รายงานโครงการวิจัย

เรื่อง

ผลของการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็ง

Effect of Postharvesting Techniques on the Quality of Frozen Shrimp (*Penaeus monodon*)

สมอ
เลขที่ SH336.5.S56 ท46
เลขทะเบียน.....
...../...../.....
2538 ฉ.1

โดย

กุ้งแช่เย็น - การเก็บและรักษา - วิจัย
กุ้งกุลาดำ - การเก็บและรักษา - วิจัย
Order Key 6275
BIB Key 87498

คณะผู้ดำเนินการวิจัย

ผศ. ดร. อรัญ หันพงศ์กิตติกูล

ผศ. ประภาศรี สิงห์รัตน์

นายสุเมธ ชัยวัชรากูล

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

กรกฎาคม 2538

(ได้รับงบประมาณอุดหนุนทุนการวิจัยปี พ.ศ. 2533)

โครงการวิจัยเรื่อง **ผลของการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็ง**

อรัญ หันพงศ์กิตติกูล ประภาศรี สิงห์รัตน์ และสุเมธ ชัยวัชรากูล

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ เริ่มตั้งแต่การเก็บเกี่ยวกุ้งกุลาดำ จนกระทั่งแปรรูปและเก็บรักษากุ้งแช่เยือกแข็งที่ -18 องศาเซลเซียส โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ประกอบกัน

การศึกษาคุณสมบัติของน้ำและคุณภาพของกุ้งในบ่อเลี้ยง พบว่าน้ำในบ่อเลี้ยงมีความเค็ม 37-42 พีพีที ตัวอย่างน้ำก่อนการเก็บเกี่ยวกุ้งหนึ่งวัน มีพีเอช 8.10-8.44 และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.00-6.30x10^3 โคโลนี/มล. และก่อนสิ้นสุดการเก็บเกี่ยวกุ้ง 0.5-1.0 ชั่วโมง น้ำในบ่อเลี้ยงมีพีเอช 7.90-8.35 และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.10-7.50x10^3 โคโลนี/มล. ขณะที่ก่อนการเก็บเกี่ยว กุ้งมีพีเอช 6.50-6.70 และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.00-7.50x10^4 โคโลนี/กรัม และก่อนการสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว กุ้งมีพีเอช 6.52-6.69 และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.40-9.10x10^4 โคโลนี/กรัม การศึกษานี้ทั้งในน้ำและกุ้งที่ใช้ทดลองไม่พบแบคทีเรียกลุ่ม coliforms, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus* และ *Salmonella* spp.

การศึกษาคุณภาพของกุ้งกุลาดำน้ำเค็มและกุ้งกุลาดำน้ำกร่อย พบว่ากุ้งกุลาดำน้ำเค็มมีคุณภาพดีกว่ากุ้งกุลาดำน้ำกร่อย ตลอดระยะเวลาของการเก็บในน้ำแข็งเป็นเวลา 4 วัน โดยกุ้งกุลาดำน้ำเค็มมีพีเอชเพิ่มขึ้นจาก 6.60-6.70 เป็น 7.30-7.40 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 11.80-12.10 มก/100 กรัม เป็น 18.50-19.00 มก/100 กรัม และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มจาก 8.30-9.50x10^3 โคโลนี/กรัม เป็น 7.10-8.60x10^4 โคโลนี/กรัม ในขณะที่กุ้งกุลาดำน้ำกร่อยมีพีเอชเพิ่มขึ้นจาก 6.80-6.90 เป็น 7.30-7.50

ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มจาก 13.70-14.20 มก/100 กรัม เป็น 23.20-24.00 มก/100 กรัม และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มจาก 1.50-2.30x10^4 โคโลนี/กรัม เป็น 8.90-9.80x10^5 โคโลนี/กรัม นอกจากนี้กุ้งกุลาดำน้ำเค็มยังมีระดับคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงกว่ากุ้งกุลาดำน้ำกร่อย

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของกุ้งกุลาดำน้ำเค็มที่มีการเก็บเกี่ยวอย่างถูกวิธีจากบ่อเลี้ยงของเกษตรกรโดยตรง และการรับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง โดยนำมาเก็บไว้ในน้ำแข็ง พบว่า กุ้งจากเกษตรกรมีคุณภาพดีกว่ากุ้งจากพ่อค้าคนกลาง กุ้งจากเกษตรกรมีอายุการเก็บในน้ำแข็งได้นาน 8 วัน โดยมีพีเอชเป็น 7.33 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเป็น 25.55 มก/100 กรัม และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็น 2.50x10^5 โคโลนี/กรัม และมีระดับคะแนนลักษณะปรากฏรวมเป็น 5.08 ในขณะที่กุ้งจากพ่อค้าคนกลางมีอายุการเก็บได้น้อยกว่า 6 วัน โดยในวันที่ 4 นั้น กุ้งจากพ่อค้าคนกลาง มีพีเอชเป็น 7.42 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเป็น 19.80 มก/100 กรัม ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็น 2.70x10^5 โคโลนี/กรัม และมีระดับคะแนนลักษณะปรากฏรวมเป็น 5.66

การศึกษาการจุ่มกุ้งในสารเคมีก่อนเก็บไว้ในน้ำแข็ง พบว่าการจุ่มในโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟท นั้นคุณภาพของกุ้งไม่แตกต่างจากกุ้งชุดควบคุม สำหรับกุ้งชุดจุ่มในโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ มีอายุการเก็บและได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีกว่ากุ้งชุดควบคุมและกุ้งที่จุ่มโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟท

การศึกษาผลของขั้นตอนการปฏิบัติต่อคุณภาพของกุ้งกุลาดำ พบว่ากุ้งที่จับจากบ่อก่อนการเก็บเกี่ยวมีคุณภาพดีที่สุดทุกลักษณะที่ศึกษาโดย มีพีเอชเป็น 6.50-6.60 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเป็น 6.30-6.70 มก/100 กรัม ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็น 2.43-3.57x10 โคโลนี/กรัม และมีระดับคะแนนคุณลักษณะปรากฏรวมเป็น 7.88 และ

เมื่อผ่านการแปรรูปเป็นกุ้งแช่เยือกแข็งมีพีเอชเป็น 6.80-7.10 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเป็น 8.10-8.70 มก/100 กรัม ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.13-7.56x10^4 โคโลนี/กรัม และมีระดับคะแนนลักษณะปรากฏรวมเป็น 7.35

เมื่อเก็บรักษากุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าของพีเอช และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพียงเล็กน้อย แต่ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มจาก 8.00-8.50 มก/100 กรัม เป็น 10.20-11.40 กรัม/100 กรัม และปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเนื้อกุ้งเพิ่มจาก 3.40-4.00 เปอร์เซนต์ เป็น 4.50-6.00 เปอร์เซนต์ ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทุกลักษณะที่ศึกษา พบว่ามีคะแนนลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บ แต่ยังคงมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ

Effect of Postharvesting Techniques on the Quality of Frozen Shrimp (*Penaeus monodon*)

Aran H-Kittikun, Prapasri Singrat and Sumeth Chaiwatcharakul

Abstract

This report examined quality changes to black tiger shrimp (*Penaeus monodon* F.) through harvesting, processing and frozen storage. Specifically, this report looks at : 1) water property and shrimp quality in the culture pond, 2) quality of seawater and brackishwater shrimp, 3) shelflife of shrimp stored in ice, and 4) effects of handling and frozen storage on shrimp quality.

The study on water quality and shrimp quality in the culture pond showed that water salinity was 37-42 part per thousand. One day before harvesting, the water had a pH value of 8.10-8.44 and a total viable count (TVC) of $1.00\text{-}6.30\times10^{3}$ colonies/ml. Before the end of the harvesting period 0.5-1.0 hr, the water had a pH value of 7.90-8.35 and TVC of $2.1\text{-}7.5\times10^{3}$ colonies/ml. However, one day before harvesting, the shrimp had a pH value of 6.50-6.70 and a TVC of $3.0\text{-}7.5\times10^{4}$ colonies/g, while before the end of the harvesting period the shrimp had a pH value of 6.52-6.69 and a TVC of $1.40\text{-}9.1\times10^{4}$ colonies/g. None of the coliforms, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus* and *Salmonella* spp. were found in the water or in shrimp from the pond.

The quality of seawater shrimp was better than that of brackishwater shrimp. During 4 days of storage in ice, the pH of the seawater shrimp increased from

TVB of 6.30-6.70 mg/100 g, a TVC of 2.43-3.57x10^4 colonies/g and an appearance score of 7.88. After freezing, pH, TVB, TVC and appearance scores of frozen shrimp were 6.80-7.10, 8.10-8.70 mg/100 g, 3.13-7.56x10^4 colonies/g and 7.35 respectively.

After 3 months of frozen storage at -18 ^{o}C, pH and TVC of frozen shrimp did not change significantly, but TVB increased from 8.00-8.50 mg/100 g to 10.20-11.40 mg/100 g and the free drip increased from 3.4-4.0% to 4.5-6.0%. However, the sensory evaluation was still acceptable.

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**I**
Abstract	**IV**
กิตติกรรมประกาศ	**VII**
สารบาญ	**VIII**
สารบาญภาพ	**X**
สารบาญตาราง	**IX**
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	**1**
วัตถุประสงค์	**2**
การตรวจเอกสาร	**3**
การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	**3**
คุณภาพของกุ้งกุลาดำ	**4**
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้ง	**4**
การรักษาความสดและลดการเน่าเสียในการแปรรูปสัตว์น้ำ	**6**
ดัชนีบ่งชี้คุณภาพและระดับการเน่าเสียของกุ้ง	**8**
วัสดุและวิธีการทดลอง	**12**
ตอน ที่ 1 คุณภาพของน้ำและกุ้งกุลาดำจากบ่อเลี้ยง	**12**
ตอนที่ 2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งกุลาดำน้ำเค็มและน้ำกร่อย	**12**
ตอนที่ 3 อายุการเก็บกุ้งกุลาดำในน้ำแข็ง	**14**
ตอนที่ 4 การใช้สารเคมียืดอายุการเก็บกุ้งกุลาดำ	**14**
ตอนที่ 5 ผลของขั้นตอนการปฏิบัติต่อคุณภาพกุ้งกุลาดำ	**16**
ตอนที่ 6 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา	**17**

	หน้า
ผลการทดลอง	**18**
ตอนที่ 1 คุณภาพของน้ำและกุ้งกุลาดำจากบ่อเลี้ยง	**18**
ตอนที่ 2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งกุลาดำน้ำเค็มและน้ำกร่อย	**19**
ตอนที่ 3 อายุการเก็บกุ้งกุลาดำในน้ำแข็ง	**21**
ตอนที่ 4 การใช้สารเคมียืดอายุการเก็บกุ้งกุลาดำ	**24**
ตอนที่ 5 ผลของขั้นตอนการปฏิบัติต่อคุณภาพกุ้งกุลาดำ	**25**
ตอนที่ 6 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา	**27**
สรุป	**42**
เอกสารอ้างอิง	**43**
ภาคผนวก	**47**

สารบาญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กระบวนการแปรรูปกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็ง **29**

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติของน้ำและคุณภาพของกุ้งกุลาดำในบ่อเลี้ยงก่อนการเก็บเกี่ยวและก่อนสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว	30
2	คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของกุ้งกุลาดำน้ำเค็มและกุ้งกุลาดำน้ำกร่อยระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง	31
3	การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งกุลาดำน้ำเค็มและกุ้งกุลาดำน้ำกร่อยระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง	32
4	คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของกุ้งกุลาดำน้ำเค็มระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งที่ระยะเวลาต่าง ๆ	33
5	ผลการทดสอบชิมกุ้งกุลาดำจากเกษตรกรและจากพ่อค้าคนกลาง	34
6	การเปลี่ยนแปลง พีเอช ปริมาณด่างที่ระเหยได้ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระในกุ้งกุลาดำที่ใช้สารเคมีช่วยยืดอายุการเก็บ	35
7	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และ colifroms ในกุ้งกุลาดำขณะเก็บรักษาโดยใช้สารเคมี	36
8.	ผลการทดสอบชิมกุ้งกุลาดำที่ใช้สารเคมีช่วยยืดอายุการเก็บ	37
9.	ผลของขั้นตอนการปฏิบัติต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของกุ้งกุลาดำ	38
10	ผลของขั้นตอนการปฏิบัติต่อการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งกุลาดำ	39
11	คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส	40
12.	ผลการทดสอบชิมกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส	41

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

กุ้งทะเลเป็นสัตว์น้ำที่มีมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ สามารถทำรายได้เข้าประเทศปีละหลายพันล้านบาท ในปี พ.ศ. 2529 มีการส่งออกกุ้งที่เยือกแข็ง 28000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 4400 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2534 มีการส่งออกกุ้งแช่เยือกแข็ง ตัน คิดเป็นมูลค่าบาทนับเป็นประเทศที่มีการส่งออกกุ้งแช่เยือกแข็งเป็นอันดับหนึ่งของโลก (Rosenborry, 1992) ซึ่งเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม ก่อให้เกิดอาชีพโดยตรงและต่อเนื่องมากมาย กุ้งที่ส่งออกจำหน่ายมากที่สุดคือ กุ้งกุลาดำแต่เนื่องจากผลผลิตกุ้งกุลาด้ำตามธรรมชาติลดลงมาก ทำให้มีการขยายการเพาะเลี้ยงกุ้งตามชายฝั่งทะเลมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากในปี พ.ศ. 2525 มีผู้เลี้ยงกุ้ง 3943 ราย ใช้พื้นที่ 192,453 ไร่ ได้ผลผลิต 10,091 ตัน เป็นกุ้งกุลาดำ 96 ตัน แต่ในปี พ.ศ. 2534 มีผู้เลี้ยงกุ้ง 18,998 ราย ใช้พื้นที่ 470,826 ไร่ ได้ผลผลิต 162,070 ตัน เป็นกุ้งกุลาดำ 155,069 ตัน (ศูนย์สถิติการเกษตร, 2536) จะเห็นได้ว่ากุ้งที่ส่งออกได้เปลี่ยนจากกุ้งที่จับจากท้องทะเลตามธรรมชาติมาเป็นกุ้งเพาะเลี้ยง ทำให้ลักษณะของวัตถุดิบจึงแตกต่างกันทั้งด้านลักษณะทางเคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส เป็นผลให้คุณภาพของกุ้งแช่เยือกแข็งแตกต่างกันออกไป

