานอุตสาหกรรม 335-2523 เล่ม 1 (2523) ในผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ และหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายผ่านโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ และเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45 °C ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.11-4.12 พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 18 วันไม่พบ flat sour organism, Thermophilic anaerobe และ Putrefactive anaerobe



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่า degree of browning ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45 °C a) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที b) เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45 °C เป็นเวลา 18 วัน

อุณหภูมิการเก็บรักษา (°C)	ชนิดจุลินทรีย์		
	flat sour organism	Thermophilic anaerobe	Putrefactive anaerobe
35	ไม่พบ*	ไม่พบ*	ไม่พบ*
45	ไม่พบ*	ไม่พบ*	ไม่พบ*

* ตรวจไม่พบในตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ 10 กรัม

ตารางที่ 4.12 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาทีและเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45 °C เป็นเวลา 18 วัน

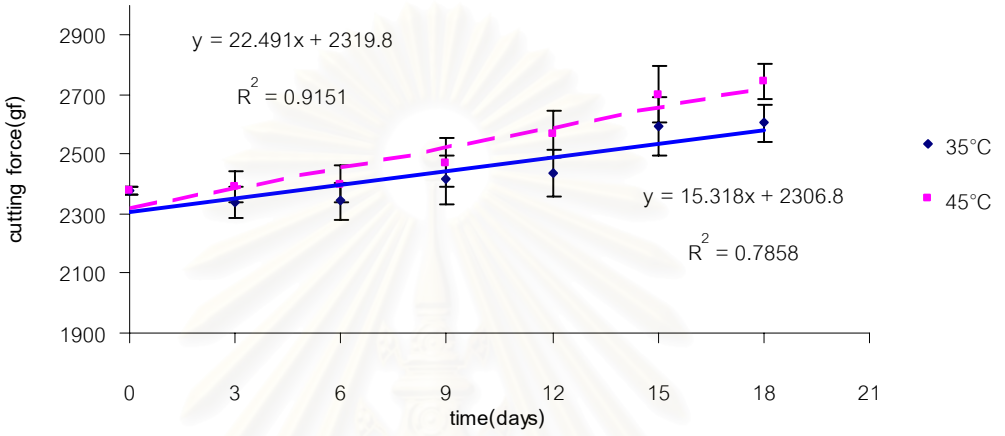
อุณหภูมิการเก็บรักษา (°C)	ชนิดจุลินทรีย์		
	flat sour organism	Thermophilic anaerobe	Putrefactive anaerobe
35	ไม่พบ*	ไม่พบ*	ไม่พบ*
45	ไม่พบ*	ไม่พบ*	ไม่พบ*

* ตรวจไม่พบในตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ 10 กรัม

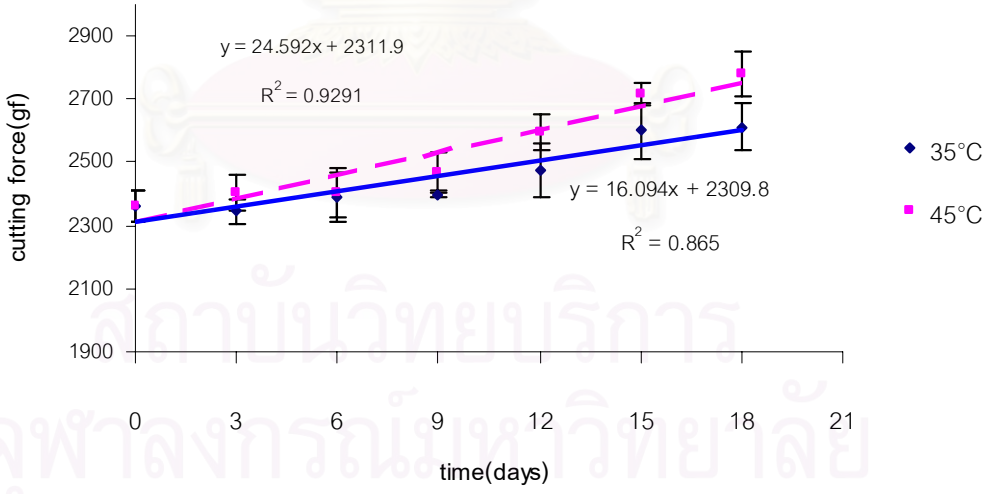
4.4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องระหว่างการเก็บรักษา

จากการติดตามการเปลี่ยนคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2%

ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45°C พบว่าค่าแรงต้านทานการตัดขาด (cutting force) ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45°C มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษาผ่านไป 15 วัน โดยที่อุณหภูมิ 45°C ค่า cutting force เพิ่มขึ้นเร็วกว่าที่ 35°C แสดงผลดังรูปที่ 4.5 อาจเกิดจากเนื้อสูญเสียน้ำเนื่องจากความร้อนและเกี่ยวข้องกับการหดตัวทำให้เนื้อสัมผัสที่มีลักษณะยึดจับกันมากขึ้นและเหนียวขึ้นค่าแรงต้านทานการตัดขาดจึงสูงขึ้น



a)



b)

รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหอยเป๋าฮื้อเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45 °C a) ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที b) เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2%

4.4.6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

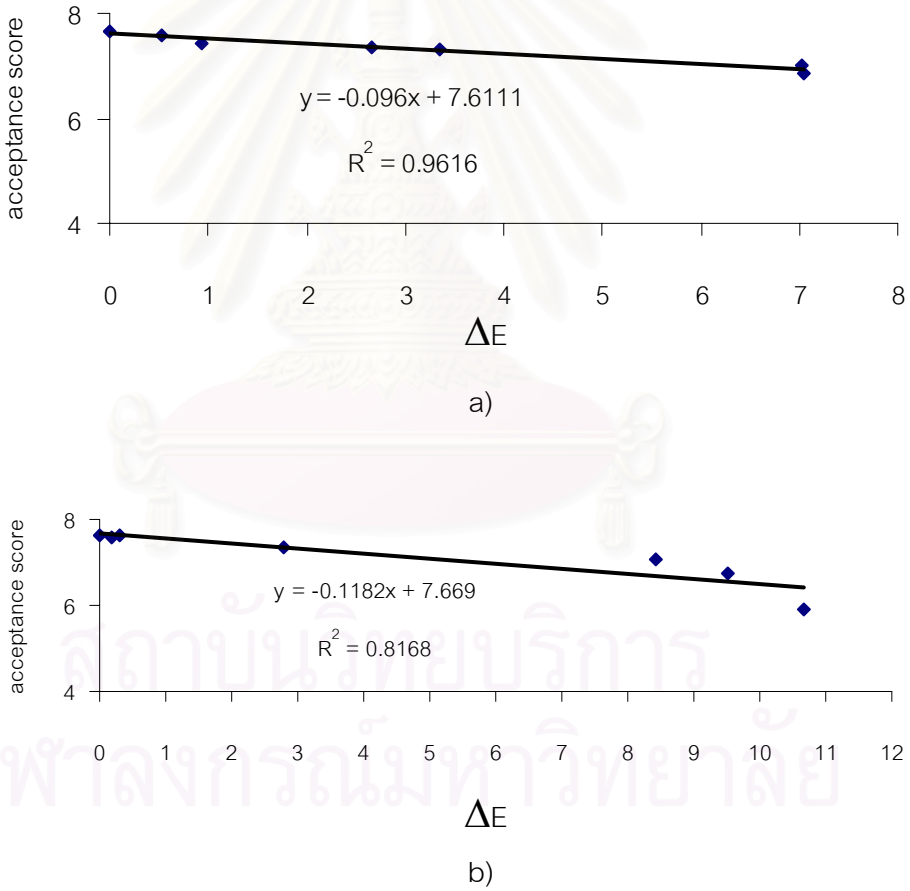
จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง โดยประเมินการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ (acceptance tests) ในด้านสีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อ ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิเร่ง 35°C และ 45°C โดยใช้เกณฑ์ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมื่อคะแนนการยอมรับเฉลี่ยต่ำกว่า 5 คะแนน (Poole *et al*., 1990) เพื่อทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) ได้ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดังตารางในภาคผนวก ช.1-ช.4

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาผู้บริโภคยังยอมรับผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในน้ำเกลือที่บรรจุกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45°C โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45°C ผู้ทดสอบให้คะแนนยอมรับลดลงเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากเนื้อหอยเริ่มมีสีคล้ำและเหลืองขึ้น ดังตารางในภาคผนวก ช.1-ช.4

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมีการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อหอยเป๋าฮื้ออย่างเห็นได้ชัด จึงเลือกเกณฑ์ของค่าสี ΔE และการยอมรับด้านสีเพื่อพิจารณาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อต้องการทราบเวลาที่ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องทั้ง 2 ชนิดที่จะเกิดการเสื่อมเสียที่อุณหภูมิห้อง (30°C) สามารถทำนายได้โดยสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับด้านสีกับค่า ΔE ที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45°C แสดงดังรูปที่ 4.4 เพื่อหาค่า ΔE ที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า ΔE กับระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงดังรูปที่ 4.6-4.7 จากนั้นนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษากับอุณหภูมิ จะได้ค่า Q_{10} และคำนวณหาอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (30°C) โดยใช้สมการ Q_{10} ตามสมการที่ 4.2-4.3

4.4.7 อายุการเก็บผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาที

จากการเลือกเกณฑ์ด้านสีและการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ในการทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อต้องการทราบเวลาที่ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องทั้ง 2 ชนิดที่จะเกิดการเสื่อมเสียที่อุณหภูมิห้อง (30°C) สามารถทำนายได้โดยสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับด้านสีกับค่า ΔE ที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45°C แสดงดังรูปที่ 4.6 เพื่อหาค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ เมื่อกำหนดคะแนนยอมรับเฉลี่ยต่ำกว่า 5 คะแนน ได้ดังนี้