การผลิตสัตว์น้ำแช่เยือกแข็งให้ได้คุณภาพดี นอกจากจะต้องอาศัยกรรมวิธีการผลิตที่ได้มาตรฐาน และโรงงานมีสุขลักษณะที่ดีแล้ว ยังขึ้นกับวัตถุดิบก่อนเข้าโรงงานด้วย การรักษาคุณภาพของวัตถุดิบก่อนเข้าโรงงานจึงจัดเป็นสิ่งจำเป็นขั้นพื้นฐานที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีคุณภาพดี สำหรับกุ้งกุลาดำนั้นสามารถเจริญได้ทั้งในน้ำกร่อยและน้ำเค็ม อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์มีโปรตีนสูง การเตรียมบ่อมีการใช้ปุ๋ยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ และระหว่างเลี้ยงยังมีสิ่งขับถ่ายจากตัวกุ้งและจากสิ่งมีชีวิตอื่น หากมีการจัดการไม่เหมาะสมก็จะทำให้จุลินทรีย์ต่างๆ โดยเฉพาะแบคทีเรียที่เป็นเชื้อโรคเจริญได้ดีด้วย อันจะส่งผลต่อคุณภาพของกุ้งที่จะส่งไปยังผู้บริโภคได้

การถนอมรักษาคุณภาพเคงกุ้งในระหว่างการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยวก็มีผลต่อคุณภาพของกุ้งเช่นกัน การศึกษาครั้งนี้จึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งกุลาดำในช่วงการเก็บเกี่ยวก่อนเข้าโรงงาน ว่ามีผลต่อคุณภาพของกุ้งแช่แข็งที่ออกมาอย่างไร เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเก็บรักษากุ้งกุลาดำก่อนเข้าสู่โรงงาน อันจะเป็นประโยชน์ในการควบคุมคุณภาพของกุ้งแช่เยือกแข็งให้มีคุณภาพดี

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของกุ้งกุลาดำ ตั้งแต่การเก็บเกี่ยว การแปรรูป และการเก็บรักษา

การตรวจเอกสาร

การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำมีชื่อสามัญว่า black tiger shrimp หรือ giant tiger shrimp หรือ grass prawn และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Penaeus monodon* F. (Grey, *et.al.*, 1983) จัดเป็นกุ้งทะเลในกลุ่ม Penaeid ชนิดหนึ่งที่มีขนาดใหญ่ที่สุด เป็นกุ้งที่เลี้ยงง่าย ภายใต้สภาพภูมิประเทศเขตร้อนมีอัตราการเจริญและการต้านทานโรคสูง การเลี้ยงกุ้งกุลาดำจึงมีการขยายตัวอย่างกว้างขวาง ภายใต้สภาพภูมิประเทศเขตร้อน

การเลี้ยงกุ้งในประเทศไทยแต่เดิมใช้ระบบธรรมชาติ (extensive system) โดยอาศัยพื้นที่ป่าชายเลนที่ดินเค็มและน้ำทะเลท่วมถึง ถูกดัดแปลงเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งเมื่อน้ำทะเลท่วมมีกุ้งจากธรรมชาติปะปนมากับน้ำเข้ามาอาศัยอยู่ แต่เนื่องจากผลผลิตที่ได้ต่ำไม่แน่นอน และยังต้องใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ จึงเริ่มมีการพัฒนาไปสู่การเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนา (semi-intensive system) มีการปล่อยลูกกุ้งจากการเพาะพัก และมีการให้อาหารเพิ่มไม่ได้อาศัยการเพาะเลี้ยงตามธรรมชาติอย่างเดียว อย่างไรก็ตามการเลี้ยงกุ้งด้วยระบบกุ้งพัฒนา ก็ให้ผลผลิตยังไม่สูงมาก ในประเทศไต้หวันมีการพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งเป็นระบบพัฒนา (intensive system) โดยมีการใช้ลูกกุ้งจากการเพาะพักและมีการจัดการบ่อเลี้ยงให้อาหารสำเร็จรูปที่มีคุณภาพ ทำให้ได้ผลผลิตต่อไร่สูงและแน่นอนมาก เทคโนโลยีดังกล่าว มีการถ่ายทอดสู่ประเทศไทยและเป็นที่ยอมรับจากเกษตรกรเพาะเลี้ยงกุ้งกันอย่างแพร่หลาย

คุณภาพของกุ้งกุลาดำ

การนำสัตว์น้ำมาบริโภคหรือแปรรูปเพื่อการบริโภค ความสดมีความสำคัญมากที่สุดสัตว์น้ำทันทีที่ตายลงจะมีความสดระดับสูงสุด หลังจากนั้นความสดจะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ลักษณะความสดของสัตว์น้ำสามารถสังเกตได้จาก

1. <u>คุณลักษณะทางกายภาพ</u> (physical quality) เป็นลักษณะต่าง ๆ ของสัตว์น้ำที่สามารถสัมผัสได้ คือ รูปร่าง สี และกลิ่น กรณีของกุ้งกุลาดำมีตั้งแต่สีฟ้า ถึงสีน้ำตาลดำเหงือกใสตากลมนูนเป็นประกายเปลือกมันแข็งเรียงติดแน่นกับเนื้อและปราศจากรอยตำหนิ มีกลิ่นสดตามธรรมชาติ เนื้อสัมผัสยืดหยุ่น เมื่อทำให้สุกควรมีกลิ่น รสดี กลิ่นหอม รสหวานเล็กน้อย เนื้อเกาะกันแน่น ไม่ยุ่ยเละ (ประเสริฐ สายสิทธิ์, 2527)

2. <u>คุณลักษณะทางเคมี และจุลินทรีย์</u> (chemical and microbiological quality) เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะทางด้านเคมี และจุลินทรีย์ ทำให้คุณค่าทางอาหารและความสดลดลง กุ้งแช่เยือกแข็งถูกกำหนดให้มีปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 10^6 โคโลนีต่อกรัม (มอก., 2529) นอกจากนี้ต้องไม่มีแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคและต้องตรวจไม่พบสารปฏิชีวนะใดๆ (Rammurthy, 1990)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้ง

สาเหตุที่ทำให้กุ้งสดมีความสดหรือคุณภาพลดลง เกิดจากปัจจัยสำคัญ 2 ประการคือ กระบวนการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ และกิจกรรมของแบคทีเรีย

1. การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ โดยทั่วไปสัตว์สะสมคาร์โบไฮเดรทในรูปของไกลโคเจน ซึ่งจะถูกย่อยสลายเป็นกลูโคสเข้าสู่วิถีไกลโคไลซีสภายใต้สภาวะที่ปราศจากอากาศ ได้เป็น ไพรูเวทและกรดแลคติกมีผลพีเอชลดต่ำลง (Gill, 1982; Lehninger, 1985) วิถีไกลโคไลซีสจะเกิดเร็วหรือช้ายาวนานเท่าไหร่ขึ้น อยู่กับชนิดของสัตว์ วิธีการจับ การทำให้สัตว์ตาย การเก็บรักษาและการขนส่ง (Noguchi, 1972; Almas, 1981)ดังนั้นขั้นตอนการเก็บเกี่ยวจึงมีความสำคัญโดยต้องรักษาปริมาณไกลโคเจนให้มีอยู่มากเช่นไม่จับสัตว์โดยก่อให้เกิดความตื่นเต้นหรือความเครียด การทำให้สัตว์ตายโดยเร็วแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ และขนส่งอย่างรวดเร็วไปยังตลาดหรือโรงงานก็จะช่วยให้สัตว์มีความสดอยู่มาก

กุ้งมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 50 ของน้ำหนักแห้ง (Barclay, *et. al*, 1983) การ ย่อยสลายโปรตีนได้ผลิตผลขั้นต้นเป็นกรดอะมิโน และการย่อยสลายโปรตีนของกล้ามเนื้อทำให้เกิดสภาพเนื้อเหลว และโปรตีนเสื่อมสภาพไม่สามารถยึดเหนี่ยวกันได้อีก กระบวนการนี้นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญทำให้เนื้อมีคุณภาพลดลง (Fricdman, 1977; Leninger, 1985) สัตว์ที่มีชีวิตยังมีกรดอะมิโนอิสระอยู่ด้วย กรดอะมิโนบางชนิดทำให้เนื้อสัตว์มีกลิ่นและรสดี เช่นกรดกลูตามิก และไกลซินเป็นต้น แต่การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของกรดอะมิโนบางชนิดทำให้สัตว์น้ำมีคุณภาพต่ำลง เช่นการเปลี่ยนไทโรซินเป็นเมลานินโดยปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทำให้เกิดสีดำ (Eitenmiller, 1974)

นอกจากนี้ในเนื้อสัตว์ยังมีกรดนิวคลิอิก คือ ออกซีโรโบนิวคลิอิก และไรโบนิวคลิอิก การย่อยสลายกรดนิวคลิอิกได้นิวคลิโอไทด์หลายชนิด นิวคลิโอไทด์อาจถูกเปลี่ยนเป็นสารอื่นด้วยเอนไซม์ทันทีหลังจากสัตว์ตาย เช่น อะดริโนซีนไตรฟอสเฟท (adrenosine triphosphate, ATP) เปลี่ยนเป็น อะดริโนซีนไดฟอสเฟท (adrenosine diphosphate, ADP) อะดริโนซีนโมโนฟอสเฟท (adrenosine monophosphate, AMP) อิโนซีนโมโนฟอสเฟท (inosine nonophosphate, IMP) อิโนซีน (inosine, HxR) และไฮโปแซนทิน (hypoxanthine , Hx) ในกรณีของสัตว์น้ำ IMP และ Hx มีผลต่อกลิ่นรส

ของเนื้อสัตว์น้ำ (Fatima, *et al.*, 1981; Clucus, 1982) การแตกตัวของนิวคลิโอไทด์จะเพิ่มมากขึ้นตามอุณหภูมิและเวลาในการเก็บ (Fatima, *et. al*, 1981)

2. <u>การเปลี่ยนแปลงโดยแบคทีเรีย</u> แบคทีเรียหลายชนิดสามารถสร้างเอนไซม์ย่อยสารประกอบโมเลกุลใหญ่เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารแต่อัตราการเจริญจะเกิดรวดเร็วเมื่อมีสารโมเลกุลเล็กจากภายนอก ดังนั้นกิจกรรมต่าง ๆ ของแบคทีเรียในเนื้อสัตว์จึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากสารโมเลกุลใหญ่ถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์จากตัวสัตว์เอง ผลผลิตที่เกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรียก็แตกต่างกันไป แต่ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของสัตว์น้ำได้แก่ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile base, TVB) ไตรเมธิลามีน (trimethylamine : TMA) ฮีสตามิน (histamine) เอทธานอล อินโดล (indole) และแอมโมเนียเป็นต้น (Cobb III and Vanderzant, 1971) เนื่องจากสารประกอบเหล่านี้มีส่วนประกอบของไนโตรเจนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเบส เมื่อมีการสะสมก็จะทำให้พีเอชเพิ่มสูงขึ้น

การรักษาความสด และลดการเน่าเสียในการแปรรูปสัตว์น้ำ

การเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพและการรักษาความสดของวัตถุดิบให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดในระหว่างกระบวนการแปรรูป มีความสำคัญต่อการแปรรูปสัตว์น้ำ เมื่อกุ้งตายเอนไซม์จากกุ้งและจุลินทรีย์จะย่อยสลายเนื้อเยื่อของกุ้ง ทำให้กุ้งมีความสดลดลงโดยทั่วไปเอนไซม์จะทำงานได้ดีหากมีอุณหภูมิสูงขึ้น และจุลินทรีย์เจริญได้ดีที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นในระหว่างการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งถึงการแปรรูปจำเป็นต้องรักษาวัตถุดิบไว้ให้มีอุณหภูมิต่ำอยู่ตลอดเวลา นิยมใช้น้ำแข็งเป็นตัวกลางรักษาคุณภาพแล้วจึงนำไปแช่เยือกแข็งก็จะทำให้สามารถรักษาคุณภาพกุ้งให้สดเป็นระยะเวลานานขึ้น

การเก็บรักษากุ้งในน้ำแข็ง ปริมาณน้ำแข็งจะต้องมากพอที่จะรักษาอุณหภูมิของกุ้งให้อยู่ที่ 0-1 องศาเซลเซียส ซึ่งทำได้โดยการดองแห้งหรือดองเปียก ในการดองแห้งมีข้อดีคือนอกจากจะช่วยรักษาความสดแล้วน้ำแข็งที่ละลายยังช่วยชะล้างแบคทีเรียที่อยู่ตามตัวกุ้งออกไป สำหรับการดองเปียกเป็นการเก็บรักษากุ้งโดยใช้น้ำผสมน้ำแข็ง ซึ่งช่วยลดอุณหภูมิของกุ้งได้เร็วกว่าการดองแห้ง แต่หากแช่ไว้นานเกินไปก็จะเกิดผลเสีย ทำให้สูญเสียสารอาหารต่าง ๆ ออกจากตัวกุ้ง และยังทำให้เนื้อสัมผัสของกุ้งเปลี่ยนแปลงไป

Krishnamurthy และ Karunasagar (1986) รายงานว่าการเก็บกุ้งในน้ำแข็งที่ผสมน้ำทะเลจะช่วยชลอการเน่าเสียของกุ้งได้ หากในน้ำแข็งมีเกลือบางชนิดอยู่เช่น เกลือแกง โปแตสเซี่ยมซอร์เบท และโซเดียมเออริโทร์เบท โดยลดอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Jiang and Lee, 1988) การผสมกรดแอสคอร์บิกหรือกรดซิตริกร้อยละ 0.5 ลงในน้ำแข็ง ก็จะช่วยทำให้พีเอชของกุ้งเพิ่มขึ้นช้าลง

การจุ่มกุ้งในสารละลายที่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อนการแช่น้ำแข็ง ก็สามารถช่วยชลอการเน่าเสียของกุ้งได้ดีขึ้น Fatima และ Qadri (1979) พบว่าเมื่อจุ่มกุ้ง *Penaeus merguiensis* ในสารละลายออกซิเตตราไซคลิน และโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ 30 และ 800 พีพีเอ็มตามลำดับ เป็นเวลา15นาที จะช่วยชลอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเล็กน้อย Pyle และ Koburger (1984) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์เป็นร้อยละ25 จะมีปริมาณแบคทีเรียลงได้ร้อยละ 50 และหากจุ่มกุ้งในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 200 พีพีเอ็ม ก็จะลดปริมาณแบคทีเรียลงได้ถึงร้อยละ 75

Matsumoto และ Yamanaka (1990) ได้ทดลองนำกุ้ง *P. japonicus* ที่เด็ดหัวและปอกเปลือกแล้วเก็บไว้ที่ 5, 0 และ -1 องศาเซลเซียส พบว่ากุ้งที่เก็บไว้ที่ 5 องศาเซลเซียสสูญเสีย IMP ไปอย่างรวดเร็วการเปลี่ยนแปลงของ Hx ในช่วงแรกจะเพิ่ม

อย่างช้า ๆ และจะเพิ่มอย่างรวดเร็วหลังวันที่ 4, 9 และ 14 ของการเก็บกุ้งที่ 5, 0 และ -1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

Fatima และคณะ (1981) ได้ทดลองเก็บรักษากุ้ง *Penaeus merguiensis* ไว้ในน้ำแข็งพบว่ากุ้งสดมีระดับ IMP 5.7 ไมโครกรัมต่อกรัม และจะลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาและวิธีการเก็บรักษา การสูญเสีย IMP ทำให้กุ้งสูญเสียรสชาติที่ดีไป

Flores และ Crawford (1973) นำกุ้ง *Pandalus jordani* แช่น้ำแข็งและเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 1-2 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในกุ้งลดลงอย่างมากในวันแรกของการเก็บรักษา และมีปริมาณ TMA เพิ่มขึ้นจาก 14 ไมโครกรัมต่อ 16 มิลลิกรัม ของไนโตรเจนเป็น 15.3 ไมโครกรัมต่อ 16 มิลลิกรัมของไนโตรเจนในวันที่ 8 Cobb III และคณะ (1976) ศึกษาในกุ้ง *P. setiferus* และ *P. aztecus* ที่เก็บในน้ำแข็ง พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บ

การเน่าเสียของกุ้งเกิดขึ้นเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง แต่ปัจจัยที่สำคัญคือ อุณหภูมิซึ่งมีผลต่ออัตราการเน่าเสียของสัตว์น้ำโดยตรง Shamshad และคณะ (1990) ศึกษาอายุการเก็บของกุ้ง *P. merguiensis* ที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่ากุ้งที่เก็บไว้ที่ 0 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บได้ 13 วัน เมื่อเก็บไว้ที่ 15 องศาเซลเซียส เก็บไว้ได้เพียง 3 วัน และอายุการเก็บลดลงเหลือเพียง 7 ชั่วโมง เมื่อเก็บไว้ที่ 35 องศาเซลเซียส ใน ระหว่างการเก็บรักษาคุณภาพทางด้านกลิ่น รส สีและลักษณะเนื้อสัมผัสลดลง และค่า TMA, TVB, อินโดล และ pH เพิ่มขึ้นตามเวลาและอุณหภูมิการเก็บรักษา

ดัชนีบ่งชี้คุณภาพและระดับการเน่าเสียของกุ้ง

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ที่ขาดการควบคุมในเนื้อเยื่อเกิดทันทีเมื่อสัตว์ตาย

ดังนั้นสัตว์ที่ตายใหม่ ๆ จึงมีความสดสูงสุด และจะค่อย ๆ ลดลง จนเน่าเสียไปในที่สุด ระดับความสดและการเน่าเสียของกุ้งจึงตรวจสอบได้ โดยสังเกตุจากคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ ตลอดจนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. คุณสมบัติทางกายภาพ เนื้อสัตว์ที่มีความสดสูงสุดมีพีเอชค่อนข้างเป็นกลาง คือประมาณ 6.8-7.0 ระหว่างที่เกิดการเกร็งตัวค่าพีเอชอาจลดลงเล็กน้อย เนื่องจากมีการสะสมของกรดแลคติก เมื่อมีการย่อยสลายเนื้อเยื่อทำให้เกิดการสะสมของสารประกอบไนโตรเจนก็จะทำให้พีเอชเพิ่มขึ้น กุ้งสดต่างชนิดกันมีพีเอชต่าง ๆ กันดังนี้ กุ้งแชบ๊วย มีพีเอช 6.86-6.98 กุ้งกุลาลายมีพีเอช 6.96 กุ้งกุลาดำมีพีเอช 6.80 *Penaeus merguiensis* มีพีเอช 6.90-7.05 *Penaeus setiferus* มีพีเอช 7.17 *Penaeus aztecus* มีพีเอช 7.40 และ *Pandalus jordani* มีพีเอช 7.60 (ผ่องเพ็ญ รัตนกุล และคณะ 2529; Chen *et al*, 1990; Shamshad, *et al*, 1990, Fieger, *et al*, 1985; Flick and Lovell, 1972; Flores and Crow- dford 1973). อย่างไรก็ตามค่าพีเอชของสัตว์น้ำมีความแปรปรวนสูง แม้สัตว์น้ำชนิดเดียวกันก็อาจมีค่าพีเอชต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายประการ เช่น ฤดูกาล วิธีการเพาะเลี้ยง วิธีการจับ และวิธีการเก็บรักษา การใช้ค่าพีเอชในการกำหนดคุณภาพของกุ้งจึงไม่แน่นอน

2. คุณสมบัติทางเคมี

2.1 อิโนซินโมโนฟอสเฟท (IMP) เป็นสารที่ช่วยให้กุ้งมีกลิ่นรสดี Fatima และคณะ (1981) พบว่ากุ้งสด (*Penaeus merguiensis*) มี IMP 5.7 ไมโครกรัมต่อกรัม และลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาและวิธีการเก็บรักษา แต่ IMP จะสลายตัวอย่างรวดเร็วโดยการทำงานของเอนไซม์ การใช้เป็นดัชนีบอกความสด จึงทำได้ถึงระยะหลังการเกร็งตัวไม่นาน

2.2 ไฮโปแซนทีน (Hx) เป็นสารที่ทำให้กุ้งมีรสขมหากมีเกิน 3 ไมโครกรัมต่อ

กรัม (Fatimal *et al*; 1981) โดยกุ้งสดมีปริมาณ Hx ต่ำมาก จึงใช้เป็นดัชนีวัดความสด ของกุ้งได้เช่นกัน แต่จะให้ความแม่นยำเฉพาะในระยะสุดท้ายของการเกร็งตัวเท่านั้น (Clucas, 1982; Fatima, *et al*; 1981; Matsumoto and Yamanaka, 1990)

2.3 <u>การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ จากการสลายตัวของนิวคิลโอไทด์</u> การประเมินความสดของกุ้ง จะมีความแม่นยำมากขึ้น เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่เกิดจากการสลายตัวของนิวคิลโอไทด์ชนิดต่าง ๆ โดยแสดงในรูปร้อยละ ระหว่าง HxR กับ Hx ต่อปริมาณการแตกตัวของ ATP และผลิตผลจากการสลายตัวอื่น ๆ เรียกว่าค่า K

$$K = \frac{HxR + Hx}{ATP + ADP + AMP + HxR + Hx}$$

จากความสัมพันธ์ที่เห็น กุ้งจะมีความสดลดลงเมื่อ K มีค่าสูงขึ้น Matsumoto และ Yamanaka (1990) พบว่ากุ้งบด (*Penaeus merguiensis*) เสื่อมเสียเมื่อมีค่า K≥ 20% Ngและคณะ (1982) เสนอแนะว่าค่า K ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความสดของกุ้งได้ดี ในระยะก่อนที่แบคทีเรียจะย่อยสลาย และการใช้ค่า K กับวัตถุดิบที่มีการแปรรูป อาจผิดพลาดได้ หากสารประกอบเหล่านี้ถูกชะล้างออกไปกับน้ำระหว่างขั้นตอนการแปรรูป

2.4 <u>ด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด</u> (TVB) เป็นผลิตผลที่เกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรียในการย่อยสลายโปรตีน ซึ่งใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความสดของกุ้งได้ ซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและวิธีเก็บรักษา (Cobb III, *et al*, 1973; Fatima and Qadri, 1979, Matsumoto and Yamanaka, 1990) กุ้งกุลาดำที่มีชีวิตพบว่ามีค่า TVB 3.50 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Chen, *et.. al*, 1990)

2.5 <u>ไตรเมธิลามิน</u> (TMA) เป็นผลิตผลที่เกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรียประเภทญี่ปุ่นและออสเตรเลีย กำหนดว่ากุ้งที่ใช้บริโภคต้องมีระดับ TMA ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกรัม (Montgomery, *et. al*, 1970) แต่ TMA ละลายน้ำได้ง่ายและเปลี่ยนแปลงไปตาม

ชนิดของกุ้ง (Iyengar, *et. al.* 1990) หรือที่ระดับความเค็มของน้ำที่กุ้งอาศัยอยู่ (Velankar and Govindan, 1960) และ Cobb III และ Vanderant (1971) พบว่า TMA ไม่มีความสัมพันธ์กับความสดของกุ้ง *Penaeus setiferus*

3. การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ แบคทีเรียเป็นดัชนีอีกตัวหนึ่งที่ใช้บ่งบอกคุณภาพของสัตว์น้ำ Chang และคณะ (1983) ศึกษาการเก็บกุ้งขาว (*P. setiferus*) ไว้ในน้ำแข็ง และที่อุณหภูมิ 4, 12 และ 22 องศาเซลเซียส พบว่ากุ้งที่เด็ดหัวแล้วมีจุลินทรีย์เริ่มต้น 10^5 โคโลนีต่อกรัม เมื่อเก็บในน้ำแข็ง 8 วัน มีจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็น 10^8 โคโลนีต่อกรัม และกุ้งที่เก็บที่ 22 องศาเซลเซียส มีจุลินทรีย์เป็น 10^8 โคโลนีต่อกรัม ภายในเวลาไม่ถึง 15 ชั่วโมง เมื่อกุ้งเน่าเสียจะตรวจพบจุลินทรีย์ที่สร้างสารประกอบอินโดล คือ *Flavobacterium, Aeromonas, Proteus* และ *Yersinia*

Krishnamurthy และ Karunasagar (1986) ศึกษาจุลินทรีย์ของกุ้ง พบว่าจุลินทรีย์เริ่มต้นส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมบวก โดยพบ *Bacillus* ร้อยละ 42 แบคทีเรียแกรมลบที่พบคือ *Pseudomonas* ร้อยละ 18 และ *Aeromonas* ร้อยละ 12 หลังจากเก็บกุ้งไว้ในน้ำแข็งผสมน้ำทะเล พบว่า *Aeromonas* ร้อยละ 49 *Bacillus* ร้อยละ 15และ *Staphylococcus* ร้อยละ 11 แต่เมื่อเก็บกุ้งในน้ำแข็งพบแบคทีเรียแกรมลบเป็นส่วนใหญ่ คือ *Pseudomonas* กลุ่ม 2 (47%) และกลุ่ม 3 (10%)

Shamshad และคณะ (1990) ศึกษาการเก็บกุ้ง *Penaeus merguiensis*) ไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน พบว่ากุ้งสดมีจุลินทรีย์เริ่มต้น 5.0×10^5 โคโลน์ต่อกรัม จำนวนจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นตามเวลาและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บกุ้งไว้ที่ 0 องศาเซลเซียส เพียง 24 ชั่วโมงก็มีจุลินทรีย์ถึง 3.4×10^9 โคโลนีต่อกรัม นอกจากนี้ Shamshad และคณะ (1990) สรุปว่าเมื่อเนื้อกุ้งมี pH $\leq$ 7.5, TVB $\leq$ 28.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม, TMA $\leq$ 5.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และอินโดล $\leq$ 9.0 ไมโต่อ 100 กรัม กุ้งนั้นยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้

วัสดุ และวิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 คุณภาพของน้ำ และกุ้งกุลาดำจากบ่อเลี้ยง

1.1 วัตถุดิบ น้ำและกุ้งกุลาดำจากบ่อเลี้ยงของเกษตรกรในเครือบริษัทแอควาสตาร์ จำกัด อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา จำนวน 5 บ่อ

1.2 การเตรียมวัตถุดิบ สุ่มตัวอย่างน้ำ และกุ้งก่อนการเก็บเกี่ยว 1 วัน และก่อนสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว 0.5-1.0 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างน้ำในขวดนึ่งฆ่าเชื้อตัวอย่างละ 2 ลิตร เก็บตัวอย่างกุ้ง (อายุ 150-155 วัน ขนาด 30-38 กรัม ต่อตัว) โดยการเหวี่ยงแหรอบ ๆ บ่อ ๆ ละ 4 จุด ให้ได้กุ้งประมาณ 1 กิโลกรัมต่อบ่อ นำใส่ถุงพลาสติกปราศจากเชื้อบรรจุในกล่องโฟมที่ปิดทับด้วยน้ำแข็งเกล็ด แล้วนำส่งห้องปฏิบัติการภายใน 2 ชั่วโมง

1.3 การวิเคราะห์คุณภาพ

1.3.1 ตัวอย่างน้ำ วิเคราะห์พี เอช โดยพีเอชมิเตอร์

วิเคราะห์ความเค็มโดย Salinity meter

วิเคราะห์จุลินทรีย์ จุลินทรีย์ทั้งหมด *coliforms*, *Eschesichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemalyticus* และ *Salmonella* spp. (Hasegawa, 1987)