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับด้านสีกับค่า ΔE ที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45°C ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที a) อุณหภูมิ 35 °C b) อุณหภูมิ 45 °C

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากกราฟความสัมพันธ์จากราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับเฉลี่ยด้านสีกับค่า ΔE (รูปที่ 4.6) สามารถคำนวณหาค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ เมื่อกำหนดคะแนนยอมรับเฉลี่ยต่ำกว่า 5 คะแนน ได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 35°C
(รูปที่ 4.6a)

$y = -0.096x + 7.6111$

$5 = -0.096x + 7.6111$

$x = 27.20$ unit

ที่อุณหภูมิ 45°C
(รูปที่ 4.6b)

$y = -0.1182x + 7.669$

$5 = -0.1182x + 7.669$

$x = 22.58$ unit

ดังนั้นค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 °C เท่ากับ 27.20 และ 22.58 unit ตามลำดับซึ่งแสดงถึงค่าการเปลี่ยนแปลงสี ΔE ของเนื้อหอยเมื่อผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์

จากค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ สามารถหาระยะเวลาการเก็บรักษาที่ค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์เมื่อผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า ΔE กับระยะเวลาในการเก็บรักษา (รูปที่ 4.3a) สามารถคำนวณระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 35°C
(รูป 4.3a)

$y = 0.3695x$

$27.20 = 0.3695x$

$x = 73.61$ วัน

ที่อุณหภูมิ 45°C
(รูป 4.3a)

$y = 0.5682x$

$22.58 = 0.5682x$

$x = 39.74$ วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้น ระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 °C เท่ากับ 73.61 และ 39.74 วัน ตามลำดับ

$$Q_{10} = \frac{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ T}}{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ T + 10}} = \frac{\theta s\,(T)}{\theta s\,(T+10)} \qquad (4.2)$$

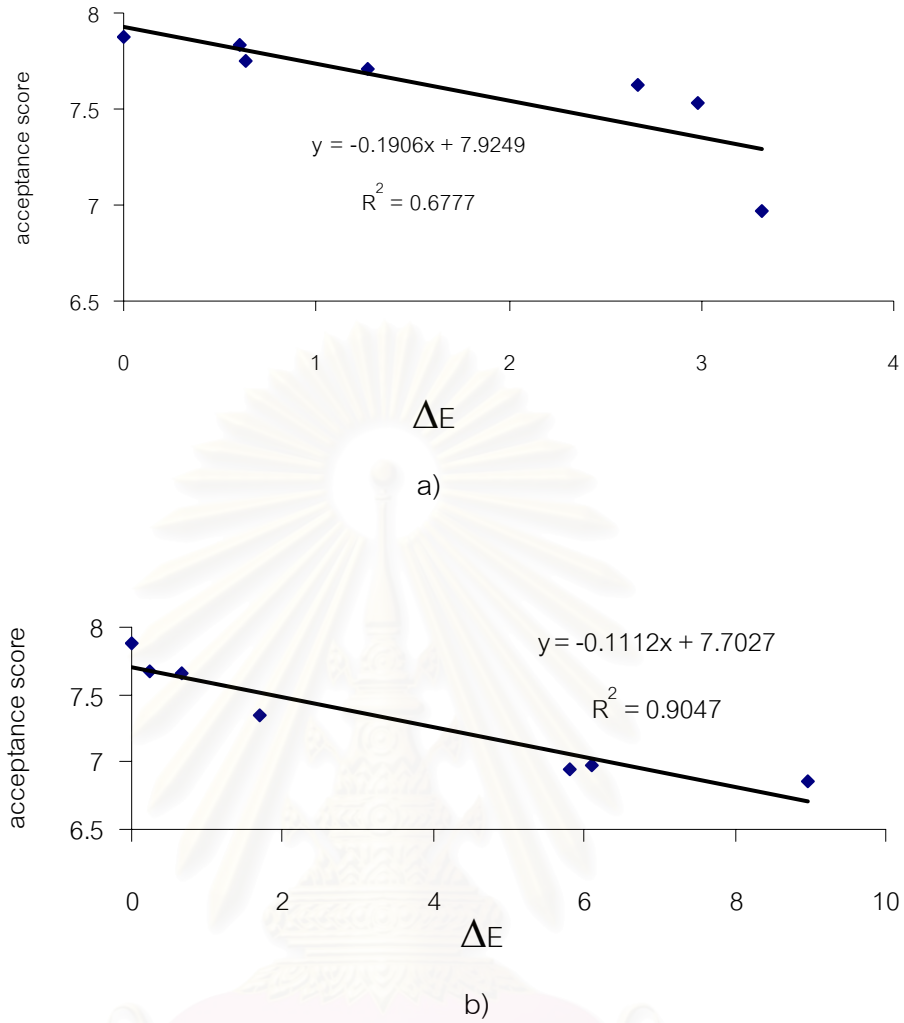
$$Q_{10}^{\Delta T/10} = \frac{\theta s\,(T_1)}{\theta s(T_2)} \quad ; T_2 > T_1,\ \Delta T = T_2 - T_1 \qquad (4.3)$$

จากสมการ 4.2-4.3 ได้ค่า Q_{10} เท่ากับ 1.88 นำค่า Q_{10} ที่ได้คำนวณหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) เท่ากับ 99.97 วัน

4.4.8 อายุการเก็บผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาทีและเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง

จากการเลือกเกณฑ์ด้านสีและการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ในการทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อต้องการทราบเวลาที่ผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องทั้ง 2 ชนิดที่จะเกิดการเสื่อมเสียที่อุณหภูมิห้อง (30°C) สามารถทำนายได้โดยสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับด้านสีกับค่า ΔE ที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45°C แสดงดังรูปที่ 4.7 เพื่อหาค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ เมื่อกำหนดคะแนนยอมรับเฉลี่ยต่ำกว่า 5 คะแนน ได้ดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับด้านสีกับค่า ΔE ที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45°C ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที 0.2% ในกระป๋อง a) อุณหภูมิ 35 °C b) อุณหภูมิ 45 °C

จากกราฟความสัมพันธ์จากราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับเฉลี่ยด้านสีกับค่า ΔE (รูปที่ 4.7) สามารถคำนวณหาค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ เมื่อกำหนดคะแนนยอมรับเฉลี่ยต่ำกว่า 5 คะแนน ได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 35°C (รูปที่ 4.7a)

$y = -0.1906x + 7.9249$

$5 = -0.1906x + 7.9249$

$x = 15.34$ unit

ที่อุณหภูมิ 45°C (รูปที่ 4.7b)

$y = -0.1112x + 7.7027$

$5 = -0.1112x + 7.7027$

$x = 24.30$ unit

ดังนั้นค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาทีและเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 °C เท่ากับ 15.34 และ 24.30 unit ตามลำดับซึ่งแสดงถึงค่าการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อหอยเมื่อผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์

จากค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ สามารถหาระยะเวลาการเก็บรักษาที่ค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์เมื่อผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า ΔE กับระยะเวลาในการเก็บรักษา (รูปที่ 4.3b) สามารถคำนวณระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 35°C (รูป 4.3b)

$y = 0.1872x$

$15.34 = 0.1872x$

$x = 81.94$ วัน

ที่อุณหภูมิ 45°C (รูป 4.3b)

$y = 0.4173x$

$24.30 = 0.4173x$

$x = 58.23$ วัน

ดังนั้น ระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาทีและเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 °C เท่ากับ 81.94 และ 58.23 วัน ตามลำดับ

จากสมการ 4.2-4.3 ได้ค่า Q_{10} เท่ากับ 1.41 นำค่า Q_{10} ที่ได้คำนวณหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) เท่ากับ 137.19 วัน หรือ 4.57 เดือน ซึ่งพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 18 วันนั้น ผู้บริโภคยังคงยอมรับในผลิตภัณฑ์สูง อีกทั้งการศึกษาอายุการเก็บในการทดลองเก็บรักษาที่อุณหภูมเร่ง การทำนายถึงการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์จึงอาจเกิดการคลาดเคลื่อนได้ โดยจากการทดลองผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% มากว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมกรดแสดงให้เห็นว่ากรดซิตริกมีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา โดยผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องควรมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุรีทอร์ตเพาช์ซึ่ง จิรรัชต์ กันทะขู้ (2549) ได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุรีทอร์ตเพาช์เมื่อเนื้อหอยเป๋าฮื้อผ่านการแช่กรดซิตริกความเข้มข้น 0.15% เป็นเวลา 10 นาที และสารละลายไตรพอลิ-ฟอสเฟตความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 60 นาที พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงน้อย ผู้ทดสอบไม่เห็นความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาในแต่ละเดือน โดยให้คะแนนความชอบทุกด้าน ได้แก่ ความชอบสี กลิ่น ความยืดหยุ่น ความเหนียว ความชุ่มน้ำ และความชอบรวมในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* L.ในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง โดยบรรจุเนื้อหอยเป๋าฮื้อน้ำหนัก 12-15 กรัมต่อตัว ในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ชนิด epoxy-phenolic ขนาด 307x113 น้ำหนักบรรจุ 100 กรัมและน้ำหนักสุทธิ 200 กรัม ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C ให้ได้ค่า F_O เท่ากับ 4 นาที พบว่าได้เวลาในการฆ่าเชื้อในช่วงของการให้ความร้อน เท่ากับ 11.50 นาที และผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ ไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด, flat sour organism, Thermophilic anaerobes และ Putrefactive anaerobes และพบว่าเวลาที่เหมาะสมในการแช่เนื้อหอยเป๋าฮื้อในโซเดียมเมตาไบ-ซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.1% และ และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 5% คือ 10 นาที สำหรับประสิทธิภาพกรดซิตริกในการควบคุมการเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง พบว่าการเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋องมีผลให้ค่าความสว่าง (L) ของเนื้อหอยสูงกว่าเนื้อหอยในกระป๋องที่ไม่เติมสารละลายกรดซิตริก และค่า degree of browning ของเนื้อหอยในกระป๋องที่เติมสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% มีค่าต่ำสุด และคะแนนด้านชอบต่อผลิตภัณฑ์สูง และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45°C พบว่าในระหว่างการเก็บรักษา สี แรงต้านทานการตัดขาด และค่า degree of browning ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และสามารถทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30°C โดยอนุมานการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาว่าเป็นปฏิกิริยาอันดับที่ศูนย์ได้เวลาในการเก็บรักษาเท่ากับ 137.19 วัน