1.3.2 ตัวอย่างกุ้ง วิเคราะห์ พีเอช และวิเคราะห์จุลินทรีย์เช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำ

ตอนที่ 2 การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของกุ้งกุลาดำน้ำเค็ม และน้ำกร่อย

2.1 วัตถุดิบ กุ้งกุลาดำน้ำเค็ม เป็นกุ้งจากบ่อเลี้ยงของเกษตรกรบริเวณอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา กุ้งกุลาดำน้ำกร่อยเป็นกุ้งจากบ่อเลี้ยงของเกษตรกร บริเวณทะเลสาบสงขลา

2.2 การเตรียมวัตถุดิบ สุ่มตัวอย่างจากกุ้งที่เกษตรกรนำส่งโรงงานแคควาสตาร์ ฟูดส์ จำกัด โดยสุ่มถังละ 5-7 ตัว จนครบทุกถัง ให้ได้กุ้งประมาณ 1 กิโลกรัมต่อบ่อ ชนิดละ 2 บ่อ แล้วเก็บในน้ำแข็งไว้ในห้องเย็น 4 องศาเซลเซียส นาน 14 ชั่วโมง นับเป็นตัวอย่างกุ้งวันที่ 0 แล้วสุ่มตัวอย่างกุ้งที่ผ่านการล้างทำความสะอาดตามขั้นตอนการปฏิบัติของโรงงาน โดยสุ่มตะกร้าละ 10-15 ตัว จนครบ 5 กิโลกรัม ต่อบ่อ นำกุ้งแต่ละบ่อเก็บในกล่องโฟมที่รองก้นด้วยตะกร้าพลาสติกสี่เหลี่ยม จัดเรียงน้ำแข็งสลับกับกุ้ง โดยใช้อัตราส่วนน้ำแข็งต่อกุ้งเท่ากับ 1.5:1.0 แล้วเก็บในห้องเย็น 4 องศาเซลเซียส ทำการเปลี่ยนน้ำแข็งและสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ ในวันที่ 2 และ 4 โดยเก็บตัวอย่างครั้งละ 1 กิโลกรัม

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพ

2.3.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ วัดค่าพีเอช โดยพีเอชมิเตอร์

2.3.2 การวิเคราะห์ทางเคมี หาปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Hasegawa, 1987)

2.3.3 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ทั้งหมด coliforms, *E. coli*, *S. aureus V. parahaemolytices* และ *Salmonella* spp. (Hasegawa, 1987)

2.3.4 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสการ ทดสอบชิมใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึก 6 คน ในการชิมตัวอย่างกุ้งที่นึ่งสุกด้วยใช้ไคน้ำบาน 3.0 มาที แล้วให้คะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และลักษณะรวม ตามวิธีให้คะแนนแบบ Hedonic 9 ระดับคะแนน คะแนน 1 หมายถึงระดับการยอมรับต่ำสุด และคะแนน 9 หมายถึงระดับการยอมรับสูงสุด) (Larmond, 1977)

ตอนที่ 3 อายุการเก็บรักษากุ้งกุลาดำในน้ำแข็ง

3.1 วัตถุดิบ กุ้งกุลาดำจากบ่อเลี้ยงของเกษตรกร อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา และกุ้งกุลาดำจากพ่อค้าคนกลาง

3.2 การเตรียมวัตถุดิบ สุ่มตัวอย่างกุ้งก่อนการล้างและทำความสะอาดตามการปฏิบัติของโรงงานจากถังดองกุ้งของเกษตรกรในเครือบริษัทแอควาสตาร์ จำกัด ซึ่งใช้ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวจากบ่อจนถึงการสุ่มตัวอย่างประมาณ 2 ชั่วโมง จำนวน 1 บ่อ และจากพ่อค้าคนกลางที่ส่งกุ้งให้กับโรงงานโดยใช้ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวจนถึงการสุ่มตัวอย่างประมาณ 10 ชั่วโมง จำนวน 1 บ่อ ถังละ 4-7 ตัวจนครบทุกถัง เพื่อให้ได้กุ้งแต่ละบ่อประมาณ1กิโลกรัมนำไปวิเคราะห์คุณภาพเริ่มต้นของตัวอย่างก่อนการล้างทำความสะอาด (วันที่ 0)

สุ่มตัวอย่างกุ้งที่ผ่านการล้างและทำความสะอาดตามขั้นตอนการปฏิบัติของโรงงาน (รูปที่ 1) โดยสุ่มจากตะกร้าสะเด็ดน้ำ ตะกร้าละ 15-20 ตัวของแต่ละบ่อจนครบ 10 กิโลกรัมต่อบ่อนำตัวอย่างแต่ละชุดเก็บในกล่องโฟมที่รองก้นด้วยตะกร้าพลาสติกสี่เหลี่ยม และทับด้วยน้ำแข็งเกล็ด จัดเรียงกุ้งและน้ำแข็งสลับกันเป็นชั้นๆในอัตราส่วนน้ำแข็งต่อกุ้ง 1.5:1.0 เก็บรักษาในห้องพักซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 2-6 องศาเซลเซียส ทำการเปลี่ยนน้ำแข็ง และสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ในวันที่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 11 โดยสุ่มตัวอย่างครั้งละ 1 กก.

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพ ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างกุ้ง เช่นเดียวกับตอนที่ 2 ข้อ 2.3

ตอนที่ 4 การใช้สารเคมียืดอายุการเก็บกุ้งกุลาดำ

4.1 วัตถุดิบ กุ้งกุลาดำจากพ่อค้าคนกลางที่นำส่งโรงงานแช่เยือกแข็ง โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ 0.1% และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟท 0.5%

4.2 การเตรียมวัตถุดิบ นำกุ้งมาล้างทำความสะอาด ในน้ำประปาแช่น้ำแข็ง เลือกกุ้งที่สด และมีขนาด 30-38 กรัมต่อตัว โดยใช้กุ้งกุลาดำทั้งหมด 60 กิโลกรัม แบ่งกุ้งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นชุดควบคุม นำไปแช่ในน้ำแข็งในกล่องโฟมโดยเรียงชั้นน้ำแข็งสลับกับกุ้ง ใช้อัตราส่วนน้ำแข็งต่อกุ้งเป็น 1.5:1.0 สำหรับกุ้งส่วนที่สอง ให้แช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ 30 วินาที และกุ้งส่วนที่สามให้แช่ในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟท 30 วินาที ก่อน แล้วจึงนำไปแช่น้ำแข็งเช่นเดียวกับกุ้งส่วนที่หนึ่ง นำกุ้งแช่น้ำแข็งทั้งหมดเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตัวอย่าง และเปลี่ยนน้ำแข็งในวันที่ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน

4.3 <u>การวิเคราะห์คุณภาพ</u>

4.3.1 <u>การวิเคราะห์ทางกายภาพ</u> หาค่าพีเอชในตัวอย่างกุ้งทุกตัวอย่าง

4.3.2 <u>การวิเคราะห์ทางเคมี</u> หาปริมาณ TVB ในตัวอย่างกุ้งทุกตัวอย่าง และหาปริมาณซัลไฟท์อิสระในตัวอย่างกุ้งกุลาดำที่แช่ในสารละลายเมตาไบซัลไฟท์ (A.O.A.C., 1984)

4.3.3 <u>การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์</u> จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และ coliforms ตามวิธีของ Hasegawa (1987) ในตัวอย่างกุ้ง ทุกชุดการทดลอง

4.3.4 <u>การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส</u> การทดสอบชิม ใช้ผู้ทดสอบชิม 6 คน ในการชิมตัวอย่างกุ้งที่นึ่งสุกด้วยไอน้ำนาน 3.0 นาที แล้วให้คะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัสและลักษณะรวมตามวิธีการให้คะแนนแบบ Hedoni 9 ระดับคะแนน (คะแนน 1 หมายถึงระดับการยอมรับต่ำสุด และคะแนน 9 หมายถึงระดับการยอมรับสูงสุด) (Larmond, 1977)

ตอนที่ 5 ผลของขั้นตอนการปฏิบัติต่อคุณภาพกุ้งกุลาดำ

5.1 <u>วัตถุดิบ</u> กุ้งกุลาดำน้ำเค็มจากบ่อเลี้ยงของเกษตรกร อำเภอระโนด

จังหวัดสงขลา จำนวน 3 บ่อ (กุ้งมีอายุประมาณ 150-155 วัน ขนาด 30-38 กรัม/ตัว สีน้ำตาล และทุกระยะของการทดลองใช้ตัวอย่างกุ้งจากบ่อเดียวกัน)

5.2 การเตรียมวัตถุดิบ

5.2.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว สุ่มตัวอย่างกุ้งก่อนการเก็บเกี่ยว 1 วัน โดยการเหวี่ยงแหรอบบ่อ ๆ ละ 4 จุด เพื่อให้ได้กุ้งประมาณ 1 กก. นำใส่ถุงพลาสติกที่ปราศจากเชื้อบรรจุในกล่องโฟม ที่รักษาความเย็นด้วยน้ำแข็งเกล็ด นำส่งห้องปฏิบัติการภายใน 2 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพเริ่มต้นของกุ้งกุลาดำ

5.2.2 หลังการเก็บเกี่ยว/ก่อนการแปรรูป สุ่มตัวอย่างกุ้งก่อนการล้างและทำความสะอาดตามการปฏิบัติของโรงงาน (รูปที่ 1) จากถังดองกุ้ง ถังละ 3-5 ตัว จนครบทุกถัง เพื่อให้ได้กุ้งแต่ละบ่อประมาณ 1 กิโลกรัม นำไปวิเคราะห์คุณภาพ

5.2.3 ระหว่างการแปรรูป สุ่มตัวอย่างกุ้งที่ผ่านการเด็ดหัว คัดขนาดและแยกสีแล้วก่อนการแช่เยือกแข็งจำนวนบ่อละ 600-700 กรัม (ขนาด 20-30 กรัม/ตัว ในสภาพกุ้งที่เด็ดหัวแล้ว) นำไปวิเคราะห์คุณภาพ

5.2.4 หลังการแปรรูป สุ่มตัวอย่างกุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแล้ว บ่อละ 8 บล็อก บล็อกละ 2.0 กิโลกรัม นำไปเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อใช้การทดลองตอนที่ 6 จำนวน 6 บล็อกส่วนอีก 2 บล็อกนำมาวิเคราะห์คุณภาพของกุ้งกุลาดำหลังการแปรรูป

5.2.5 การวิเคราะห์คุณภาพกุ้งกุลาดำ ทุกขั้นตอนวิเคราะห์คุณภาพเช่นเดียวกับตอนที่ 2 ข้อ 2.3 สำหรับตัวอย่างหลังการแปรรูปมีการวิเคราะห์ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเนื้อกุ้งขณะละลายน้ำแข็งตามวิธีของ Hasegawa (1987) และการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยนำตัวอย่างกุ้งแช่เยือกแข็งมาทำให้ละลายด้วยการแช่ในน้ำเย็นไหลเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง ก่อนนำไปนึ่งให้สุกนาน 3 นาที เพื่อทำการทดสอบชิม

ตอนที่ 6 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา

6.1 วัตถุดิบ กุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็งจากตอนที่ 5 ซึ่งเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

6.2 การเตรียมวัตถุดิบ สุ่มตัวอย่างกุ้งแช่เยือกแข็งจากตอนที่ 5 บ่อละ 2 บล๊อก เมื่อครบระยะเวลาของการเก็บรักษา 4, 8 และ 12 สัปดาห์ตามลำดับ นำตัวอย่างจำนวน 1 บล๊อกของแต่ละบ่อ ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ และอีก 1 บล๊อกนำมาละลายโดยแช่ในน้ำเย็นไหลเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมงก่อนนำไปนึ่งให้สุกนาน 3.0 นาที เพื่อทำการทดสอบชิม

6.3 วิเคราะห์คุณภาพ ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับตอนที่ 5 (หลังการแปรรูป)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ตอนที่ 1 คุณสมบัติของน้ำและคุณภาพของกุ้งกุลาดำในบ่อเลี้ยง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งจำนวน 5 บ่อ น้ำในบ่อเลี้ยงทั้ง 5 บ่อ มีพีเอชและความเค็มในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว 1 วัน และก่อนการสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว 0.5-1.0 ชั่วโมงใกล้เคียงกันคือ 7.90-8.44 และ 37-42 พีพีที ตามลำดับ (ตารางที่1) ค่าพีเอชของน้ำในบ่อเลี้ยงจัดว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ (บรรจง นวลพลับ, 2530) แต่เนื่องจากการทดลองนี้อยู่ในช่วงฤดูร้อน (เมษายน) น้ำทะเลซึ่งสูบเข้าบ่อเลี้ยงมักมีความเค็มสูงประกอบกับอัตราการระเหยของน้ำจากบ่อเลี้ยงก็สูงด้วย จึงทำให้ระดับความเค็มสูงกว่าระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำซึ่งควรมีค่าประมาณ 15-30 พีพีที (ชลอ ลิ้มสุวรรณ, 2534)

ผลการตรวจสอบค่าพีเอชของกุ้งกุลาดำจากบ่อเลี้ยง 5 บ่อ ที่ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว 1 วัน และก่อนการสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว 0.5-1.0 ชั่วโมง ในสภาพที่มีความสดสูงสุดมีค่าอยู่ระหว่าง 6.50-6.70 (ตารางที่ 1) ซึ่งใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Chen และคณะ (1990) ที่พบว่ากุ้งกุลาดำทันทีที่ตายมีค่าพีเอช 6.80

ตารางที่ 1 ยังแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำจากบ่อเลี้ยงทั้ง2 ระยะในช่วง $1.00x10^3$ -$7.50x10^3$ โคโลนี/มล. และตรวจไม่พบ coliforms, *S aureus*, *V. parahaemolyticus* และ *Salmonella* spp. ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลการทดลองของ ภัทราพร ยุธาชิต และคณะ (2534) ที่พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำบริเวณอ่าวปัตตานีอยู่ในช่วง $3.90\text{-}5.90x10^3$ โคโลนี/มล. ผลการตรวจสอบชนิดของแบคทีเรียในน้ำจากบ่อเลี้ยงของการทดลองนี้ปรากฏว่าไม่พบ coliforms, *S. aureus*, *V. parahaemolyticus* และ *Salmonella* spp. เช่นกัน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุ้งทั้ง 2 ระยะอยู่ในช่วง

$14.00x10^3$-$91.00x10^3$ โคโลนี/กรัม และตรวจไม่พบ coliforms, *S. aureus*, *V. parahaemolyticus* และ *Salmonella* spp. อย่างไรก็ตาม ปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ในน้ำและกุ้งในบ่อเลี้ยง อาจแปรเปลี่ยนไปขึ้นกับอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในแต่ละรุ่น (crop) ของการเลี้ยง เช่น การเตรียมบ่อ ปริมาณการปล่อยลูกกุ้ง ปริมาณและชนิดของอาหาร และฤดูกาล เป็นต้น

ตอนที่ 2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งกุลาดำน้ำเค็มและกุ้งกุลาดำน้ำกร่อย

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของกุ้งกุลาดำน้ำเค็ม จากเกษตรกรและกุ้งกุลาดำน้ำกร่อยจากพ่อค้าคนกลางที่ผ่านมาการเก็บในน้ำแข็ง 14 ชั่วโมงก่อนการวิเคราะห์พบว่ากุ้งน้ำเค็มมีค่าพีเอช ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดและจุลินทรีย์ต่ำกว่ากุ้งน้ำกร่อยอย่างมีนัยสำคัญ และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่ากุ้งน้ำกร่อยอย่างมีนัยสำคัญ โดยกุ้งน้ำเค็มมีพีเอช 6.60-6.70 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด 11.80-12.10 มก/100 กรัม และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $8.30-9.50x10^3$ โคโลนี/กรัม ในวันที่ 0 (ตารางที่ 2) ในที่ในวันแรกกุ้งน้ำกร่อยมีพีเอช 6.80-6.90 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด 13.70-14.20 มก/กรัม และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $1.50-2.30x10^4$ โคโลนี/กรัม หลังจากเก็บกุ้งไว้ในน้ำแข็งเป็นเวลา 4 วัน พบว่าพีเอชปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บนอกจากนี้ยังพบว่ากุ้งน้ำเค็มมีปริมาณ coliforms และ *E. coli* ต่ำกว่ากุ้งน้ำกร่อย แต่ไม่พบ *S. aureus*, *V. parahemolyticus* และ *Salmonella* spp. ในกุ้งทั้ง 2 ประเภท (ตารางที่ 2)

การที่กุ้งน้ำเค็มมีพีเอช ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่ากุ้งน้ำกร่อยอาจเนื่องจากสาเหตุหลายประการตั้งแต่การเพาะเลี้ยง น้ำเค็มที่ใช้เลี้ยงมีความเค็ม 37-42 พีพีที และน้ำกร่อยที่ใช้เลี้ยงมีความเค็ม 20-28 พีพีที หลังการเก็บเกี่ยวกุ้งน้ำเค็มจะนำส่งโรงงานภายใน 2 ชั่วโมง แต่กุ้งน้ำกร่อยนำส่งใช้เวลา

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

ประมาณ 10 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบปริมาณดินโคลน สภาพการเกร็งตัวของกุ้ง และปริมาณน้ำแข็งในถังดองกุ้งขณะสุ่มตัวอย่าง พบว่ากุ้งน้ำเค็มที่รับซื้อจากเกษตรกรอยู่ในสภาพที่สะอาดและมีวิธีการเก็บรักษาดีกว่ากุ้งน้ำกร่อย ซึ่งรับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง นอกจากนั้นกุ้งน้ำกร่อยที่เลี้ยงในบริเวณทะเลสาบสงขลามีโอกาสปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ในน้ำสูงกว่ากุ้งน้ำเค็ม มนตรี กฤษณีไพบูลย์ (2529) พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในทะเลสาบสงขลาที่ท่าเทียบเรือสงขลาในช่วงเดือนเมษายนมีค่าระหว่าง 10^4-10^5 โคโลนี/มล. และพบแบคทีเรียในกลุ่ม coliforms และ *E. coli* แต่ไม่พบ *V. cholera* และ *Salmonella* spp.

ตลอดอายุการเก็บในน้ำแข็ง กุ้งน้ำเค็มมีคะแนนการยอมรับในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏรวมสูงกว่ากุ้งน้ำกร่อย อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 3) โดยกุ้งน้ำเค็มมีสีเข้ม เนื้อแน่น และมีรสชาติที่หวานกว่ากุ้งน้ำกร่อย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ McCoid และคณะ (1984) Papadopoulos และ Finne (1986) พบว่ากุ้ง *Penaeus vannamei* ที่เลี้ยงด้วยน้ำที่มีความเค็มสูงกว่า 35 พีพีที มีคุณภาพและรสชาติดี เนื่องจากความเค็มมีส่วนทำให้ความเข้มข้นของกรดอะมิโนอิสระในตัวกุ้งเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่การลดความเค็มของน้ำ มีผลทำให้ความเข้มข้นของกรดอะมิโนอิสระในตัวกุ้งลดลง อย่างไรก็ตามสภาวะการเลี้ยงกุ้งกุลาดำของประเทศไทยในปัจจุบันส่วนใหญ่ไม่มีการควบคุมระดับความเค็มของน้ำในบ่อขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำทะเลที่หาได้ และฤดูกาล

แม้ว่าผลการทดลองครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่ากุ้งน้ำเค็มมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีกว่ากุ้งน้ำกร่อยตลอดอายุการเก็บ แต่เนื่องจากไม่ได้ทำการศึกษาชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในกลุ่มอื่นนอกเหนือจากที่ได้กำหนดในข้างต้นจึงขาดข้อมูลที่เกี่ยวกับชนิด

และปริมาณของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เป็นต้นเหตุของการเกิดกลิ่นรสที่ไม่ดี ซึ่ง Shamshad และคณะ (1990) ได้ยืนยันว่าแบคทีเรียในกลุ่ม *Vibrio* สามารถย่อยโปรตีนให้เกิดอินโดลในกุ้งได้ โดยปริมาณอินโดลจะเพิ่มขึ้นตามเวลาและปริมาณของเชื้อนอกจากนี้แบคทีเรียในกลุ่ม *Pseudomonas* สามารถย่อยโปรตีนแล้วทำให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็นได้เช่นกัน (Shamshad, *et. at.*,1990) จึงเป็นไปได้ว่าการที่กุ้งน้ำกร่อยมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่ำกว่ากุ้งน้ำเค็มในช่วงวันหลังๆ ของการเก็บอาจเนื่องจากมีปริมาณของแบคทีเรียในกลุ่มดังกล่าวสูงเป็นเหตุให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตอนที่ 3 อายุการเก็บรักษากุ้งกุลาดำในน้ำแข็ง

เมื่อเปรียบเทียบอายุการเก็บรักษากุ้งกุลาดำที่ได้จากเกษตรกรโดยตรง และจากการรับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง โดยเก็บไว้ในน้ำแข็งจนเกิดการเน่าเสียพบว่ากุ้งที่ได้จากเกษตรกร มีค่าพีเอชปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด และจุลินทรีย์ต่ำกว่ากุ้งที่ได้จากพ่อค้าคนกลางอย่างมีนัยสำคัญ และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่ากุ้งจากพ่อค้าคนกลางอย่างมีนัยสำคัญ โดยกุ้งจากเกษตรกรเมื่อขนส่งถึงโรงงานแปรรูปมีค่าพีเอช 6.35 6.35 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด 5.80 มก/100 กรัม และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.90×10^4 โคโลนี/กรัม ในขณะที่กุ้งจากพ่อค้าคนกลางเมื่อถึงโรงงานแปรรูปมีค่าพีเอช 6.49 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด 12.80 มก/100 กรัม และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 4.25×10^5 โคโลนี/กรัม (ตารางที่ 4)

อย่างไรก็ตามจากการทดลองครั้งนี้พบว่าเมื่อพีเอชของกุ้งกุลาดำมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 7.33 (กุ้งจากเกษตรกร) และ7.42 (กุ้งจากพ่อค้าคนกลาง) ในวันที่ 8 และ 4 ของการเก็บไว้ในน้ำแข็งตามลำดับ คุณภาพของกุ้งลดลงอย่างเห็นได้ชัด และเข้าสู่ระยะ

สุดท้ายของการยอมรับซึ่งมีคะแนนใกล้เคียงกัน จากการศึกษาของ ผ่องเพ็ญ รัตตกูล และคณะ (2529) พบว่ากุ้งที่มีความสดใสในระดับปานกลางไม่ควรมีค่าพีเอช เกิน 7.30 Shamshad และคณะ (1990) พบว่ากุ้ง (*Penacus merguiensis*) เกิดการเน่าเสียในระดับที่ไม่ยอมรับเมื่อพีเอชมีค่ามากกว่า 7.60 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด และคะแนนการทดสอบชิม (ตารางที่ 4 และ5) ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดในกุ้งทั้งสองแหล่งเพิ่มขึ้นตามระยะของการเก็บรักษาในน้ำแข็ง โดยปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดในกุ้งจากเกษตรกรมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 25.55 มก/100 กรัม ในวันที่ 8 ของการเก็บ ในขณะที่กุ้งจากพ่อค้าคนกลางมีปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 34.00 มก/100 กรัม ในวันที่ 6 ของการเก็บ Cobb III และคณะ (1973) พบว่ากุ้งที่เกิดการเน่าเสียมีปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด 30.00 มก/100 กรัม ซึ่งปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดในระดับดังกล่าวมีค่าสูงกว่าข้อกำหนดของสำนักงานอาหารและยา (FDA) ของประเทศไต้หวันที่ยอมให้กุ้งที่ใช้บริโภคได้นั้นต้องมีปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดไม่เกิน 25.00 มก/100 กรัม (Jiang and Lee, 1988)

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าแม้พีเอช และปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดของกุ้งกุลาดำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ แต่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไม่แน่นอน (ตารางที่ 4) และแม้ว่ากุ้งกุลาดำเกิดการเน่าเสียแล้วปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุ้งทั้งสองแหล่งมีค่าไม่เกิน 10^6 โคโลนี/กรัม ในขณะที่ Chang และคณะ (1983) Flores และ Crawford (1973) และ Harrison และ Heinsz(1989) รายงานว่ากุ้งที่เกิดการเน่าเสียมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกิน 10^6 โคโลนี/กรัม สาเหตุสำคัญน่าจะเนื่องมากจากการบ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ที่ 37°C ซึ่งเหมาะต่อการเจริญของพวก mesophiles แต่เชื้อจุลินทรีย์ของกุ้งที่เก็บในน้ำแข็งเจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25°C ดังนั้นผลของการทดลองในครั้งนี้ จึงไม่สามารถใช้ค่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็นดัชนีบ่งบอกถึงความสด และการเน่าเสียในกุ้งได้ นอกจากนี้ผลของการทำความสะอาดและล้าง

ตามขั้นตอนของโรงงาน การใช้น้ำแข็งชนิดเกล็ดบางซึ่งสามารถช่วยให้ความเย็นกระจายอย่างทั่วถึงและรวดเร็ว รวมไปถึงการรักษาความสะอาดของกระบวนการผลิตของโรงงานเอง ก็มีผลทำให้จุลินทรีย์ทั้งหมดในกุ้งลดต่ำลงได้

การทดลองนี้ตรวจไม่พบแบคทีเรียในกลุ่ม coliforms, *S. aureus*, *V. parahaemolyticus* และ *Salmonella* spp. ตลอดระยะเวลาในการเก็บ (ตารางที่ 4) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าแบคทีเรียที่สามารถตรวจพบได้ในกุ้งได้แก่ coliforms และ *Vibrio* spp. (Cobb III, *et al.*, 1976; Ward, 1989; Sugita, *et al.*, 1987) ในขณะที่ Krishnamurthy และ Karunasagar (1986) รายงานว่าไม่พบแบคทีเรียในกลุ่ม *Vibrio* ตลอดระยะเวลาของการเก็บในน้ำแข็ง และน้ำทะเลผสมน้ำแข็ง แต่พบแบคทีเรียในกลุ่ม *Staphylococcus* ซึ่งการตรวจพบ *Staphylococcus* มีสาเหตุมาจากการสัมผัสกับคนมากกว่าวัตถุดิบเอง (Sugita, *et al.*, 1987) นอกจากนี้ Shamshad และคณะ (1990) พบว่ามีแบคทีเรียกลุ่ม *Vibrio* เฉพาะในกุ้งที่มีการเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงเท่านั้น (20-35 องศาเซลเซียส) แต่เมื่อเก็บกุ้งที่อุณหภูมิต่ำ (0-15องศาเซลเซียส) จะไม่พบแบคทีเรียในกลุ่มดังกล่าวสำหรับ *Salmonella* spp. ก็ยังคงมีรายงานว่ามีการส่งคืนสินค้าเนื่องจากการตรวจพบเชื้อ *Salomonella* spp. ในผลิตภัณฑ์กุ้งแช่เยือกแข็งจากเมืองไทย (ข้อมูลจากการสอบถามจากกองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ และศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์สงขลา 1, 2534)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่ากุ้งจากเกษตรกรที่ได้รับการปฏิบัติอย่างถูกต้อง มีระดับคะแนนการทดสอบชิมในทุกลักษณะของการตรวจสอบสูงกว่ากุ้งจากพ่อค้าคนกลางอย่างมีนัยสำคัญ และคะแนนการยอมรับของกุ้งทั้งสองแหล่งลดลงตามอายุการเก็บ (ตารางที่ 5) โดยกุ้งที่เก็บเกี่ยวได้ในวันแรกไม่ปรากฏสีดำที่บริเวณใดๆ หัวและเปลือกแน่น สีสดใสเป็นมัน เนื้อแน่นและไม่มีกลิ่นผิดปกติ แต่หลังจากเก็บ