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากเงื่อนไขการใช้วัตถุเจือปนในอาหารมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจึงควรมีการวิจัยเพื่อหาสารกลุ่มอื่นซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและเป็นที่ยอมรับโดยสากลมาทดลองศึกษาด้วย ควรมีการวิจัยถึงสาเหตุการผิดปกติของสีในเนื้อหอยเป๋าฮื้อให้แน่ชัดเพราะเป็นหอยเป๋าฮื้อสายพันธุ์ที่แตกต่างจากหอยเป๋าฮื้อในหลายๆประเทศ อีกทั้งการวิจัยของไทยที่เกี่ยวกับเรื่องนี้ยังมีน้อยมาก

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คเชนทร เฉลิมวัฒน์. 2544. การเพาะเลี้ยงหอย. กรุงเทพมหานคร: รั้วเขียว.

จิรรัชต์ กันทะขู้. 2549. การแปรรูปหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุรีทอร์ตเพาช์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จักรพันธุ์ กังวาฬ. 2547. หอยเป๋าฮื้อจากธรรมชาติสู่ฟาร์มเลี้ยง. สารคดี 20(231): 74-76.

ทิพาพร อยู่วิทยา. 2535. การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน. อาหาร 22(4): 39-50.

นงลักษณ์ สุทธิวณิช. 2531. องค์ประกอบทางเคมีของสัตว์น้ำ. ใน คุณภาพสัตว์น้ำ, หน้า 48-79. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์. 2538. จุลชีววิทยาของอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ. อาหาร 25(2): 127-133.

พายัพ ยังปักษี. 2541. หอยเป๋าฮื้อ. สัตว์น้ำฉบับพิเศษ 10 (มกราคม) : 169 – 174.

มะลิ บุณยรัตผลิน. 2545. การพัฒนาสัตว์น้ำเศรษฐกิจของไทยหอยเป๋าฮื้อ. ใน เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการพัฒนาสัตว์น้ำเศรษฐกิจของไทย, หน้า 1-18. 2 กุมภาพันธ์ 2545 ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์กรุงเทพมหานคร.

มัทนา แสงจินดาวงษ์. 2548. ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523. วิธีวิเคราะห์อาหารทางจุลชีววิทยา เล่ม 1 อาหารกระป๋อง. มอก. 335-2523. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2525. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหอยลายกระป๋อง. มอก. 430-2525. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

วารุณี วารัญญานนท์. 2536. สาระน่ารู้เกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีกรดต่ำ: ภาชนะโลหะสำหรับบรรจุอาหาร. อาหาร 25(4): 284-290.

วิชชญา นะราแก้ว. 2548. การยืดอายุการเก็บหอยเป๋าฮื้อ *Haliotis asinina* Linnaeus โดยการปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: เท็กซ์แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น.

สมปอง วิชญวิเชียร. 2542. หอยเป๋าฮื้อ. ข่าวกรมประมง 23 (มกราคม-มิถุนายน): 19-31.

สมพงษ์ คูประมงอารักษ์. 2534. การผลิตเนื้อปูม้าบรรจุกระป๋องปลอดซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิเตต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2536. การใช้ฟอสเฟตในอาหารทะเล. อาหาร 23(1): 7-12.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2548. เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

สินธนา สุคุนธา. 2536. หลักการถนอมและการแปรรูปอาหารโดยใช้ความร้อน. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะธุรกิจการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

สิทธิศักดิ์ เหมืองสิน. 2545. หอยเป๋าฮื้อสัตว์น้ำเศรษฐกิจตัวใหม่ของไทย. ใน เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการพัฒนาสัตว์น้ำเศรษฐกิจของไทย, หน้า 1-12. 2 กุมภาพันธ์ 2545 ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพยมหานคร.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2547. หอยเป๋าฮื้อ[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.trf.or.th/news/15jobs/Project45_3.asp[28 มิถุนายน 2547]

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิรินทรา บุญสำเร็จ. 2544. ผลของกระบวนการแช่เยือกแข็งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีแบบลมพ่นและแบบไครโอจินิค. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุบลวรรณ พึ่งฉิม. 2546. ผลของกระบวนการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อต่อองค์ประกอบทางเคมีและเนื้อสัมผัสของหอยเป๋าฮื้อชนิด *Haliotis asinina* และ *Haliotis ovina*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Virginia: The Association of Official Analytical Chemists.

Boon, D.D. 1975. Discoloration in processed crabmeat. A Review. Journal of Food Science.40(4): 756 – 761.

Carabasa, M., and Ibarz, A. 2000. Kinetics of color development in aqueous glucose system at high temperatures. Journal of Food Engineering 44:181-189.

Chiou, T., Lai, M., and Shiau, C. 2001. Seasonal variations of chemical constituents in the muscle and viscera of small abalone fed different diets. Fisheries Science 67: 146 – 156.

Chiou, T., Lai, M., Lan, H., and Shiau, C. 2002. Extractive component changes in the foot muscle of live small abalone during storage. Fisheries Science 68: 380-387.

Chiou, T., Tsai, C., and Lan, H. 2004. Chemical, physical and sensory changes of small abalone meat during cooking. Fisheries Science 70: 867-874.

Cochran, W. C., and Cox, G. M. 1992. Experimental Designs. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons.

Crapo C. A., and Crawford, D. L. 1991. Influence of polyphosphate soak and cooking procedures on yield and quality of Dungeness crab meat. Journal of Food Science 56(3): 657-659, 664.

Dean, E. B. 1981. Abalone canning. Commonwealth of Australia Patents Act 1952-62 Complete specification.

Dziezak, J. D. 1990. Phosphates improve many foods. Food Technology 44(4): 80-92.

English, P. M., Gerdes, D. L., Finerty, M. W., and Grodner, R. M. 1988. Effects of tripolyphosphate dips on quality of thermally processed mullet (*Mugi cephalus*). Journal of Food Science 53(5): 1319-1321, 1502.

FAO. 2005. Canned Abalone[Online]. Available from: http://www.fao.org/docrep/003/t0007e/t0007e05.htm#4.5Molluscs[2005, December 11]

Gao, X., Ogawa, H., Tashiro, Y., and Iso, N. 2001. Rheological properties and structural changes in raw and cooked abalone meat. Fisheries Science 67: 314-320.

Gao, X., Tashiro, Y., and Ogawa, H. 2002. Rheological properties and structural changes in steamed and boiled abalone meat. Fisheries Science 68: 499-508.

Hatae, K., Nakai, H., Shimada, A., Murakami. T.,Takada, K., Shiroi, Y., and Watabe, S. 1995. Abalone (*Haliotis discus*): Seasonal variations in chemical composition and textural properties. Journal of Food Science 60(1): 32-35, 39.

Hatae, K., Nakai, H., Tanaka, C., Shimada, A., and Watabe, S. 1996. Taste and texture of abalone meat after extended cooking. Fisheries Science 62: 643-647.

Helman, D.R., and Hartel, R. W. 1997. Principles of Food Processing. New York: International Thomson Publishing.

James, D.G., and Olley, J. 1970. Moisture and pH changes as criteria of freshness in abalone and their relationship to texture of the canned product. Food Technology in Australia 22:350-357.

James, D.G., and Olley, J. 1971. Studies on the processing of abalone II the maturometer as a guide to canned abalone texture. Food Technology in Australia 23: 3914-3918.

James, D.G., and Olley, J. 1974. The Abalone Industry in Australia. In Rudolf K. (ed.), Fishery Products, pp.238-242. England: The Whitefriaris Press Ltd.

Jauregui, C., Regenstein, J., and Baker, R.C. 1981. A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. Journal of Food Science 46(4): 1271, 1273.

Johnson, A.R., and Vickery, J.R. 1964. Factors influencing the production of hydrogen sulfide from meat during heating. Journal of the Science of Food and Agriculture 15:695.

Kawashima, K., and Yamanaka, H. 1995. Effects of cold storage, freezing and thawing on browning of cooked scallop adductor muscle. Fisheries Science 61: 1031-1034.

Kawashima, K., and Yamanaka, H. 1996. Free amino acids responsible for the browning of cooked scallop adductor muscle. Fisheries Science 62: 293-296.

Kolodziejska, I., Sikorski, Z. E., and Sadowska, M. 1987. Texture of cooked mantle of squid *Illex argentinus* as influenced by specimen characteristics and treatments. Journal of Food Science 52(4): 932-935.

Kumar, A. J., Singh, R. R. B., Patel, A. A., and Patil, G. R. 2006. Kinetics of color and texture changes in gulabjamun balls during deep-fat flying. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie 39: 827-833.

Labuza, T. P. 1984. Application of chemical kinetics to deterioration of foods. Journal of Chemical Education 61(4): 348 – 358.

Lampila, L. E., and Godber, J. P. 2002. Food Phosphates. In Branen, A. L., Davidson, P. M., Salminen, N., and Thorngate III, J. H. (eds.), Food Additives 2nd ed., pp. 809-896. New York: Marcel Dekker.

Lawrie, R. A. 1968. Chemical changes in meat due to processing – a review. Journal of the Science of Food and Agriculture 19(1): 233-240.