กุ้งในน้ำแข็งเป็นเวลานานจะทำให้เกิดมีสีดำบริเวณหัวท้อง และแพนหาง หัวมีสภาพหลวม เปลือกหลวม และมีสีซีดจาง เนื้อเป็นสีชมพู่ยุ่ยและมีกลิ่นคาวเมื่อกำหนดให้คะแนนต่ำสุดของกุ้งที่ยังคงยอมรับได้เท่ากับ 5 ปรากฏว่ากุ้งจากเกษตรกรสามารถเก็บในน้ำแข็งไว้ได้นาน 8 วัน ในขณะที่กุ้งจากพ่อค้าคนกลางเก็บในน้ำแข็งได้ไม่ถึง 6วัน ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับ ค่าพีเอช และปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด การที่กุ้งทั้งสองแหล่งมีคุณภาพแตกต่างกันเนื่องจากวิธีการปฏิบัติต่อกุ้ง ตั้งแต่ระยะเก็บเกี่ยวจนถึงจุดรับวัตถุดิบในโรงงานแตกต่างกัน โดยเฉพาะเรื่องความสะอาด การรักษาอุณหภูมิ อัตราส่วนของกุ้งต่อน้ำแข็ง และระยะเวลาในการขนส่ง ซึ่งพบว่ากุ้งที่รับซื้อจากเกษตรกรอยู่ในสภาพที่สะอาดและมีวิธีการเก็บรักษาที่ดีกว่ากุ้งที่รับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง ตลอดจนใช้ระยะเวลาในการขนส่งน้อยกว่ากุ้งที่รับซื้อจากพ่อค้าคนกลางอีกด้วย

ดังนั้นผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการเก็บเกี่ยว และขั้นตอนปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวจนถึงโรงงานแปรรูปเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพวัตถุดิบเริ่มต้น

ตอนที่ 4 การใช้สารเคมียืดอายุการเก็บกุ้งกุลาดำ

การจุ่มกุ้งในโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟท หรือโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ก่อนแช่น้ำแข็ง เพื่อรักษาความสดของกุ้ง พบว่ากุ้งจากทั้ง 2 ชุดการทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงของพีเอชไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของค่า TVB ในกุ้งที่ใช้สารเคมี มีค่าต่ำกว่ากุ้งชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) และการใช้สารเคมียังช่วยชลอการเจริญของจุลินทรีย์ ที่น่าสังเกตุคือในการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีการเจริญของ coliforms ด้วย (ตารางที่ 7) สาเหตุน่าจะเนื่องมาจากมีการปนเปื้อน

เนื่องจากกุ้งที่ใช้ทดลองครั้งนี้ เป็นกุ้งที่รับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง อายุการเก็บรักษาจึงต่ำกว่ากุ้งที่ได้จากเกษตรกร ซึ่งเก็บเกี่ยวกุ้งอย่างระมัดระวัง แล้วแช่น้ำแข็งเป็นอย่างดี แล้วรีบนำส่งโรงงานอย่างรวดเร็ว ดังผลการทดลองตอนที่ 3

ตอนที่ 5 ผลของขั้นตอนการปฏิบัติต่อคุณภาพของกุ้งกุลาดำ

กระบวนการแปรรูปกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็ง เริ่มจากการเก็บเกี่ยวกุ้งจากบ่อเลี้ยง การแช่น้ำแข็ง แล้วนำส่งโรงงานเพื่อแปรรูป และแช่เยือกแข็ง แล้วเก็บรักษา โดยมีขั้นตอนดังภาพที่ 1 จากการศึกษาถึงของขั้นตอนการปฏิบัติตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยวจนถึงการแช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัส พบว่าคุณภาพของกุ้งในแต่ละขั้นตอนมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 9 และ 10) โดยพีเอชของกุ้งขณะที่มีความสดสูงสุดมีค่าต่ำสุด (6.50-6.60) หลังจากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านขั้นตอนการแปรรูปก่อนการแช่เยือกแข็ง แต่มีค่าพีเอชลดลงเล็กน้อยหลังการแช่เยือกแข็ง การเพิ่มขึ้นของพีเอชในระหว่างการแปรรูปก่อนการแช่เยือกแข็ง อาจมีผลจากการเก็บกุ้งไว้ในน้ำแข็งเพื่อรอการแปรรูปเป็นเวลานาน (14-16 ชั่วโมง) จึงทำให้กุ้งผ่านระยะการเกร็งตัวทำให้เกิดย่อยสลายโดยเอนไซม์จากตัวกุ้งเอง และจากจุลินทรีย์เป็นไปได้ง่ายยิ่งขึ้น นอกจากนี้ระหว่างการแปรรูปก่อนการแช่เยือกแข็งไม่สามารถรักษาอุณหภูมิภายในตัวกุ้งให้ต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส ได้ตลอด จึงเป็นเหตุให้โปรตีนเกิดการสลายตัวได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตามตลอดขั้นตอนการปฏิบัติ กุ้งมีพีเอชต่ำกว่า 7.30 ซึ่งมีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับ (ผ่องเพ็ญ รัตนกูล และคณะ, 2529; Lakshmanan, et., 1988; Raiz and Qadri, 1979)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด ของกุ้งในแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดก่อนการเก็บเกี่ยวมีค่าต่ำสุด (6.30-6.70 มก/100 กรัม) และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 6.80-7.20

และ 8.70-9.10 มก/100 กรัม ที่ระยะหลังการเก็บเกี่ยวก่อนการแปรรูป และระหว่างการแปรรูปตามลำดับ แต่ลดลงเล็กน้อย (8.10-8.70 มก/100 กรัม) หลังการแปรรูปเป็นกุ้งแช่เยือกแข็ง (ตารางที่ 9) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ ผ่องเพ็ญ รัตตกูล และคณะ (2529) พบว่าปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดของกุ้งก่อนการแช่เยือกแข็ง 16.08 มก/100 กรัม และลดลงมาเป็น 9.82 มก/100 กรัม หลังการแช่เยือกแข็ง ซึ่งมากกว่าผลการทดลองครั้งนี้ แต่ก็มีแนวโน้มลดลงเหมือนกันหลังการแช่เยือกแข็งปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจเกิดจากการแพร่กระจายของด่างที่ระเหยได้ไปสู่น้ำในระหว่างการแช่กุ้งในน้ำเย็นหลังการแยกสีและในถาดที่มีน้ำระหว่างการแช่เยือกแข็ง (ดูรายละเอียดตามรูปที่ 1)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ในขั้นตอนต่างๆ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นมีค่าประมาณ 2.43-3.57x10^4 โคโลนี/กรัม และหลังการแปรรูปเป็นกุ้งแช่เยือกแข็งแล้ว ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 3.13 - 7.56 x 10^4 โคโลนี/กรัม ซึ่งนับว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และไม่ปรากฏว่ามีแบคทีเรียในกลุ่ม coliforms, *S.aureus*, *V. parahaemolyticus* และ *Salmonella* spp. ตลอดทุกขั้นตอนการปฏิบัติ (ตารางที่ 6) การที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นของการทดลองนี้ต่ำกว่าการทดลองของ ผ่องเพ็ญ รัตตกูล และคณะ (2529) ที่พบว่าหลังการแช่เยือกแข็งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุ้งมีค่าลดลงจาก 10^6 โคโลนี/กรัม เป็น 10^3-10^4 โคโลนี/กรัม อาจเป็นผลมาจากความสะอาดของวัตถุดิบที่แตกต่างกัน แต่เมื่อผ่านการแช่เยือกแข็งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบชิมพบว่ากุ้งก่อนการเก็บเกี่ยวมีคะแนนการยอมรับสูงกว่ากุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง ในทุกคุณลักษณะที่ตรวจสอบยกเว้นคะแนนด้านกลิ่น(ตารางที่ 10) ทั้งนี้อาจเนื่องจากสาเหตุเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี นอกจากนี้การคัดขนาดโดยใช้เครื่องจักรทำให้กุ้งเกิด

การกระแทก จนทำให้เกิดอาการเปลือกหลวม และตัวนิ่มได้ ซึ่งจะมีผลก่อให้เกิดการสูญเสียคุณภาพจากการทิ่มแทงของผลึกน้ำแข็งได้ง่าย ประกอบกับความล่าช้าของการผลิตและขั้นตอนของการล้างทำความสะอาดทำให้คุณภาพของกุ้งแช่เยือกแข็งที่ได้ลดต่ำลง Raiz และ Qadri (1979) พบว่าคะแนนการทดสอบชิมในกุ้งแช่เยือกแข็ง มีค่าลดลงตามระยะเวลาของการดองกุ้งในน้ำแข็ง

ตอนที่ 6 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งกุลาดำระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง

ผลของการเก็บกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็ง ไว้ในห้องเก็บอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 3 เดือน พบว่าพีเอชของกุ้งก่อนและหลังการเก็บรักษามีค่าประมาณ 6.80 7.10 และ 6.80-7.20 ตามลำดับ (ตารางที่ 11) ซึ่งถือว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และจัดว่ายังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี (ผ่องเพ็ญ รัตตกูล และคณะ 2529: Raiz and Qadri, 1979)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงเพียงเล็กน้อย แต่มีแนวโน้มว่าจะลดลงเรื่อยๆ โดยกุ้งแช่เยือกแข็งมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นประมาณ $3.13\text{-}7.56\times10^{4}$ โคโลนี/กรัม และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน มีปริมาณจุลินทรีย์ลดลงเป็น $4.70\text{-}7.70\times10^{3}$ โคโลนี/กรัม และผลการวิเคราะห์ชนิดของแบคทีเรียไม่พบ coliforms, *S. aureus*, *V. parahaemolyticus* และ *Salmonella* spp. (ตารางที่11) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของผ่องเพ็ญ รัตตกูล และคณะ (2529) การลดลงของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแล้วเป็นผลเนื่องจากเซลล์ถูกทำลายโดยผลึกน้ำแข็งนั่นเอง นอกจากนี้ยังทวีความรุนแรงขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บไว้อีกด้วย

ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดและปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเนื้อกุ้งขณะละลายมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาของการเก็บ (ตารางที่ 8) จึงน่าจะเป็นดัชนีในการบ่งบอกถึงการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งได้ ทั้งนี้เกิดจากผนังเซลล์ของเนื้อกุ้งถูกทำลายเนื่องจากผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในระหว่างการแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษา ซึ่งจะเกิดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา (Dore, 1989) อย่างไรก็ตามแม้ว่าปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บ แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งแช่เยือกแข็งมีค่าลดลงตามระยะเวลาของการเก็บ (ตารางที่ 12) แต่ยังมีค่าคะแนนการยอมรับสูงกว่า5ในทุกคุณลักษณะที่ตรวจสอบโดยที่คะแนนการยอมรับเริ่มต้นในทุกลักษณะมีค่าอยู่ในช่วง7.10-7.60 และเมื่อสิ้นสุดการเก็บคะแนนการยอมรับลดลงมาอยู่ในช่วง 6.08-6.44

กุ้งในบ่อ

↓ ----------ก่อนการเก็บเกี่ยว

เก็บเกี่ยว

↓ ----------ก่อนสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว

ทำให้สลบด้วยน้ำเย็นจัด

เรียงในถังสลับกับน้ำแข็ง

ขนส่งถึงโรงงาน <----------กุ้งจากพ่อค้าคนกลาง

↓ ----------หลังการเก็บเกี่ยว/

ก่อนการแปรรูป

ทำความสะอาดขั้นต้น

เก็บที่ 2-6 องศาเซลเซียส

ล้างน้ำ

เด็ดหัว

คัดขนาด

แยกสี

↓ ----------ระหว่างการแปรรูป

เรียงลงในถาด

แช่เยือกแข็ง

↓ ----------หลังการแปรรูป

เก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ----------ระหว่างการเก็บรักษา

ภาพที่ 1 : กระบวนการแปรรูปกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำและคุณภาพของกุ้งกุลาดำในบ่อเลี้ยงก่อนการเก็บเกี่ยว และก่อนสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว

ตัวอย่าง	ค่าที่วัด	ระยะเวลา	
		ก่อนการเก็บเกี่ยว	ก่อนสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว (0.5-1 ชั่วโมง)
น้ำ	pH	8.10-8.44	7.90-8.35
	Salinity (ppt)	37-42	38-42
	TVC(10 CFU/ml)	1.00-6.30	2.10-7.50
	Coliforms (MPN)	ไม่พบ	ไม่พบ
	E. coli (MPN)	-**	-
	S. aureus	ไม่พบ	ไม่พบ
	V. parahaemolyticus	ไม่พบ	ไม่พบ
	Salmonella spp.	ไม่พบ	ไม่พบ
กุ้ง	pH	6.50-6.70	6.52-6.69
	TVC(10 CFU/g)	30.00-75.00	14.00-19.00
	Coliforms (MPN)	ไม่พบ	ไม่พบ
	E. coli (MPN)	-	-
	S. aureus	ไม่พบ	ไม่พบ
	V. parahaemolyticus	ไม่พบ	ไม่พบ
	Salmonella spp.	ไม่พบ	ไม่พบ

* ช่วงของค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 5 บ่อ ๆ ละ 2 ซ้ำ

** ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของกุ้งกุลาดำน้ำเค็ม และกุ้งกุลาดำน้ำกร่อยระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง

ตัวอย่าง	ค่าที่วัด	ระยะเวลาของการเก็บ (วัน) 0	2	4
กุ้งน้ำเค็ม	pH	6.60-6.70*	6.90-7.10	7.30-7.40
	TVB (mg/100 g)	11.80-12.10	15.40-16.00	18.50-19.00
	TVC (10^4 CFU/g)	0.83-0.95	3.80-4.20	7.10-8.60
	Coliforms (MPN)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	E. coli (MPN)	-**	-	-
	S. aureus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	V. parahaemolyticus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	Salmonella spp.	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
กุ้งน้ำกร่อย	pH	6.80-6.90	7.30-7.40	7.30-7.50
	TVB (mg/100 g)	13.70-14.20	17.00-17.80	23.20-24.00
	TVC (10^4 CFU/g)	1.50-2.30	76.00-98.00	89.00-98.00
	Coliforms (MPN)	10	10	10
	E. coli (MPN)	4	9	3
	S. aureus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	V. parahaemolyticus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	Salmonella spp.	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

* ช่วงของค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ ตัวอย่างละ 2 บ่อ ๆ ละ 2 ซ้ำ

** ไม่ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 3 การยอมรับเคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งกุลาดำน้ำเค็มและกุ้งกุลาดำน้ำกร่อยระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง

ตัวอย่าง	ระยะเวลาของการเก็บ (วัน)	คุณลักษณะที่ตรวจสอบ				
		สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏรวม
กุ้งน้ำเค็ม	0	6.83a*	8.12a	8.33a	8.12a	8.04a
	2	6.50b	7.58b	7.70b	7.83b	7.87b
	4	6.08c	6.12c	6.12c	6.08c	6.16c
กุ้งน้ำกร่อย	0	6.79a	6.95a	6.87a	6.54a	6.45a
	2	5.54b	5.83b	6.66b	5.83b	5.95b
	4	5.04c	5.04c	5.04c	5.04c	5.08c

* ค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกหัดแล้วจำนวน 6 คน (จำนวน 2 ซ้ำ) (คะแนนสูงสุดคือ 9 = ชอบมากที่สุด คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) ตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันของตัวอย่างแต่ละประเภทแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของกุ้งกุลาดำน้ำเค็มระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ตัวอย่าง	ค่าที่วัด	ระยะเวลาของการเก็บ (วัน)						
		0	2	4	6	8	10	11
กุ้งจากเกษตรกร	pH	6.35*	6.87	7.11	7.25	7.33	7.49	7.44
	TVB (mg/100 g)	5.80	6.92	15.60	22.00	25.55	28.50	31.00
	TVC (10^4 CFU/g)	3.90	2.60	1.80	14.00	25.00	48.00	39.00
	Coliforms (MPN)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	E. coli (MPN)	-**	-	-	-	-	-	-
	S. aureus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	V. parahaemolyticus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
กุ้งจากพ่อค้าคนกลาง	pH	6.49	7.02	7.42	7.67	7.73	7.58	7.76
	TVB (mg/100 g)	12.80	18.50	19.80	34.00	91.00	100.00	126.00
	TVC (10^4 CFU/g)	42.50	28.00	27.00	28.00	38.00	28.00	98.00
	Coliforms (MPN)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	E. coli (MPN)	-	-	-	-	-	-	-
	S. aureus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	V. parahaemolyticus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	Salimonella spp.	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

* ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

** ไม่ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบชิมกุ้งกุลาดำจากเกษตรกร และจากพ่อค้าคนกลาง

ตัวอย่าง	ระยะเวลาของการเก็บ (วัน)	คุณลักษณะที่ตรวจสอบ				
		สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏรวม
กุ้งจากเกษตรกร	0	8.10a*	7.50a	8.30a	8.53a	7.50a
	2	7.71b	7.14b	7.65b	8.32b	6.49b
	4	6.84c	6.90c	7.21c	7.29c	6.05d
	6	6.10d	6.32d	6.04f	6.24d	5.78e
	8	5.05e	5.04f	5.01g	4.90f	4.93g
กุ้งจากพ่อค้า	0	7.93a	7.10b	6.90d	6.38d	6.25c
คนกลาง	2	6.82c	6.14e	6.22e	5.57e	5.21f
	4	5.91d	4.92g	4.98h	4.84f	4.80g
	6	4.80f	4.53h	4.63i	4.25g	4.45h
	8	4.11g	4.15i	4.02j	3.92h	3.10i

* ค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกหัดแล้วจำนวน 6 คน (จำนวน 2 ซ้ำ) (คะแนนสูงสุดคือ 9 = ชอบมากที่สุด คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) ตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลง พีเอช ปริมาณด่างที่ระเหยได้ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระในกุ้งกุลาดำที่ใช้สารเคมีช่วยยืดอายุการเก็บ

ชุดทดลอง	ระยะเวลาของการเก็บ (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
	พีเอช					
ชุดควบคุม	6.90*	7.22	7.44	7.60	7.75	8.01
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟท	6.90	7.14	7.29	7.65	7.74	7.95
โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์	6.90	7.05	7.21	7.38	7.53	7.48
	ปริมาณด่างที่ระเหยได้ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)					
ชุดควบคุม	11.45	14.22	18.73	22.84	30.51	47.20
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟท	11.45	14.10	17.64	21.98	28.47	40.35
โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์	11.45	12.11	14.59	16.94	22.27	35.48
	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระ (พีพีเอ็ม)					
โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์	-	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0

* ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และ coliforms ในกุ้งกุลาดำ ขณะเก็บรักษาโดยใช้สารเคมี

ชุดทดลอง	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด					
	ระยะเวลาของการเก็บ (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)					
ชุดควบคุม	3.90×10^{4}	6.80×10^{4}	1.55×10^{5}	4.80×10^{5}	1.45×10^{6}	2.70×10^{6}
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟท	3.90×10^{4}	4.45×10^{4}	7.75×10^{4}	1.55×10^{5}	3.85×10^{5}	6.80×10^{5}
โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์	3.90×10^{4}	7.00×10^{4}	1.10×10^{5}	2.60×10^{5}	7.80×10^{5}	1.75×10^{6}
	จำนวน coliform (MPN/กรัม)					
ชุดควบคุม	9	29	240	1,100	930	460
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟท	-	23	240	460	150	240
โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์	-	36	95	460	240	75

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบชิมกุ้งกุลาดำที่ใช้สารเคมีช่วยยืดอายุการเก็บ

ชุดทดลอง	อายุการเก็บ (วัน)	สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏรวม
ชุดควบคุม	0	7.25a*	7.50a	7.20a	7.35a	7.25a
	2	5.86c	5.14c	6.48b	6.03c	6.37c
	4	5.13e	5.13f	4.93c	4.70c	5.26e
	6	4.74f	4.33h	4.18c	3.66g	4.10h
	8	3.83g	3.79i	1.89h	2.84i	2.98
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟท	0	7.25a	7.50a	7.20a	7.35a	7.25a
	2	5.88c	6.01c	6.49b	6.05c	6.09d
	4	5.10e	5.06f	5.03c	4.85c	5.06f
	6	4.38f	4.26h	4.40d	3.80g	3.83i
	8	3.85g	3.68i	2.28g	2.91i	2.92h
โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์	0	7.25a	7.50a	7.20a	7.35a	7.25a
	2	6.67b	6.84b	6.55b	6.63b	6.65b
	4	5.38d	5.48d	5.06c	5.26d	5.34c
	6	5.06e	5.28e	4.34d	4.11f	4.62g
	8	4.13h	4.83g	2.75f	3.22h	3.28i

* ค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกหัดแล้ว จำนวน 6 คน (3 ซ้ำ)
คะแนนสูงสุดคือ 9 = ชอบมากที่สุด คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด
ตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 9 ผลของขั้นตอนการปฏิบัติต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของกุ้งกุลาดำ

ค่าที่วัด	ขั้นตอนการปฏิบัติ			
	ก่อนการเก็บเกี่ยว (กุ้งทั้งตัว:ในบ่อเลี้ยงกุ้ง)	หลังการเก็บเกี่ยว (กุ้งทั้งตัว:ถึงโรงงาน	ระหว่างการแปรรูป (กุ้งเด็ดหัว:ก่อนแช่เยือกแข็ง)	หลังการแปรรูป (กุ้งเด็ดหัว:หลังแช่เยือกแข็ง)
pH	6.50-6.60*	6.60-6.80	7.10-7.30	6.80-7.10
TVB (mg/100 g)	6.30-6.70	6.80-7.20	8.70-9.10	8.10-8.70
TVC (10^4 CFU/g)	2.43-3.57	5.61-7.45	5.42-8.34	3.13-7.56
Coliforms (MPN)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
E. coli (MPN)	-**	-	-	-
S. aureus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
V. parahaemolyticus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Salmonella spp.	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

* ช่วงของค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 บ่อ ๆ ละ 2 ซ้ำ

** ไม่ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 10 ผลของขั้นตอนการปฏิบัติต่อการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งกุลาดำ

ขั้นตอนการปฏิบัติ		
คุณลักษณะที่ตรวจสอบ	ก่อนการเก็บเกี่ยว (กุ้งทั้งตัว:ในบ่อเลี้ยงกุ้ง)	หลังการแปรรูป (กุ้งเด็ดหัว:หลังแช่เยือกแข็ง)
สี	8.27a*	7.61b
กลิ่น	7.58a	7.26a
รส	7.69a	7.11b
เนื้อสัมผัส	8.02a	7.61b
ลักษณะปรากฏรวม	7.88a	7.35b

* ค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกหัดแล้วจำนวน 6 คน (3 ซ้ำ)
(คะแนนสูงสุดคือ 9 = ชอบมากที่สุด คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด)
ตัวอักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 11 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ค่าที่วัด	ระยะเวลาของการเก็บ (สัปดาห์)			
	0	4	8	12
pH	6.80-7.10*	6.70-7.20	6.60-7.00	6.80-7.20
free drip (%)	3.40-4.00	4.00-4.40	4.00-5.00	4.50-6.00
TVB (mg/100 g)	8.10-8.70	8.20-9.00	9.00-9.70	10.20-11.40
TVC (10^4 CFU/g)	3.13-7.56	3.40-5.30	1.20-1.70	0.47-0.77
Coliforms (MPN)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
E. coli (MPN)	-**	-	-	-
S. aureus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
V. parahaemolyticus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Salmonella spp.	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

* ช่วงของค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 บ่อ ๆ ละ 2 ซ้ำ

** ไม่ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบชิมกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาของการเก็บ (สัปดาห์)	คุณลักษณะที่ตรวจสอบ				
	สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏรวม
0	7.61a*	7.26a	7.11a	7.61a	7.35a
4	6.94b	6.91b	6.36b	7.22b	6.63b
8	6.58c	6.44c	6.19c	6.55c	6.47c
12	6.36d	6.30d	6.08d	6.44d	6.33d

* ค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกหัดแล้วจำนวน 6 คน (3 ซ้ำ)
(คะแนนสูงสุดคือ 9 = ชอบมากที่สุด คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด)
ตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สรุป

1. น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งมีพีเอชอยู่ในช่วง 7.90-8.44 มีจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.00-7.50x10^3 โคโลนี/กรัม มีความเค็ม 37-42 พีพีที และกุ้งที่ก่อนการเก็บเกี่ยวและก่อนสิ้นสุดการเก็บเกี่ยวมี พีเอช อยู่ในช่วง 6.50-7.00 และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.4-9.1x10^4 โคโลนี/กรัม ตรวจไม่พบแบคทีเรียกลุ่ม coliforms, *S aureus*, *V. parahaemolyticus* และ *Salmonella* ทั้งในน้ำและในกุ้ง

2. กุ้งกุลาดำน้ำเค็ม (ความเค็ม 37- 42 พีพีที) มีคุณภาพทั้งด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ดีกว่ากุ้งกุลาดำน้ำกร่อย (ความเค็มต่ำกว่า 30 พีพีที) การประเมินผลทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบชิมก็ได้รับการยอมรับสูงกว่ากุ้งน้ำกร่อย

3. เมื่อเก็บรักษากุ้งกุลาดำไว้ในน้ำแข็ง โดยใช้กุ้งของเกษตรกรที่เก็บเกี่ยวและเก็บรักษาอย่างถูกต้องก่อนนำส่งโรงงานเปรียบเทียบกับกุ้งที่รับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง พบว่ากุ้งกุลาดำจากเกษตรกรมีคุณภาพทั้งด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ดีกว่ากุ้งจากพ่อค้าคนกลาง การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิมพบว่าสามารถเก็บกุ้งจากเกษตรกรในน้ำแข็งได้นาน 8 วัน แต่กุ้งจากพ่อค้าคนกลาง มีอายุการเก็บในน้ำแข็งไม่ถึง 6 วัน

4. กุ้งที่จุ่มในโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์แล้วเก็บในน้ำแข็ง มีอายุการเก็บและได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีกว่า กุ้งที่จุ่มโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟท และกุ้งชุดควบคุม

5. ขั้นตอนการปฏิบัติตั้งแต่กุ้งอยู่ในบ่อ การเก็บเกี่ยว การขนส่ง การแปรรูป และการแช่แข็ง ล้วนมีผลให้คุณภาพทางด้านกายภาพ และเคมี ของกุ้งลดลง แต่คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันมาก

6. การเก็บรักษากุ้งแช่เยือกแข็งที่ -18 องศาเซลเซียส นาน 3 เดือน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอช และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แต่มีผลต่อปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด และปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเนื้อกุ้งขณะละลาย การทดสอบชิมพบว่าคะแนนการยอมรับลดลงตามอายุการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามแม้จะเก็บรักษาไว้นาน 3 เดือนก็ยังเป็นที่ยอมรับอยู่

เอกสารอ้างอิง

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2534. คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. บริษัทฐานเศรษฐกิจ จำกัด กรุงเทพ.

บรรจง นวลพลับ. 2530. การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม บางเขน กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ สายสิทธิ์. 2527. คู่มือการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประมง. การประชุมสัมมนาวิชาการ แนวทางพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ 14-15 พฤศจิกายน 2527 คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผ่องเพ็ญ รัตตกูล นิรชา วงษ์จินดา ปรีดา เมธาทิพย์ และนฤมล แสงทอง. 2529. วิธีการผลิตกุ้งระดับอุตสาหกรรมให้ถูกลักษณะ. รายงานประจำปี 2529 กองพัฒนาอุตสาหกรรม สัตว์น้ำกรมประมง. 121-131.

ภัทราพร ยุธาชิต ศุภยางค์ วรวุฒิคุณชัย และประเสริฐ สันตินานาสิศ. 2533. การศึกษาแบคทีเรียที่ประจำอยู่ในทางเดินอาหารของกุ้งกุลาดำ. วารสารสงขลานครินทร์ 2:151-157.