Li, W., Bowers, J. A., Craig, J. A., and Perng, S. K. 1993. Sodium tripolyphosphate stability and effect in ground turkey meat. Journal of Food Science 58(3): 501-504.

Lindsay, R.C. 1996. Food Additives. In Fennema, O.R. Food Chemistry. 3rd ed., pp. 768-821. New York: Marcel Dekker.

Lopez, A. 1981. Processing Procedures for Canned Food Products In A Complete Course in canning. The Canning Trade. Baltmore: Maryland.

Olley, J., and Thrower, S. J. 1977. Abalone – an esoteric food. Advance in Food Research 23(1): 143-185.

Othenin. 1996. Metallic Containers for Sterilization. New York: McGraw-Hill.

Poole, S. E., Wilson, P., Mitchell, G. E., and Wills, P. A. 1990. Strorage life of chilled scallops treated with low dose irradiation. Journal of Food Protection 53(9): 763-766.

Sanchez-Bramila, J. V., Lyon, B.G., Huang, Y. W., Franco Santiago, J. R., Lyon, C. E., and Gates, K. W. 2002a. Sensory and texture quality of canned whelk (*Astraea undosa*) subjected to tenderizing treatments. Journal of Food Science 67(4): 1559-1563.

Sanchez-Bramila, J. V., Lyon, B. G., Huang, Y. W., Lyon, C. E., and Gates, K. W. 2002b. Sensory characteristics and instrumental texture attributes of abalone, *Haliotis fulgens* and *cracherodii*. Journal of Food Science 67(3): 1233-1239.

Sofos, J. N. 1994. Microbial Growth and its Control in Meat, Poultry and Fish. In Pearson, A. M. and Dutson, T. R. (eds.), Advances in Meat Research Series Volume 9: Quality Attributes in Meat, Poultry and Fish Products, pp. 359-403. London: Blackie Academic & Professional.

Ueng, Y., and Chow, C. 1998. Textural and histological changes of different squid mantle muscle during frozen storage. Journal of Agriculture and Food Chemistry 46: 4728-4733.

Warne, D. 1988. Manual on fish canning.FAO[online]. Available from: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/003/T0007E/ .HTM[2004, Oct.20]

Wekell, J. C., and Teeney, F. M. 1988. Canned salmon curd reduced by use of polyphosphates. Journal of Food Science 53(4): 1009-1013.

Wongso, S., and Yamanaka, H. 1998. Extractive components of the adductor muscle of Japanese baking scallop and changes during refrigerated storage. Journal of Food Science 63(5): 772-776.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การวัดสมบัติทางกายภาพ

ก.1 การวัดค่าสี

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี Minolta Chroma meter (CR300 series, Minolta, Tokyo, Japan) ระบบ Hunter (L a b)

วิธีวิเคราะห์

1. เลื่อนสวิทซ์ on พร้อมกับกดปุ่ม all data clear
2. กดปุ่ม index set
3. เลือกแหล่งแสง D_{65} แล้วกด enter
4. กดปุ่ม calibrate ป้อนค่า Y, x, y
5. กดปุ่มวัด รอจนกระทั่งการ reflect ของแสงครบ 3 ครั้ง
6. กดปุ่ม color space select เพื่อเปลี่ยนระบบสีเป็น L, a, b
7. วัดสีตัวอย่างโดยวางหัววัดสีไว้บนตัวอย่าง
8. กดปุ่ม measure
9. ถ้าต้องการวิเคราะห์สถิติ กดปุ่ม stat เครื่องจะแสดงค่า max, min, mean และ SD

ก.2 การวัดค่าแรงต้านทานการตัดขาด

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส (Instron Texture Analyzer, USA)
2. หัวตัด Warner-Bratzer Blade

วิธีวิเคราะห์

1. เปิดโปรแกรม Merlin และติดตั้งอุปกรณ์
2. calibrate load cell และ compression load
3. วางตัวอย่างบนฐานให้ Warner-Bratzer Blade ตัดตัวอย่างตามแนวยาวที่ความเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อวินาที กดปุ่ม start เพื่อตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกัน
4. วัดค่าแรงสูงสุดที่ใช้ รายงานผลเป็นค่าแรงต้านทานการตัดขาดมีหน่วยเป็น gf

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.3 การวิเคราะห์ Water-Holding Capacity ตามวิธีของ Jauregui, Regenstein, และ Baker, (1981); Ueng และ Chow (1998)

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่องเหวี่ยงแยก (centrifuge) (Thermo ICE รุ่น ICE Multi RF, USA)
2. กระดาษกรอง Whatmam No.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ตัดชิ้นเนื้อหอยเป๋าฮื้อให้มีขนาดประมาณ 1×1 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักก่อนห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ที่ทราบน้ำหนัก
2. หมุนเหวี่ยงที่ 4500×g เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C
3. กระดาษกรอง Whatmam No.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตรชั่งน้ำหนักกระดาษกรองหลังการหมุนเหวี่ยง
4. คำนวณค่า water-holding capacity (WHC) โดยใช้สูตร

$$\text{WHC (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักกระดาษกรองหลังเซ็นตริฟิวจ์ (กรัม)} - \text{ก่อนเซ็นตริฟิวจ์ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักชิ้นตัวอย่างหอยเป๋าฮื้อ (กรัม)}} \times 100$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

ข.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน (E – 53, Binder, USA)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (AB204, Mettler – Toledo, Switzerland)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ภาชนะอะลูมิเนียมซึ่งอบแห้ง และชั่งน้ำหนักไว้แล้ว
2. นำตัวอย่างเข้าอบแห้งในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 $^{\circ}$C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
3. นำมาทิ้งให้เย็นในเดซิคเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\left[\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง (กรัม)} - \text{น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)}\right]}{\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

ข.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

อุปกรณ์

1. ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ประกอบด้วย kjeldtherm digestion unit และ vapodest (KT 85, Gerhardt, Germany)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (AB204, Mettler – Toledo, Switzerland)

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น (sulfuric acid conc.) (J.T. Baker, USA)
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 N
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ความเข้มข้น 35% โดยปริมาตร (Univa, Ajax Finechem, Australia)

4. สารละลายกรดบอริก (boric acid) ความเข้มข้น 4% โดยปริมาตร (Univa, Ajax Finechem, Australia)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ลงในขวดย่อย
2. เติมตัวเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม
3. เติมสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 20 มิลลิลิตร
4. ย่อยตัวอย่างด้วยเครื่อง Buchi Digestion จนกระทั่งได้สารละลายสีเหลืองอ่อน
5. กลั่นตัวอย่างที่ย่อยได้ด้วยเครื่อง Buchi Distillation โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวทำปฏิกิริยา และเก็บสารละลายที่กลั่นได้ในสารละลายบอริก ซึ่งเติม methyl red-methylene blue เป็นอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด
6. ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 N

คำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \frac{A \times B \times 6.25 \times 1.4}{C}$$

A = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทมีหน่วยเป็น Normal

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรท (มิลลิลิตร)

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

ข.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

<u>อุปกรณ์</u>

1. ชุดสกัดไขมัน (S166 Soxtherm Automatic, Gerhardt, Germany)

<u>สารเคมี</u>

ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) (Carlo Erba Reagenti, Rodano, Italy)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่างแล้วนำไปอบแห้งให้ได้น้ำหนักประมาณ 5 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1
2. ใส่ตัวอย่างในทิมเบิลซึ่งบรรจุในขวดสกัดที่แห้งสนิทและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
3. เติม petroleum ether ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ลงในขวดสกัด แล้วต่อเข้ากับชุดสกัด ใช้เวลาในการสกัดไขมันนาน 3-4 ชั่วโมง
4. ระเหย petroleum ether ออกจากไขมันที่สกัดได้

5. นำไขมันที่ได้หรือน้ำมันที่ได้ในขวดสกัดไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C ประมาณ 2 ชั่วโมง หรือจนได้น้ำหนักคงที่ แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิคเคเตอร์
6. ชั่งน้ำหนักของไขมันหรือน้ำมันที่ได้จากการสกัด คำนวณปริมาณไขมันโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{(A - B) \times 100}{C}$$

A = น้ำหนักที่แน่นอนของขวดก้นกลมและไขมันที่สกัดได้ (กรัม)
B = น้ำหนักที่แน่นอนของขวดก้นกลม (กรัม)
C = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ข.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

<u>อุปกรณ์</u>

1. เตาเผา (FT 01/38, Muffle Furnace, USA)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในครูซิเบิล ที่แห้งสนิทและทราบน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำตัวอย่างไปให้ความร้อนด้วย hot plate จนกระทั่งตัวอย่างไม่มีควัน
2. นำตัวอย่างไปเผาต่อในเตาเผาที่ 500-550 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว
3. ทำให้เย็นในเดซิคเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณปริมาณเถ้าโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{(A - B) \times 100}{C}$$

A = น้ำหนักที่แน่นอนของครูซิเบิลและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)
B = น้ำหนักที่แน่นอนของครูซิเบิล (กรัม)
C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

ข.5 การวิเคราะห์ค่า degree of browning ตามวิธีของ Chiou และ คณะ (2004)

อุปกรณ์

1. เครื่องเหวี่ยงแยก (centrifuge)(Thermo ICE รุ่น ICE Multi RF, USA)
2. เครื่อง Spectrophotometer (Jasco UV/VIS Spectrophotometer รุ่น V-530, USA)
3. เครื่อง Homogenizer (Ystral รุ่น 79282, Netherland)

สารเคมี

กรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid)