มนตรี กฤษณีไพบูลย์. 2529. การศึกษาปริมาณแบคทีเรียในน้ำทะเลสาบที่ท่าเทียบเรือสงขลา. รายงานประจำปี 2529 กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำประมง. 121-131.

มอก. 2529. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกุ้งแช่เยือกแข็ง (มอก. 165). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

ศูนย์สถิติการเกษตร 2536 สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2535/2536 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 445.

Almas, K.A. 1981. Chemistry and microbiology of fish processing. Department of Biochemistry. Norwegian Institute of Technology., University of Trondheim. Norway.

Barclay, M.C., Dall, W. and Smith, D.M. 1983 Changes in lipid and protein during starvation and the moulting cycle in the Tiger prawn, *Penaeus esculentus* Haswell. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 68:229-244.

Chang, O., Cheuk, W. Nickelson, R., Martin, R. and Finne, G. 1983.Indole in shrimp. : Effect of fresh storage temperature,freezing and boiling. J. Food Sci. 48:813-816.

Chen, H-C., Moody, W.M. and Jiang, S-T. 1990. Changes in biochemical and bacteriological quality of grass prawn during transportation by iceing and oxygenating. J. Food Sci. 55: 670-673.

Clucas, I.J. 1982. Fish handling preservation and processing in the tropics : Part 2.G. 143. Tropical Products Institue, London.

Cobb III, B.F. and Vanderzant. 1971. Biochemical changes in shrimp inoculated with Pseudomonas, Bacillus and coryneform bacterium. J. Milk Food Technol. 34:533-540.

Cobb III, B.F., Vanderzant, C., Hanna, M.O. and Yeh, C-P.S. 1976. Effect of ice storage on microbiological and chemical changes in shrimp and melting ice in a model system. J. Food Sci. 41: 29-34.

Dore, I. 1989. The new frozen seafood handbook : a complete reference for the seafood business. Osprey Books Huntington, New York.

Eitenmiller, R.R. 1974. Cathepsin activity of *Penaeus setiferus* muscle. J. Food Sci. 37.6-9.

Fatima, R. and Qudri, R.B. 1979. Studies on the prolongation of keeping quality of shrimp in ice. Pakistan J. Sci. Ind. Res. 22: 332-337.

Fatima, R., Farooqui, B. and Qadri, R.B. 1981. Inosine monophosphate and hypoxanthine as indices quality of shrimp (*Penaeus merguiensis*). J. Food Sci. 46: 1125-1131.

Fieger, E.A., Bailey, M.E. and Novak, A.F. 1958. Effect of delayed handling upon shrimp quality during subsequent refrigerated storage. Food Technol. 12: 297-301.

Flick, G. and Lovell, R.T. 1972. Post-mortem biochemical changes in the muscle of Gulf shrimp, *Penaeus* aztecus. J. Food Sci. 37: 609-611.

Flores, S.C. and Crawford, D.L. 1973. Post-mortem quality changes in iced Pacific shrimp (*Pandalus jordani*) J. Food Sci. 45: 786-790.

Friedman, P.J. 1977. Biochemistry. Boldgett Memorial Medical Center. Grand Rapids, Michigan.

Gill, C.O. 1982. Microbial interaction with meat. In Meat microbiology. Brown, M.H. (ed) Applied Science Publishers. London and New York p.225-264.

Grey, D.L., Dall, W. and Baker, A. 1983. A guide to the Australian Penaeid prawn. Northern Territory Government. Printing Office. Australia.

Hasegawa, H. 1987. Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products. Marine Fisheries Research Department. SEAFDEC. Singapore.

Iyengar, J.B., Visweswariah, K., Moorjani, M.A. and Bhatia, D.S. 1960. Spoilage of ice-stored shrimp. J. Fish Res. Bd. Canada. 17:475-485.

Jiang, S-T. and Lee, T-C. 1988. Effect of modified ice storage on the quality and prevention of darkening discoloration of shrimp Solenocera prominentis. Nippon Suisan Gakkaishi. 54: 1415-1452.

Krishamurthy, B.V. and Karunasagar, I. 1986. Microbiology of shrimps handled and stored in chilled seawater and in ice. J. Food Sci & Technol. 23: 148-152.

Larmond, E. 1977 Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food. Rcscach Branch, Canada Department of Agriculture (Publication 1637).

Lenninger, A.L. 1985. Principles of Biochemistry. Worth Publisher, Inc.

MoCoid, V.R., Miget, R. and Finne, G. 1984. Effect of environmental salinity on the free amino acid composition and concentration in Penaeid shrimp. J. Food Sci. 49: 327-330.

Matsumoto, M. and Yamanaka, H. 1990. Post-mortem biochemical changes in the muscle of Kuruma prawn during storage and evaluation of freshness. Nippon Suisan Gakkaishi. 56: 1145-1149.

Montgomery, W.A., Sidhu, G.S. and Vale, G.L. 1970. The Australian prawn industry. 1. Natural resources and quality aspects of whole cooked fresh prawns and frozen prawn meat. CSIRO Food Prservation Quart. 30: 21-27.

Ng, C.S., Chin, YIN., Lim, P.Y., Tan, C.E., Nikkuni, S. and Bito, M. 1982. Changes in quality in white promfret, Chiness promfret and grouper during ice storage, Bull Jap. Soc. Sci. Fish. 49: 769-775.

Noguchi, E. 1972. Ice storage in utiliation of marine products. Overseas Technical Coperation Agency, Government of Japan, Japan.

Papadopoulos, L. and Finne, G. 1986. Effect of environmental salinity on sensory characteristics of Penaeid shrimp. J. Food Sci. 51: 812-814.

Pyle, M.L. and Koburger, J.A. 1984. Increased sensitization of shrimp microflora to hypochlorite following a sodium dip. J. Food Protect. 47: 375-377.

Ramamurthy, V.D. 1990. US quality standards for frozen raw headless shrimp. INFOFISH International 1: 50-52.

Shamshad, S.I. Nisa, K-UN., Rai, M. uberi, R. and Qudri, R.B. 1990. Shelf life of shrimp (*Penaeus merguiensis*) stored at different temperatures. J. Food Sci. 55: 1201-1242.

ภาคผนวก

การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่างสำหรับวัดพีเอช

นำตัวอย่างกุ้งกุลาดำทั้งตัวจำนวน 2-3 ตัวมาปอกเปลือกออกแล้วบดสับด้วยเครื่องบดประมาณ 2 นาทีจนเป็นเนื้อเดียวกัน ชั่งตัวอย่างกุ้งที่บดสับแล้ว 10 กรัม เติมน้ำ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้ววัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

2. การเตรียมตัวอย่างสำหรับวัดปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเนื้อกุ้ง ขณะทำละลาย

2.1 เจาะตัวอย่างกุ้งแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องเจาะจุกคอร์กที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. 4-5 จุด แล้วตัดให้มีความหนา 0.5 ซม. เพื่อให้ได้ตัวอย่าง 8-10 ชิ้น

2.2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแต่ละชิ้น (สมมุติว่าเป็น x กรัม) แล้วนำไปวางไว้ในจานเพาะเชื้อที่มีกระดาษกรองวางรองอยู่ 2 แผ่น ปิดฝาจานเพาะเชื้อแล้วเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2.3 นำตัวอย่างแต่ละชิ้นออกมาชั่ง (สมมุติว่าเป็น y กรัม) แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยตัวอย่างทั้งหมด โดย

$$\text{Free drip} = \frac{(X-Y)x100}{X}$$

ภาคผนวก

การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่างสำหรับวัดพีเอช

นำตัวอย่างกุ้งกุลาดำทั้งตัวจำนวน 2-3 ตัวมาปอกเปลือกออกแล้วบดสับด้วยเครื่องบดประมาณ 2 นาทีจนเป็นเนื้อเดียวกัน ชั่งตัวอย่างกุ้งที่บดสับแล้ว 10 กรัม เติมน้ำ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้ววัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

2. การเตรียมตัวอย่างสำหรับวัดปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเนื้อกุ้ง ขณะทำละลาย

2.1 เจาะตัวอย่างกุ้งแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องเจาะจุกคอร์กที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. 4-5 จุด แล้วตัดให้มีความหนา 0.5 ซม. เพื่อให้ได้ตัวอย่าง 8-10 ชิ้น

2.2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแต่ละชิ้น (สมมุติว่าเป็น x กรัม) แล้วนำไปวางไว้ในจานเพาะเชื้อที่มีกระดาษกรองวางรองอยู่ 2 แผ่น ปิดฝาจานเพาะเชื้อแล้วเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2.3 นำตัวอย่างแต่ละชิ้นออกมาชั่ง (สมมุติว่าเป็น y กรัม) แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยตัวอย่างทั้งหมด โดย

$$\text{Free drip} = \frac{(X-Y)x100}{X}$$

3. การเตรียมตัวอย่างสำหรับหาค่าปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด

นำตัวอย่างกุ้งกุลาดำทั้งตัวจำนวน 2-3 ตัว มาปอกเปลือกแล้วบดสับด้วยเครื่องบดประมาณ 2 นาที ชั่งตัวอย่างกุ้งน้ำหนักแน่นอน 2 กรัม เติม 4 เปอร์เซนต์ กรดไตร-คลอโรอิซิกติก (Trichloroacetic : TCA) เย็น 8 มิลลิลิตร บดด้วยโกร่งบดยา (ที่แช่อยู่ในน้ำแข็ง) ถ่ายสารละลายตัวอย่างลงในหลอดหมุนเหวี่ยงปิดฝาหลอดด้วยแผ่นพาราฟิน นำเข้าเครื่องแยกเหวี่ยง 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนที่เป็นสารละลายไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการวิเคราะห์โดยวิธี Conway (Hasegawa, 1987)

4. การเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

สุ่มตัวอย่างกุ้งกุลาดำทั้งตัวจำนวน 5-7 ตัวมาตัดเป็นชิ้นแล้วสุ่มชั่งให้ได้น้ำหนัก 50 กรัม ใส่ลงในถุงพลาสติกที่ปราศจากเชื้อผสมให้เข้ากันดีกับน้ำเกลือ 0.85 เปอร์-เซนต์ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ปริมาตร 450 มิลลิลิตร โดยใช้ stomacher นาน 1 นาที แล้วใช้ปิเปตที่นึ่งฆ่าเชื้อดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้ได้ไปทำให้ได้ความเจือจางเป็น 1:100,1:1000 และ 1:1000 ในหลอดทดลองที่มีน้ำเกลือเข้มข้น 0.85 เปอร์เซนต์ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วหลอดละ 9 มิลลิลิตร แล้วนำตัวอย่างเจือจางที่เหมาะสม ไปหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด coliforms และ S. aureus.

ตัวอย่างกุ้งที่ใช้หา *Salmonella* spp. ใช้กุ้งบด 25 กรัม ใส่ถุงปราศจากเชื้อที่มี Lactose broth 225 มิลลิลิตร แล้วผสมกันโดยใช้ stomacher นาน 1 นาที แล้วจึงหาตามวิธีของ Hasegawa (1987)

ตัวอย่างกุ้งที่ใช้หา *V. parahaemolyticus.* ใช้กุ้งขนาด 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกปราศจากเชื้อที่มีน้ำเกลือ 3 เปอร์เซนต์ 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ stomacher นาน 1 นาที แล้วจึงหาตามวิธีของ Hasegawa (1987)

5. การเตรียมตัวอย่างกุ้งเพื่อทดสอบชิม

นำตัวอย่างที่ผ่านการล้างทำความสะอาดมานึ่งให้สุกด้วยหม้อนึ่งแบบธรรมดา (ลังถึง) โดยทำการนึ่งกุ้งเมื่อน้ำเดือดแล้ว ใช้เวลาในการนึ่ง 3 นาที นำกุ้งที่นึ่งสุกแล้วสุ่มให้ตัวเลขโดยใช้ตารางตัวเลขสุ่ม จัดตัวอย่างให้แก่ผู้ทดสอบชิม พร้อมกับน้ำเย็นธรรมดาไว้สำหรับล้างปากก่อนชิม และหลังการชิมแต่ละตัวอย่าง ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 6 คน และให้ตัวอย่างทดสอบครั้งละไม่เกิน 4 ตัวอย่าง

แบบทดสอบชิม

กุ้งกุลาดำนึ่ง

ชื่อผู้ชิม..... เพศ.....

วันที่..... เวลา.....

โปรดอ่านคำบรรยายให้เข้าใจก่อนชิม จักขอบคุณยิ่ง

คำอธิบาย กุ้งกุลาดำที่มีคุณภาพดีเมื่อนึ่งให้สุกจะมีปัจจัยในการพิจารณาคุณภาพดังนี้

1. สี : กุ้งนึ่งมีสีส้มหรือแดงสด ตามธรรมชาติของกุ้งนึ่ง
2. กลิ่น : สามารถพิจารณาได้โดยการดมและการชิม ซึ่งกลิ่นของกุ้งนึ่งคุณภาพดีมีกลิ่นหอมของเนื้อกุ้งสุก
3. รส : สามารถพิจารณาได้โดยการดม และการชิม ซึ่งรสของกุ้งนึ่งคุณภาพดีควรมีรสหอมหวานของเนื้อกุ้งสุก
4. เนื้อสัมผัส : กุ้งนึ่งคุณภาพดี ควรมีลักษณะยืดหยุ่น ต้านทานแรงกัดเคี้ยว มีความฉ่ำ ไม่นิ่ม หรือเปื่อยยุ่ย
5. คุณลักษณะปรากฏรวม : เป็นการพิจารณาคุณภาพดังกล่าวทั้งหมดโดยภาพรวม

แบบทดสอบชิมสำหรับ

Hedonic Scale

ชื่อ.....วันที่.....

ผลิตภัณฑ์.....

โปรดชิมตัวอย่างเหล่านี้แล้วให้คะแนนตามระดับความชอบดังนี้

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

ตัวอย่าง	คุณลักษณะที่ต้องการทดสอบ				
	สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏรวม
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....