วิธีวิเคราะห์

1. สับเนื้อหอยเป๋าฮื้อให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักให้ได้ 5 กรัม ใส่ในหลอด centrifuge ขนาด 80 มิลลิลิตร
2. เติมกรดไตรคลอโรอะซิติกความเข้มข้น 7% ปริมาตร 30 มิลลิลิตร
3. ผสมด้วยเครื่อง Homogenizer เป็นเวลา 2 นาทีในหลอด centrifuge
4. centrifuge ที่ความเร็ว 4000 x g เป็นเวลา 20 นาที
5. กรองส่วนใสใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
6. นำส่วนเนื้อที่เหลือเติมกรดไตรคลอโรอะซิติกความเข้มข้น 7% ปริมาตร 30 มิลลิลิตร
7. สกัดซ้ำอีก 2 รอบ
8. ปรับปริมาตรจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
9. วัด OD ที่ 420 nm

ข.6 การวัดความเป็นกรดด่าง (pH) ตามวิธีของ James และ Olley (1971)

นำตัวอย่างหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือมาปั่นพร้อมกันให้ละเอียด วัดค่า pH ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH meter)

ข.7 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในรูป P_2O_5 ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

อุปกรณ์

1. เตาเผา (FT 01/38, Muffle Furnace, USA)
2. เครื่อง Spectrophotometer (Jasco UV/VIS Spectrophotometer รุ่น V-530, USA)

สารเคมี

1. กรดไนตริกเข้มข้น
2. 1:3 HCl
3. Ammoniumheptamolybdatetetrahydrate ความเข้มข้น 2%
4. Hydrazine sulphate ความเข้มข้น 0.2%
5. Stock standard เตรียมโดยละลาย $KHPO_3$ 0.1098 ปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. การทำ calibration curve โดยนำสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 0, 1, 5, 10 และ 15 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายAmmoniumheptamolybdatetetrahydrate ความเข้มข้น 2 % และ Hydrazine sulphate ความเข้มข้น 0.2% แต่ละขวด 5 มิลลิลิตร ต้มใน water bath อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น วัดค่าการดูดค่าการดูดกลืนแสงที่ 830 nm แล้วนำไปสร้างกราฟมาตรฐานของฟอสเฟต
2. วิเคราะห์สารละลายตัวอย่างโดยนำเถ้าที่ได้จากการเผาตัวอย่าง 1 กรัมที่อุณหภูมิ 550 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมงมาละลายด้วย HCl(1+3) ปริมาตร 40 มิลลิลิตรและกรดไนตริกเข้มข้น 2-3 หยด ต้มให้เดือดบน hot plate ปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น ปิเปตตัวอย่าง 5 มิลลิลิตรปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Ammonium-heptamolybdatetetrahydrate ความเข้มข้น 2% และ Hydrazine sulphate ความเข้มข้น 0.2% แต่ละขวด 5 มิลลิลิตร ต้มใน water bath อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา10 นาที ทำให้เย็นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 830 nm หาปริมาณปริมาณฟอสเฟตในรูป P_2O_5 ได้จากสูตร

หาปริมาณฟอสฟอรัสจาก standard curve

$$\text{ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่าง(mg/100g)} = (A \times 5) / W$$

A = มิลลิกรัมของฟอสฟอรัสในสารละลาย 100 มิลลิลิตร จากกราฟ

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

$$\text{ปริมาณสารประกอบฟอสเฟต (g / 100 g } P_2O_5) = \frac{\text{conc. ที่วัดได้} \times 50 \times 141.9446}{\text{นน.ตัวอย่าง} \times 10{,}000 \times 61.9476}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.8 การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

อุปกรณ์

1. ชุดการกลั่น

สารเคมี

1. 0.01 N sodium hydroxide
2. Hydrogen peroxide ความเข้มข้น 0.3%
3. Phosphoric acid ความเข้มข้น 88%
4. Indicator solution ; Phenolphthalein
5. Methanol

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างในขวดกลั่นแล้วเติม Methanol ปริมาตร 50 มิลลิลิตร
2. เติม Hydrogen peroxide ความเข้มข้น 0.3% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 60 มิลลิลิตร แล้วหยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยดลงในหลอดดักก๊าซ จากนั้นเติม 0.01 N Sodium hydroxide 1-2 หยดจะปรากฏสีเขียวอ่อน
3. เติม Phosphoric acid ความเข้มข้น 88% ผ่านกรวยลงในขวดกลั่น
4. ให้ความร้อนต่อของผสมในขวดกลั่นจนเดือดอย่างเร็วเป็นเวลาประมาณ 30 นาที
5. นำ Hydrogen peroxide ที่จับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไว้แล้วมาไตเตรทด้วย 0.01 N Sodium hydroxide จนกระทั่งสีแดงเปลี่ยนเป็นสีเขียว

$$\text{ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (mg/kg)} = \frac{A \times N \times 32 \times 100}{Q}$$

A = ปริมาตร 0.01 N Sodium hydroxide ที่ใช้

N = Molarlity ของ Sodium hydroxide

Q = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

วิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา ตามวิธีของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 335-2523 (2523)

อาหารที่มีกรดต่ำให้นำตัวอย่างส่วนหนึ่งมาอบที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 – 30 วัน และอีกส่วนหนึ่งอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 – 10 วัน ถ้าผลิตภัณฑ์ไม่เกิดลักษณะบวมหรือผิดปกติหลังการอบบ่มเชื้อจึงนำไปวิเคราะห์จุลินทรีย์ต่อไป

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. ตู้บ่มเชื้อ (Memmert) สำหรับอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส
2. เครื่อง autoclave (SS-320, Tomy)
3. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (AB204, Mettler – Toledo, Switzerland)

<u>สารเคมี</u>

1. โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride)
2. เพลตเคานต์เอการ์ (plate count agar)
3. คุกมีต (cooked meat)
4. เดกซโตรสทริปโตนบรอมครีซอลเพอร์เพิล (dextrose tryptone bromcresol purple)
5. แอลกอฮอล์ 95%

<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

นำหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือตีปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีปั่นชั่งตัวอย่างประมาณ 10 กรัม ใส่ในขวดที่มีสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.85% เพื่อเจือจาง 90 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน จะได้ความเข้มข้น 1 ต่อ 10 หรือเจือจางต่อไปจนกว่าจะอ่านจำนวนจุลินทรีย์ได้ 30 – 300 โคโลนี

ค.1 การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count)

<u>อาหารเลี้ยงเชื้อ</u>

เพลตเคานต์เอการ์ (plate count agar)

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลายตัวอย่างอาหารเจือจาง 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.85% ปริมาตร 90 มิลลิลิตร จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม 3 ระดับ
2. ปิเปตตัวอย่างอาหารเจือจางความเข้มข้นต่างๆ 1 มิลลิลิตร ใส่ลงจานอาหารเลี้ยงเชื้อความเข้มข้นละ 2 จาน
3. เทอาหารเลี้ยงเชื้อเพลตเคานต์อะการ์ลงในจานเพาะเชื้อจานละประมาณ 10 – 15 มิลลิลิตร วนจานให้ผสมเข้ากัน ตั้งไว้ให้อาหารแข็ง กลับจานเพาะเชื้อ
4. อบเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
5. นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อที่มีจำนวน 30 – 300 โคโลนี หาค่าเฉลี่ย แล้วคำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง

ค.2 การวิเคราะห์ปริมาณแฟลตซาวร์ (flat sour) ชนิดเทอร์โมฟิลิก (thermophilic) และชนิดมีโซฟิลิก (mesophilic)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

เดกซโตรสทริปโตนบรอมครีซอลเพอร์เพิล (dextrose tryptone bromcresol purple)

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวอย่างอาหารเจือจาง 2 มิลลิลิตร เพาะลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเดกซโตรส-ทริปโตนบรอมครีซอลเพอร์เพิลจำนวน 4 หลอด และในอาหารเลี้ยงเชื้อเดกซโตรสทริปโตนบรอมครีซอลเพอร์เพิลอะการ์ 4 จาน
2. อบเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 – 37 และ 55 องศาเซลเซียส อย่างละ 2 หลอด และ2จาน เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
3. ถ้ามีเชื้อพวก flat sour (เช่น *Bacillus stearothermophilus*) จะทำให้เกิดกรดขึ้น ซึ่งจะเปลี่ยนสีของอาหารเลี้ยงเชื้อจากสีม่วงเป็นสีเหลือง

ค.3 การวิเคราะห์เทอร์โมฟิลิกแอนแอโรบส์ (Thermophilic anaerobes) ได้แก่

C. thermosaccharolyticum

อาหารเลี้ยงเชื้อ

คุกมีต (cooked meat)

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวอย่างอาหารเจือจาง 2 มิลลิลิตร เพาะลงในอาหารเลี้ยงเชื้อคุกมีตมีเดียม ซึ่งได้ต้มไล่อากาศออกและทำให้เย็นแล้วจำนวน 4 หลอด
2. แบ่งหลอดอาหารไปต้มที่ 80 องศาเซลเซียส 20 นาที 2 หลอด ทำให้เย็นแล้วเท พาราฟินหรืออะการ์ที่ปราศจากเชื้อทับผิวหน้าอาหารในหลอดทั้ง 4
3. อบเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 – 72 ชั่วโมง
4. ถ้ามีก๊าซเกิดขึ้นนำไปย้อมสีด้วยวิธีกรัมสเตน ถ้ามีเชื้อซึ่งเป็นกรัมบวก (Gram positive) มีรูปร่างเป็นแท่ง มีสปอร์อยู่ปลายหรือค่อนไปทางปลายแสดงว่าเป็นเชื้อพวก Thermophilic anaerobes

ค.4 การวิเคราะห์พิวทริแฟกตีฟแอนแอโรบส์ (Putrefactive anaerobes) **ได้แก่** ***C. botulinum*, *C. sporogenes* และ *C. perfringens***

อาหารเลี้ยงเชื้อ

คุกมีต (cooked meat)

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวอย่างอาหารเจือจาง 2 มิลลิลิตร เพาะลงในอาหารเลี้ยงเชื้อคุกมีตมีเดียม ซึ่งได้ต้มไล่อากาศออกและทำให้เย็นแล้วจำนวน 4 หลอด
2. แบ่งหลอดอาหารไปต้มที่ 80 องศาเซลเซียส 20 นาที 2 หลอด ทำให้เย็นแล้วเท พาราฟินหรืออะการ์ที่ปราศจากเชื้อทับผิวหน้าอาหารในหลอดทั้ง 4
3. อบเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72-96 ชั่วโมง
4. ถ้ามีเชื้อจะมีก๊าซเกิดขึ้นในหลอดและมีกลิ่นเหม็นเน่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ง.1 แบบทดสอบผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

แบบทดสอบด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

ผู้ทดสอบ ..... วันที่ .....

รหัสตัวอย่าง .....

.....

กรุณาประเมินตัวอย่างในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้โดยให้ใส่เครื่องหมาย √ ในระดับที่อธิบายความรู้สึกของท่านได้ดีที่สุด

1. สี

☐	☐	☐	☐	☐
สีน้ำตาลเข้ม	สีน้ำตาล	สีเหลือง	สีเหลืองอ่อน	สีขาว

2. กลิ่น (หมายถึง กลิ่นสารเคมีหรือกลิ่นแปลกปลอมที่สามรถรับรู้ได้)

☐	☐	☐	☐	☐
กลิ่นผิดปกติมาก	กลิ่นผิดปกติค่อนข้างมาก	กลิ่นผิดปกติปานกลาง	กลิ่นผิดปกติเล็กน้อย	ไม่พบกลิ่นผิดปกติ

3. รสชาติ (หมายถึง รสเปรี้ยว รสของสารเคมีแปลกปลอมที่สามารถรับรู้ได้)

☐	☐	☐	☐	☐
รสเปรี้ยวมาก	รสเปรี้ยวค่อนข้างมาก	รสเปรี้ยวปานกลาง	รสเปรี้ยวเล็กน้อย	ไม่มีรสเปรี้ยว

4. เนื้อสัมผัส

4.1 ความยืดหยุ่น (หมายถึง การคืนตัวกลับมาของตัวอย่าง หลังการใช้ฟันบดโดยที่อาหารยังไม่แตก)

☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ยืดหยุ่น	ยืดหยุ่นน้อยมาก	ยืดหยุ่นเล็กน้อย	ยืดหยุ่นปานกลาง	ยืดหยุ่นมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ความเหนียว (หมายถึง แรงที่ใช้ตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกัน)

□	□	□	□	□
เปื่อยยุ่ย	เปื่อยมาก	ค่อนข้างเปื่อย	เหนียวเล็กน้อย	เหนียวปานกลาง

4.3 ความชุ่มน้ำ

□	□	□	□	□
แห้งมาก	แห้งเล็กน้อย	ชุ่มน้ำเล็กน้อย	ชุ่มน้ำปานกลาง	ชุ่มน้ำมาก

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

หมายเหตุ

ความเข้มสีของเนื้อหอยเป๋าฮื้อแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ

1 สีน้ำตาลเข้ม 2 สีน้ำตาล 3 สีครีม

4 สีครีมอ่อน 5 สีขาว

กลิ่นของเนื้อหอยเป๋าฮื้อแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ

1 กลิ่นผิดปกติมาก 2 กลิ่นผิดปกติค่อนข้างมาก 3 กลิ่นผิดปกติปานกลาง

4 กลิ่นผิดปกติเล็กน้อย 5 ไม่พบกลิ่นผิดปกติ

รสของเนื้อหอยเป๋าฮื้อแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ

1 รสเปรี้ยวมาก 2 รสเปรี้ยวค่อนข้างมาก 3 รสเปรี้ยวปานกลาง

4 รสเปรี้ยวเล็กน้อย 5 ไม่มีรสเปรี้ยว

ความยืดหยุ่นแบ่งคะแนนเป็น 5 ระดับ คือ

1 ไม่ยืดหยุ่น 2 ยืดหยุ่นน้อยมาก 3 ยืดหยุ่นเล็กน้อย

4 ยืดหยุ่นปานกลาง 5 ยืดหยุ่นมาก

ความเหนียวแบ่งคะแนนเป็น 5 ระดับ คือ

1 เปื่อยยุ่ย 2 เปื่อยมาก 3 ค่อนข้างเปื่อย

4 เหนียวเล็กน้อย 5 เหนียวปานกลาง

ความชุ่มน้ำแบ่งคะแนนเป็น 5 ระดับ คือ

1 แห้งมาก 2 แห้งเล็กน้อย 3 ชุ่มน้ำเล็กน้อย

4 ชุ่มน้ำปานกลาง 5 ชุ่มน้ำมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบต่อผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

ชื่อผู้ทดสอบ.....

วันที่ทดสอบ.....

ตัวอย่าง.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อกระป๋อง โดยให้ระบุระดับความพอใจต่อผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะต่างๆดังต่อไปนี้

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

คุณลักษณะที่ประเมิน	ระบุระดับความพอใจของตัวอย่าง			
	.....	.....	.....	.....
1. สี				
2. กลิ่น				
3. รสชาติ				
4. เนื้อสัมผัส				
5. ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ง.3 แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ใช้ในการศึกษาอายุการเก็บเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

ผู้ทดสอบ ..... วันที่.....

รหัสตัวอย่าง .....

.....

ท่านจะได้รับตัวอย่าง 4 ตัวอย่าง กรุณาประเมินตัวอย่าง**การยอมรับ**ในด้านต่างๆโดยทำเครื่องหมาย | พร้อมใส่รหัสตัวอย่างกำกับไว้เหนือเส้น ในระดับที่อธิบายความรู้สึกของท่านได้ดีที่สุด

1. **สี**

ไม่ยอมรับ ยอมรับ

2. **ลักษณะปรากฏ**

ไม่ยอมรับ ยอมรับ

3. **เนื้อสัมผัส**

ไม่ยอมรับ ยอมรับ

4. **การยอมรับโดยรวม**

ไม่ยอมรับ ยอมรับ

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

การหาเวลาในการฆ่าเชื้อ

การหาจุดร้อนช้าที่สุด (cold point) ภายในหม้อฆ่าเชื้อ

วิธีการทดลอง

วางผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่เสียบเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบบริเวณกึ่งกลางกระป๋องและเสียบกับชิ้นเนื้อหอยเป๋าฮื้อ โดยวางไว้ตำแหน่งต่างๆ ภายในเครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งแนวตั้ง (Lee metal, USA) จำนวน 6 ตำแหน่ง และพื้นที่ส่วนที่เหลือบรรจุกระป๋องตัวอย่างที่เตรียมจากมันฝรั่งในน้ำเกลือให้เต็มเครื่องฆ่าเชื้อ ดังรูป จ.1 และบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อและภายในกระป๋องแต่ละตำแหน่งทุก 1 นาที เมื่อฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 121 $^{\circ}$C กำหนด F_o เท่ากับ 4 นาที (แสดงดังตารางที่ จ.1) โดยไอน้ำเข้าสู่เครื่องฆ่าเชื้อทางด้านล่าง และแต่ละชั้นบรรจุได้ 14 กระป๋อง

ฝาเครื่องฆ่าเชื้อ

10			T7	
9		T6		
8				
7				
6			T5	
5				
4		T4		
3			T3	
2		T2		
1				

รูปที่ จ.1 ตำแหน่งการวางเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบ

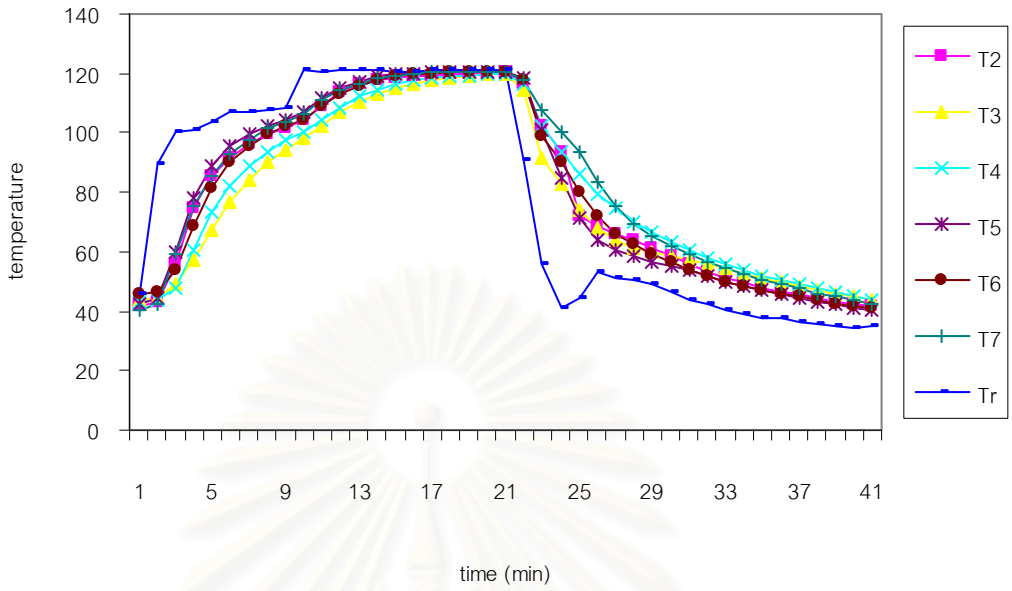
จากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อ (ตารางที่ จ.1) พบว่าเมื่อสิ้นสุดการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่วางตำแหน่ง T3 ร้อนช้าที่สุด ดังนั้นจึงเลือก T3 เป็นกระป๋องที่ติดตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารที่จุดร้อนช้าที่สุดระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อต่อไป

ตารางที่ จ.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารภายในกระป๋องที่วางไว้ในตำแหน่งต่างๆ ภายในหม้อฆ่าเชื้อ

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)						
	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T_r
0	42.04	43.61	42.94	42.42	45.70	40.67	45.80
1	43.35	44.50	43.53	44.62	46.55	42.38	89.77
2	55.84	49.04	47.77	59.59	54.02	59.43	100.29
3	74.47	57.30	60.26	78.18	68.80	75.70	101.23
4	85.23	67.49	73.20	89.03	81.72	85.78	103.49
5	91.38	76.54	82.42	95.25	90.14	92.87	106.99
6	96.06	84.07	88.99	99.95	95.87	97.89	107.16
7	99.35	89.97	93.78	102.64	99.95	101.34	107.41
8	101.36	94.41	97.42	104.19	102.36	103.34	108.13
9	104.21	98.39	100.23	106.78	104.55	106.25	121.00
10	109.31	102.55	104.15	112.05	108.74	111.15	120.54
11	113.66	106.84	108.62	115.21	113.14	114.46	121.29
12	116.15	110.43	112.26	117.19	116.06	116.76	121.20
13	117.55	113.25	114.75	119.01	117.82	118.42	121.45
14	118.38	115.25	116.44	119.67	118.88	119.23	120.77
15	118.98	116.76	117.57	119.96	119.48	119.88	120.64
16	119.42	117.84	118.34	120.23	119.88	120.46	121.29
17	119.73	118.61	118.92	120.42	120.17	120.52	121.00
18	119.90	119.15	119.28	120.52	120.27	120.64	120.96
19	120.08	119.57	119.65	120.62	120.42	120.77	121.20
20	120.21	119.88	119.86	120.62	120.52	120.79	121.04
21	116.40	114.65	116.40	118.63	118.07	118.05	90.97
22	102.30	91.49	102.30	101.21	98.77	107.6	56.12

ตารางที่ จ.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารภายในกระป๋องที่วางไว้ในตำแหน่งต่างๆ ภายในหม้อฆ่าเชื้อ(ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)						
	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Tr
23	93.83	82.49	93.83	84.91	90.14	100.21	41.12
24	72.32	73.76	86.22	71.18	80.09	93.67	44.69
25	68.75	67.71	79.69	64.04	71.70	83.68	53.44
26	66.13	63.91	74.63	60.58	66.15	75.38	51.23
27	63.61	61.51	70.30	58.44	62.31	69.38	50.39
28	60.92	59.80	66.65	56.83	59.18	65.16	48.85
29	58.24	58.44	63.47	55.27	56.47	61.90	46.39
30	55.68	57.09	60.67	53.51	54.06	59.18	44.08
31	53.30	55.70	58.17	51.74	51.93	56.74	42.30
32	51.28	54.29	55.75	50.04	49.99	54.53	40.71
33	49.48	52.76	53.69	48.47	48.36	52.46	38.71
34	48.10	51.23	51.93	47.07	47.07	50.65	38.02
35	46.76	49.78	50.30	45.75	45.92	49.06	37.66
36	45.59	48.40	48.87	44.53	44.79	47.51	36.61
37	44.43	47.16	47.54	43.35	43.72	46.10	35.89
38	43.39	45.99	46.22	42.28	42.73	44.83	35.02
39	42.47	44.88	45.00	41.26	41.78	43.70	34.52
40	41.66	43.89	43.91	40.36	40.81	42.66	35.12



รูปที่ จ.2 Heat penetration curve ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบและอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (T_r)

วิธีคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อ

Heat Penetration Parameters

F_o sterilizing value (นาที)

F_i เวลาในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ Ti ทีมีค่าการฆ่าเชื้อเทียบเท่ากับการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิอ้างอิงมาตรฐาน (121.1°C หรือ 250°F)

f_h Heating rate index มีค่าเท่ากับเวลา (นาที) ที่ทำให้ค่า (T_r-T) ลดลง 1 log cycle

g_c T_r-T_{ic} (°C หรือ °F) เท่ากับค่า g ที่เสร็จสิ้นการให้ความร้อนและเริ่มทำให้เย็น

j_{ch} Heating lag factor มีค่าเท่ากับ (T_r-T_{pih})/(T_r-T_{ih})

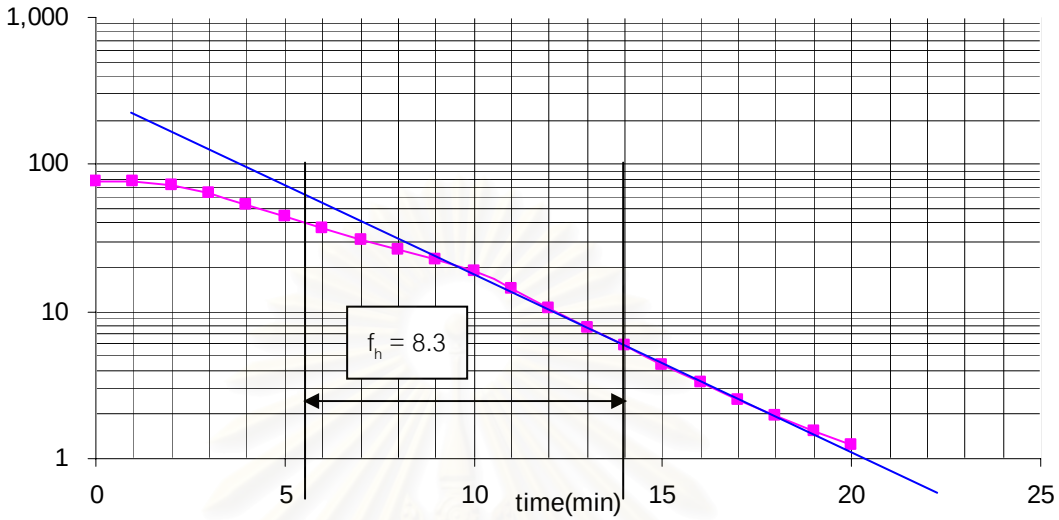
T_{ih} อุณหภูมิของอาหารเมื่อเริ่มต้นให้ความร้อน (°C หรือ°F)

T_{pih} Pseudo-initial temperature ในช่วงที่เริ่มให้ความร้อน (°C หรือ°F)

T_r อุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อ (°C หรือ°F)

t_B Thermal process time มีค่าเท่ากับเวลานับตั้งแต่อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อถึง121 °C จนปิดไอน้ำ

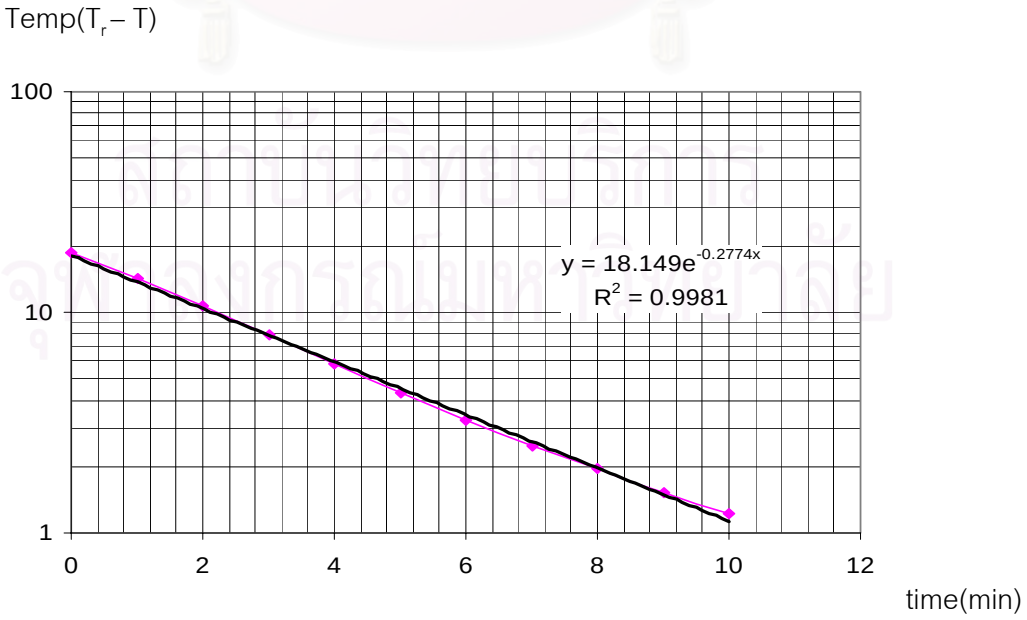
CUT เวลา (นาที) ที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อจากจุดที่เปิดไอน้ำจนกระทั่งหม้อฆ่าเชื้อ มีอุณหภูมิตามที่กำหนด



รูปที่ จ.3 Heat penetration curve ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋องตั้งแต่เริ่มเปิดไอน้ำจนปิดไอน้ำ

จากการทดลองฆ่าเชื้อหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 121 ^{0}C เมื่อกำหนด F_o เท่ากับ 4 นาที เครื่องจะบันทึกอุณหภูมิทุก 1 นาที ตั้งแต่เริ่มต้นฆ่าเชื้อจนสิ้นสุดกระบวนการ พบว่า come-up time (CUT) = 10 นาที

คำนวณเวลาในการให้ความร้อนเมื่ออุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อถึง 121 ^{0}C หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง



รูปที่ จ.4 Heat penetration curve ของเนื้อหอยเป๋าฮื้อบรรจุกระป๋องช่วงเวลาการให้ความร้อน

จากสมการ $T_r - T = 18.149\, e^{-0.2774\, t}$

$$j_{ch} = \frac{T_r - T_{pih}}{T_r - T_{ih}}$$

$$j_{ch} = \frac{18.149}{18.45} = 0.98$$

อุณหภูมิที่ฆ่าเชื้อจริง 121°C

$$F_i = 10^{(121.1 - Tr) / Z}$$

$$= 10^{(121.1 - 121) / 10}$$

$$= 1.023$$

หาค่า g_c เมื่อ $T_r = 121\ ^0C = 249.8\ ^0F$ ต้องการ $F_0 = 4$ นาที

$$U = F_0 \times F_i$$

$$= 4 \times 1.0233$$

$$= 4.0932$$

จากสมการแนวโน้มของกราฟการแทรกผ่านความร้อน

$$T_r - T = 18.149\, e^{-0.2774\, t}$$

$$2.303\, [\log (T_r - T) - \log 18.149\,] = -0.2774\, t$$

$$\log (T_r - T) = \frac{-0.2774\, t + \log 18.149}{2.303}$$

ได้ค่า f_h จากส่วนกลับความชันสมการเส้นตรง

$$f_h = 2.303 / 0.2774 = 8.3021$$

$$f_h / U = 8.3021 / 4.0932$$

$$= 2.0283$$

จากค่า f_h / U เปิดตารางหาค่า g

$$g_c = 2.2516\ ^0F$$

$$g_c = (2.2516 / 1.8)$$

$$= 1.2509\ ^0C$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อตั้งแต่อุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อถึง 121 ^{0}C จนปิดไอน้ำ

t_B = $f_h \log (j_{ch} I_h / g_c)$

= 11.50 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อ

ตารางที่ ฉ.1 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 °C

	ค่าสีที่เวลา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
ค่า L^{ns}	71.18±0.32	70.77±0.17	71.19±0.78	70.97±1.05	70.11±0.15	70.18±0.66	70.31±0.43
ค่า a^{ns}	-1.12±0.23	-0.99±0.11	-0.19±0.13	-1.06±0.12	-0.36±0.11	0.16±1.30	0.19±0.13
ค่า b	15.06^{b}±0.52	15.98^{ab}±2.43	16.06^{ab}±0.27	17.35^{ab}±1.58	17.29^{ab}±0.08	18.44^{ab}±0.17	18.47^{a}±0.35
ΔE	0	0.52	0.93	2.65	3.35	7.03	7.05

a, bตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 45 °C

	ค่าสีที่เวลา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
ค่า L	71.18^{a}±0.32	70.76^{a}±0.16	70.98^{a}±0.18	70.87^{b}±0.02	70.00^{b}±0.04	69.15^{c}±0.55	68.66^{c}±0.32
ค่า a^{ns}	-1.19±0.23	-0.79±0.03	-0.45±2.06	-0.97±1.32	-0.08±0.03	-0.59±0.46	-0.19±0.13
ค่า b	15.06^{b}±0.52	15.22^{b}±1.25	15.08^{b}±0.79	17.39^{ab}±2.47	18.83^{a}±0.44	18.87^{a}±0.15	18.80^{a}±0.17
ΔE	0	0.18	0.30	2.79	8.41	9.50	10.67

a, b, c ตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะ-เมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 °C

	ค่าสีที่เวลา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
ค่า L	73.58^{a}±0.18	73.36^{a}±0.15	73.62^{a}±0.21	73.74^{a}±0.13	73.39^{a}±0.14	72.86^{b}±0.17	72.33^{c}±0.26
ค่า a	-0.52^{b}±0.73	0.06^{b}±1.03	-0.16^{b}±0.72	-0.09^{b}±0.11	2.09^{a}±0.11	1.84^{a}±0.24	0.17^{b}±0.57
ค่า b	15.22^{c}±0.15	15.50^{c}±0.13	16.30^{bc}±0.98	17.01^{b}±0.23	17.53^{ab}±0.11	18.32^{a}±0.88	18.66^{a}±0.27
ΔE	0	0.23	0.65	1.71	6.10	5.82	8.96

a, b, c ตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ.4 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะ-เมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 45 °C

	ค่าสีที่เวลา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
ค่า L	73.58^{a}±0.18	73.36^{a}±0.15	73.62^{a}±0.21	73.74^{a}±0.13	73.39^{a}±0.14	72.86^{b}±0.17	72.33^{c}±0.26
ค่า a	-0.52^{b}±0.73	0.06^{b}±1.03	-0.16^{b}±0.72	-0.09^{b}±0.11	2.09^{a}±0.11	1.84^{a}±0.24	0.17^{b}±0.57
ค่า b	15.22^{c}±0.15	15.50^{c}±0.13	16.30^{bc}±0.98	17.01^{b}±0.23	17.53^{ab}±0.11	18.32^{a}±0.88	18.66^{a}±0.27
ΔE	0	0.23	0.65	1.71	6.10	5.82	8.96

a, b, c ตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ ช.1 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตา-ฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 °C

สมบัติ	คะแนนการยอมรับที่เวลา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
สี	7.65 ^{a} ±0.38	7.59 ^{a} ±0.32	7.43 ^{a} ±0.39	7.37 ^{a} ±0.44	7.30 ^{a} ±0.43	7.00 ^{b} ±0.35	6.87 ^{b} ±0.52
ลักษณะปรากฏ	7.69 ^{a} ±0.27	7.59 ^{a} ±0.46	7.38 ^{a} ±0.54	7.36 ^{a} ±0.40	6.95 ^{b} ±0.50	6.73 ^{b} ±0.42	6.64 ^{b} ±0.23
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.52 ^{a} ±0.43	7.46 ^{a} ±0.40	7.33 ^{b} ±0.36	7.21 ^{b} ±0.53	6.60 ^{c} ±0.43	6.51 ^{cd} ±0.43	6.23 ^{d} ±0.52
การยอมรับรวม	7.74 ^{a} ±0.51	7.58 ^{ab} ±0.50	7.52 ^{ab} ±0.32	7.38 ^{b} ±0.78	7.15 ^{c} ±0.65	6.80 ^{d} ±0.77	6.75 ^{d} ±0.34

a, b, c,... ตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช.2 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตา-ฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 45 °C

สมบัติ	คะแนนการยอมรับที่เวลา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
สี	7.65 ^{a} ±0.38	7.58 ^{a} ±0.61	7.62 ^{a} ±0.33	7.33 ^{ab} ±0.63	7.08 ^{b} ±0.46	6.73 ^{c} ±0.43	5.93 ^{d} ±0.34
ลักษณะปรากฏ	7.69 ^{a} ±0.27	7.58 ^{b} ±0.45	7.18 ^{bc} ±0.63	7.01 ^{c} ±0.51	6.68 ^{c} ±0.42	6.77 ^{c} ±0.21	6.23 ^{d} ±0.28
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.52 ^{a} ±0.43	7.30 ^{b} ±0.56	7.18 ^{b} ±0.78	6.61 ^{c} ±0.67	6.48 ^{c} ±0.98	5.70 ^{d} ±0.98	5.79 ^{d} ±0.78
การยอมรับรวม	7.74 ^{a} ±0.51	7.63 ^{ab} ±0.45	7.56 ^{b} ±0.56	7.00 ^{c} ±0.43	6.98 ^{c} ±0.55	5.90 ^{d} ±0.87	5.84 ^{d} ±0.84

a, b, c,... ตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ช.3 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตา-ฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 35 °C

สมบัติ	คะแนนการยอมรับที่เวลา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
สี	7.88 ^{a} ±0.50	7.83 ^{a} ±0.23	7.77 ^{b} ±0.50	7.71 ^{b} ±0.53	7.62 ^{b} ±0.44	7.53 ^{b} ±0.50	6.97 ^{c} ±0.34
ลักษณะปรากฏ	7.81 ^{a} ±0.43	7.74 ^{ab} ±0.22	7.49 ^{bc} ±0.54	7.42 ^{c} ±0.38	7.33 ^{c} ±0.42	6.78 ^{d} ±0.50	6.73 ^{d} ±0.31
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.73 ^{a} ±0.43	7.58 ^{ab} ±0.30	7.39 ^{b} ±0.42	7.27 ^{b} ±0.57	6.90 ^{c} ±0.43	6.60 ^{cd} ±0.43	6.51 ^{d} ±0.43
การยอมรับรวม	7.85 ^{a} ±0.77	7.73 ^{ab} ±0.24	7.49 ^{ab} ±040.	7.47 ^{bc} ±0.42	7.29 ^{c} ±0.40	6.84 ^{d} ±0.40	6.81 ^{d} ±0.39

a, b, c,... ตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ช.4 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมเฮกซะเมตา-ฟอสเฟตความเข้มข้น 0.1% และ 5% ตามลำดับเป็นเวลา 10 นาที และเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2% ในกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่ง 45 °C

สมบัติ	คะแนนการยอมรับที่เวลา (วัน)						
	0	3	6	9	12	15	18
สี	7.88 ^{a} ±0.50	7.67 ^{ab} ±0.34	7.66 ^{ab} ±0.44	7.34 ^{b} ±0.45	6.97 ^{c} ±0.44	6.94 ^{c} ±0.36	6.85 ^{c} ±0.52
ลักษณะปรากฏ	7.81 ^{a} ±0.43	7.67 ^{ab} ±0.27	7.55 ^{ab} ±0.37	7.36 ^{b} ±0.36	6.73 ^{c} ±0.50	6.80 ^{c} ±0.32	6.67 ^{c} ±0.56
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.73 ^{a} ±0.43	7.50 ^{ab} ±0.30	7.33 ^{b} ±0.36	7.21 ^{b} ±0.53	6.60 ^{c} ±0.43	6.51 ^{cd} ±0.43	6.23 ^{d} ±0.52
การยอมรับรวม	7.85 ^{a} ±0.37	7.62 ^{ab} ±0.27	7.55 ^{b} ±0.38	7.37 ^{b} ±0.38	6.85 ^{c} ±0.38	6.76 ^{c} ±0.36	6.47 ^{d} ±0.30

a, b, c,... ตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกลางกมล จันทราสุทธิ์ เกิดวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดตรัง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษา 2545 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย