

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๑๑ / ๒๕๕๑



Technical Paper No. 11 /2008

การพัฒนาวิธีการเก็บรักษากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) แช่เย็น

Development of Handling of Ice Stored White Shrimp

(*Litopenaeus vannamei*)

สุภาพร สิริมานูยุดต์

Supaporn Sirimanuyutt

วัลย์ คลีณาชา

Walai Kleechaya

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

Fishery Technological Development Division

กรมประมง

Department of Fisheries

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๑๑ / ๒๕๕๑



Technical Paper No. 11 / 2008

การพัฒนาวิธีการเก็บรักษากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) แช่เย็น

Development of Handling of Ice Stored White Shrimp

(*Litopenaeus vannamei*)

สุภาพร สิริมานุยุตต์

Supaporn Sirimanuyutt

วัลย์ คลีฉายา

Walai Kleechaya

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

Fishery Technological Development Division

กรมประมง

Department of Fisheries

๒๕๕๑

2008

รหัสทะเบียนวิจัยเลขที่ 49-0802-49102-002

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	4
วิธีดำเนินการ	4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	6
สรุปผลการทดลอง	11
คำขอขอบคุณ	12
เอกสารอ้างอิง	12
ภาคผนวก	18

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ค่าเคมีในกุ้งขาวที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง	6
2. ปริมาณจุลินทรีย์ในกุ้งขาวที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง	7
3. ปริมาณ TVB-N ในกุ้งขาวแช่เย็น	8
4. K-value ในกุ้งขาวแช่เย็น	9
5. ปริมาณ Psychrophile ในกุ้งขาวแช่เย็น	9
6. ความสัมพันธ์ระหว่าง K-value และคะแนนการยอมรับรวม	11
ภาพผนวกที่	
1. รถขนส่งกุ้งขาวมีชีวิต	21
2. ถังบรรจุกุ้งขาวมีชีวิตขณะลำเลียง	21
3. ทำให้กุ้งตายในน้ำเย็น	21
4. ถังพลาสติกบุงนนวนบรรจุกุ้งขาวแช่เย็น	21

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกุ้งขาวที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ	15
2. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะของหัว/ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาวแช่เย็น	15
3. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะกลิ่นของกุ้งขาวแช่เย็น	16
4. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะเนื้อ/เนื้อสัมผัสของกุ้งขาวแช่เย็น	16
5. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะเปลือก/รสชาติของกุ้งขาวแช่เย็น	16
6. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสการยอมรับรวมของกุ้งขาวแช่เย็น	17
7. ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างตัวชี้วัดคุณภาพของกุ้งขาวในการเก็บรักษาแบบแช่เย็น	17
ตารางผนวกที่	
1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีในกุ้งขาวที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ	18
2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาในกุ้งขาวที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ	18
3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N (mg/100g) ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น	19
4. การเปลี่ยนแปลง K-value (%) ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น	19
5. การเปลี่ยนแปลง pH ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น	19
6. การเปลี่ยนแปลงความชื้น (%) ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น	20
7. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC (cfu/g) ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น	20
8. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ Psychrophile (cfu/g) ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น	20
9. การเปลี่ยนแปลงปริมาณ Enterobacteriaceae (cfu/g) ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น	21
10. แบบฟอร์มการประเมินคุณภาพกุ้งขาวดิบด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส	22
11. แบบฟอร์มการประเมินคุณภาพกุ้งขาวสุกด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส	23

การพัฒนาวิธีการเก็บรักษากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) แช่เย็น

สุภาพร สิริมานุยุตต์* และวลัย กลีฉายา

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง

บทคัดย่อ

การพัฒนาวิธีการเก็บรักษากุ้งขาวหลังการจับโดยการแช่เย็นในน้ำแข็ง เพื่อรักษาคุณภาพความสด โดยแบ่งการทดลองเป็น 5 แบบ คือ เก็บกุ้งในน้ำแข็งทันที เก็บกุ้งในน้ำแข็งผสมน้ำ และชะลอกุ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 และ 6 ชั่วโมงก่อนเก็บในน้ำแข็ง และเก็บกุ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($30\pm 2^{\circ}\text{C}$) ซึ่งใช้เป็นชุดควบคุม จากการสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า กุ้งที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณ TVB-N, K-value และ indole เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บ และมีปริมาณ TVC เพิ่มขึ้นจาก 10^5 cfu/g เป็น 10^8 cfu/g ปริมาณจุลินทรีย์ที่เจริญในอุณหภูมิต่ำ (Psychrophile) เพิ่มขึ้นจาก 10^3 cfu/g เป็น 10^7 cfu/g และปริมาณ Enterobacteriaceae เพิ่มขึ้นจาก 10^4 cfu/g เป็น 10^7 cfu/g ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งดิบยอมรับได้ไม่เกิน 18 ชั่วโมง และกุ้งสุกยอมรับได้ไม่เกิน 15 ชั่วโมง

สำหรับกุ้งขาวที่เก็บแช่เย็นในทุกการทดลอง พบว่า K-value และ Psychrophile มีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บ และมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดย $r = -0.98$ และ -0.880 ตามลำดับ กุ้งดิบที่เก็บแช่เย็นในน้ำแข็งทันที และแบบที่เก็บแช่เย็นในน้ำแข็งผสมน้ำมีคุณภาพยอมรับได้ไม่เกิน 6 วัน ส่วนแบบที่ชะลอไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 และ 6 ชั่วโมงก่อนเก็บในน้ำแข็ง ยอมรับได้ไม่เกิน 4 และ 2 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ : กุ้งขาว การเก็บรักษา แช่เย็น

*ผู้รับผิดชอบ : เกษตรกลาง จตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๕๐๐ โทร: ๐-๒๕๔๐-๖๑๓๐-๔๕ ต่อ ๔๓๐๒

E-mail : suparporw@fisheries.go.th

Development of Handling of Ice Stored White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Supaporn Sirimanuyutt* and Walai Kleechaya

Fishery Technological Development Division, Department of Fisheries

ABSTRACT

The effect of handling methods on quality change of chilled white shrimp was studied. Shrimp was divided into 5 treatments : kept at room temperature ($30\pm 2^{\circ}\text{C}$) as a control, stored in ice immediately (I) , stored in ice - water (W) and delayed under room temperature for 3 and 6 h before storing in ice (3D and 6D). The samples were analysed for chemical, microbiological and sensory evaluation. Amount of TVB-N, K-value and Indole of controlled sample increased substantially by time of storing. During storage, Psychrophile and the TVC load increase from 10^3 and 10^5 cfu/g to 10^7 and 10^8 cfu/g while Enterobacteriaceae count increased from 10^4 cfu/g to 10^7 cfu/g. For sensory evaluation raw and cooked were acceptable up to 18 h and 15 h, respectively.

K-value and Psychrophile of all ice stored shrimp increased by the time of storage. The results of sensory evaluation were correlated to K-value and Psychrophile at $r = -0.98$ and -0.88 respectively. The ice stored shrimp from treatment I and W were acceptable up to 6 days. While the shrimp of treatment 3D and 6D were accepted up to 4 days.

Key words : White shrimp, handling, ice stored

*Corresponding author : Kaset-Klang Chatuchak, Bangkok 10900 Tel : 0-2940-6130-45 ext.4302

E-mail : suparporw@fisheries.go.th

คำนำ

กุ้งเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญในลำดับต้นๆ ของประเทศไทย ทำรายได้เข้าประเทศปีละกว่า 35,000 ล้านบาท (นาตยา, 2549) แต่เนื่องจากปัญหาการผลิตและการตลาดกุ้งกุลาดำตั้งแต่ปี 2547 เป็นต้นมา ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงหันมาสนใจการเลี้ยงกุ้งขาวเพิ่มมากขึ้นแทนกุ้งกุลาดำที่ประสบปัญหา และมีการเลี้ยงน้อยลง ซึ่งกุ้งขาวน่าจะเป็นกุ้งที่มีความสำคัญเชิงเศรษฐกิจ เพราะมีลักษณะใกล้เคียงกับกุ้งแช่บ๊วย แต่เปลือกค่อนข้างบางกว่า ประกอบกับกุ้งขาวเป็นกุ้งที่เลี้ยงง่ายและสามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี เลี้ยงได้ทั่วไปรวมทั้งในพื้นที่น้ำจืด ปล่อยเลี้ยงได้ในอัตราที่หนาแน่น ใช้ระยะเวลาสั้น และได้ขนาดกุ้งใกล้เคียงกัน โดยต้นทุนในการเลี้ยงต่ำกว่ากุ้งกุลาดำค่อนข้างมาก (ชวนพิศ, 2549) แต่การผลิตกุ้งขาวของประเทศไทย ก็มีคู่แข่งที่สำคัญคือ อินเดีย จีนและเวียดนาม ซึ่งผลิตได้มากและราคาถูกลงกว่า ดังนั้นเพื่อให้สามารถแข่งขันกับประเทศอื่นได้ จำเป็นที่จะต้องหันมาผลิตกุ้งให้มีคุณภาพมากขึ้น ซึ่งคุณภาพในเรื่องที่เกี่ยวข้องตั้งแต่การเลี้ยง สุขอนามัยของฟาร์มเลี้ยงกุ้ง สุขลักษณะหลังการจับ การขนส่ง รวมถึงคุณภาพความสดของผลผลิตภายหลังจากการจับ เพื่อให้กุ้งมีคุณภาพที่ดีหรือเสื่อมคุณภาพน้อยที่สุด เมื่อไปถึงมือผู้บริโภคและเป็นวัตถุดิบที่มีคุณภาพให้กับโรงงานแปรรูป

การรักษาคุณภาพความสดของกุ้งภายหลังการจับขึ้นจากบ่อเลี้ยง มีการขนส่งแบบมีชีวิตโดยการลดอุณหภูมิ และใช้เครื่องให้ออกซิเจนในระหว่างการขนส่ง ซึ่งจะทำให้ได้กุ้งที่มีคุณภาพดีที่สุดเมื่อถึงมือผู้บริโภคหรือแหล่งจำหน่าย สามารถจำหน่ายได้ในราคาที่สูงขึ้น แต่ก็มีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นด้วย ส่วนใหญ่จะใช้ในการขนส่งและดูแลรักษากุ้งก้ามกราม แต่สำหรับกุ้งขาวโดยทั่วไปหลังจากเกษตรกรจับกุ้งขึ้นจากบ่อจะทำให้กุ้งตายในน้ำเย็นและนำมาคัดแยกขนาด ก่อนส่งต่อไปยังพ่อค้าคนกลาง/แหล่งจำหน่าย หรือส่งเข้าโรงงาน ซึ่งการควบคุมไม่ให้กุ้งเสื่อมคุณภาพหรือเสื่อมคุณภาพน้อยที่สุดหลังจากกุ้งตายเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะการควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำลง รวมทั้งเรื่องของความสะอาด และระยะเวลาในการเก็บรักษาหรือขนส่งไปยังโรงงานแปรรูปหรือแหล่งจำหน่าย หากใช้เวลานานคุณภาพของกุ้งก็จะลดลงเรื่อยๆ ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลให้เกิดการเน่าเสียของกุ้ง หากปล่อยให้กุ้งมีอุณหภูมิสูง จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับกุ้งจะแบ่งตัวได้รวดเร็ว รวมทั้งการทำงานของน้ำย่อยในตัวกุ้งเอง ก็จะทำงานได้เร็วขึ้น ส่งผลให้กุ้งเกิดการเสื่อมคุณภาพหรือเน่าเสียได้เร็ว การลดอุณหภูมิและควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำโดยทั่วไปใช้วิธีการใส่น้ำแข็ง ทำให้จุลินทรีย์จะหยุดการเจริญเติบโตหรือเจริญเติบโตได้ช้าลง และการทำงานของน้ำย่อยก็จะช้าลงด้วย เป็นการช่วยชะลอการเน่าเสียหรือยืดอายุการเก็บรักษาคุณภาพกุ้งให้นานขึ้น

การตรวจวัดคุณภาพของกุ้งด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าทางเคมี สามารถใช้แทนวิธีทางจุลชีววิทยา เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์สั้นกว่า และมีความสัมพันธ์กับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งเป็นวิธีที่รวดเร็วที่สุด โดยค่าทางเคมีที่วัดได้ จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากระดับการเน่าเสียหรือจากการย่อยสลายของเอ็นไซม์ (Botta, 1995) ซึ่ง Jiang and Lee (1988, อ้างตาม Virulhakul *et al.*, 1998) ใช้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปริมาณ TVB-N และการทดสอบทางประสาทสัมผัสในการประเมินการเน่าเสีย

ของกุ้ง ดังนั้นการศึกษานี้จึงให้ความสำคัญในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อหาความสัมพันธ์กับคุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลชีววิทยา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งขาวจากการเก็บรักษาด้วยวิธีการต่างๆ และประเมินอายุการเก็บรักษากุ้งขาว
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกุ้งขาวระหว่างการเก็บรักษา

วิธีดำเนินการ

วิธีการทดลอง

นำกุ้งขาวที่จับขึ้นจากบ่อเลี้ยงใส่ถังบรรจุน้ำจากบ่อเลี้ยงพร้อมให้ออกซิเจนและควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป โดยการใส่น้ำแข็งเล็กน้อยในถังบรรจุขณะลำเลียงมายังกองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ โดยทำให้กุ้งตายในน้ำแข็งผสมน้ำ แล้วนำกุ้งขนาดประมาณ 50 ตัวต่อกิโลกรัม มาศึกษาโดยแบ่งเป็น 5 การทดลอง คือ

1. เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยนำกุ้งขาวจำนวน 18 กิโลกรัมใส่ตะกร้าวางไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$
2. แบบที่ 1 เก็บในน้ำแข็งทันทีโดยวางกุ้งจำนวน 15 กิโลกรัม สลับกับน้ำแข็งเป็นชั้นๆ จำนวน 4 ชั้น (อัตราส่วนกุ้ง:น้ำแข็ง=1:3) ในถังพลาสติกขนาดความจุ 200 ลิตร (แบบ I)
3. แบบที่ 2 นำกุ้งจำนวน 15 กิโลกรัมเก็บในน้ำแข็งผสมน้ำในถังพลาสติกขนาดความจุในอัตราส่วนกุ้ง:น้ำแข็ง:น้ำ=1:3:1 (แบบ W)
4. แบบที่ 3 นำกุ้งจำนวน 15 กิโลกรัมใส่ตะกร้าไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง ก่อนเก็บในน้ำแข็งเช่นเดียวกับแบบที่ 1 (แบบ 3D)
5. แบบที่ 4 นำกุ้งจำนวน 15 กิโลกรัมใส่ตะกร้าไว้ที่อุณหภูมิห้อง 6 ชั่วโมง ก่อนเก็บในน้ำแข็งเช่นเดียวกับแบบที่ 1 (แบบ 6D)

การสุ่มเก็บตัวอย่าง แบบที่เก็บที่อุณหภูมิห้องเก็บที่ 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 และ 30 ชั่วโมง ส่วนแบบที่ 1-4 เก็บที่ 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 14 วัน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และประเมินทางประสาทสัมผัส และเปลี่ยน/ถ่ายน้ำ และเติมน้ำแข็งทุกวัน

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

สุ่มตัวอย่างกุ้งครั้งละประมาณ 500 กรัมต่อการทดลอง ปั่นละเอียดเฉพาะส่วนเนื้อนำมาวิเคราะห์ค่าทางเคมีดังนี้

1. ปริมาณค่าระเหยทั้งหมด (TVB-N) Total volatile base nitrogen (mg/100g) โดยใช้วิธี Modify Conway micro-diffusion (Ng and Low, 1992)
2. K-value โดยใช้วิธี anion– exchange column chromatography (Ng, 1992)
3. ปริมาณอินโดล (indole, ug/100g) โดยวิธี HPLC (AOAC, 2000)
4. ปริมาณความชื้น (%) โดยวิธี AOAC Official Methods (AOAC, 2000)
5. ความเป็นกรด-ด่าง วัดโดยใช้เครื่อง pH meter (Radiometer, model PHM 210)

การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

สุ่มตัวอย่างกุ้งโดยวิธีปลอดเชื้อครั้งละประมาณ 300 กรัมต่อการทดลอง นำมาวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา ดังนี้

1. ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC, cfu/g) โดยวิธี pour plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar เพื่อหาปริมาณ Mesophilic aerobes บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (Maturin and Peeler, 2001)
2. ปริมาณ Psychrotrophic aerobes (cfu/g) โดยใช้วิธี pour plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 7 °C เป็นเวลา 7-10 วัน (Compendium, 1992)
3. ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์กลุ่ม Enterobacteriaceae (cfu/g) โดยใช้วิธี pour plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Violet Red Bile Glucose Agar (VRBG) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ISO 5552, 1997E)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบ 5 คนที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว การให้คะแนนใช้แบบ line scale ช่วงคะแนน 1-10 ตัวอย่างเดียวกันจะแบ่งการทดสอบเป็นตัวอย่างดิบและตัวอย่างสุกโดยการเรียงกุ้งชั้นเดียวห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทแล้วนึ่งด้วยไอน้ำใช้เวลา 16 นาที (ด้านละ 8 นาที) ในการทดสอบตัวอย่างจะใช้รหัสเป็นตัวเลข 3 หลักไม่ซ้ำกัน สำหรับตัวอย่างดิบคุณลักษณะที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย หัว เปลือก กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม (ตารางผนวกที่ 10) ส่วนตัวอย่างสุก ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไป กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับรวม (ตารางผนวกที่ 11) หากผู้ทดสอบให้คะแนนต่ำกว่า 5 แสดงว่าผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับคุณลักษณะดังกล่าว และไม่อนุญาตให้ผู้ทดสอบให้คะแนนเท่ากับ 5 จึงต้องตัดสินใจให้ได้ว่ายอมรับหรือไม่ยอมรับคุณลักษณะนั้น

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

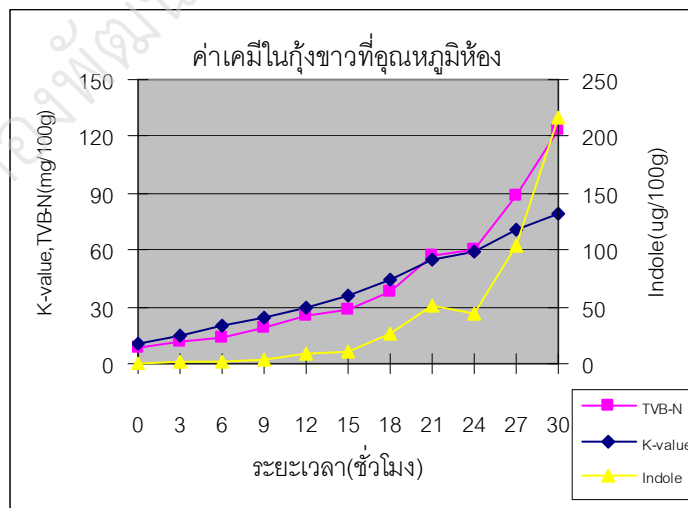
นำข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางเคมี จุลชีววิทยา และการทดสอบทางประสาทสัมผัส มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วย Pearson correlation coefficient โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows version 10.0

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาคุณภาพกุ้งขาวที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($30\pm 2^{\circ}\text{C}$)

คุณภาพทางด้านเคมีในกุ้งขาวที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง

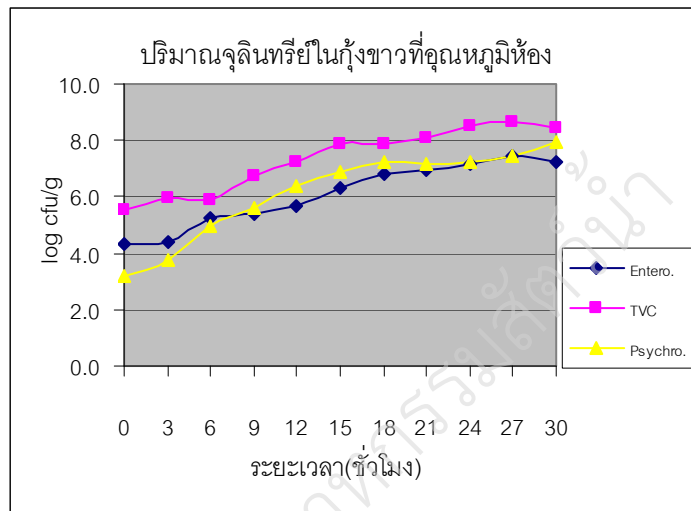
ผลการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N K-value และ indole ของกุ้งขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องพบว่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บ (ภาพที่ 1) โดยพบว่ากุ้งที่เก็บนานเกินกว่า 15 ชั่วโมง ค่า TVB-N มีปริมาณสูงกว่า 30 mg/100 g ซึ่งเกินเกณฑ์กำหนดการยอมรับด้านความสดสำหรับสัตว์น้ำ (มอก. 115, 2529) เช่นเดียวกับ K-value ซึ่งมีค่ามากกว่า 20% ซึ่งแสดงถึงการเข้าสู่ระยะเน่าเสียและหลังการเก็บ 21 ชั่วโมง ค่า Indole มีค่าเกินเกณฑ์กำหนดของ USFDA ที่ได้กำหนดค่า indole สำหรับผลิตภัณฑ์กุ้งไว้ไม่เกิน 25 ug/100g (FDA, 1989) สำหรับปริมาณความชื้น (%) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตลอดระยะเวลาในการเก็บพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)



ภาพที่ 1 ค่าเคมีในกุ้งขาวที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง

คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ในกุ้งขาวที่อุณหภูมิต่ำ

ปริมาณ TVC, Psychrophile และ Enterobacteriaceae ในกุ้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำพบว่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บตลอด 30 ชั่วโมง (ภาพที่ 2) โดย TVC มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 10^5 cfu/g เป็น 10^8 cfu/g จากผลการศึกษาพบปริมาณสูงเกินค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานเมื่อเก็บกุ้งไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 9 ชั่วโมงขึ้นไป ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานของมกอช. กำหนดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 5.0×10^6 cfu/g (มกอช. 9007, 2548) ส่วน Psychrophile และ Enterobacteriaceae มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 10^3 และ 10^4 เป็น 10^7 cfu/g



ภาพที่ 2 ปริมาณจุลินทรีย์ในกุ้งขาวที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในกุ้งขาวที่อุณหภูมิต่ำ

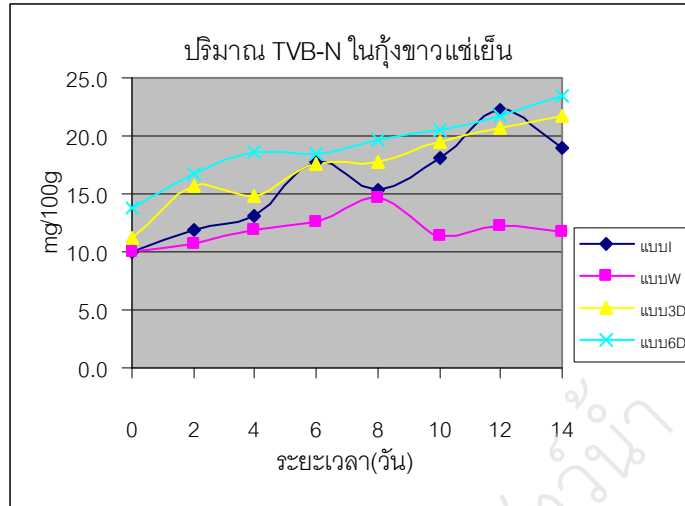
การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 1) ผู้ทดสอบไม่ให้เกิดการยอมรับลักษณะหัวเปลือก กลิ่น และการยอมรับรวมของตัวอย่างกุ้งดิบที่เก็บไว้เกิน 18 ชั่วโมง แต่ยอมรับในลักษณะเนื้อของกุ้งที่เก็บไว้ถึง 21 ชั่วโมง ส่วนตัวอย่างกุ้งนำมาทำสุก ผู้ทดสอบไม่ให้เกิดการยอมรับรสชาติ และเนื้อสัมผัสของกุ้งที่เก็บไว้เกิน 18 ชั่วโมงและไม่ยอมรับลักษณะทั่วไป กลิ่น และการยอมรับรวมของกุ้งที่เก็บไว้เกิน 15 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับค่าวิเคราะห์ทางเคมีที่ใช้เป็นดัชนีแสดงการเน่าเสียของสัตว์น้ำได้แก่ค่า TVB-N และ K-value ที่มีค่าสูงเกินกว่าเกณฑ์การยอมรับเมื่อกุ้งเก็บรักษานานเกิน 15 ชั่วโมง

2. ผลการศึกษาคุณภาพกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น

คุณภาพทางด้านเคมีในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น

จากผลวิเคราะห์ทางเคมี (ภาพที่ 3) กุ้งขาวแช่เย็นแบบ I, 3D และ 6D ปริมาณ TVB-N เปลี่ยนแปลงขึ้นลงแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บ 14 วัน แต่แบบ W มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเล็กน้อย ตลอดระยะเวลาในการเก็บ เนื่องจาก TVB-N เป็นสารประกอบโปรตีนที่ละลายในน้ำได้ ปริมาณจึงเปลี่ยนแปลงขึ้นลง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ในกุ้งขาวทั้ง 4 แบบไม่เกิน 30 mg/100g ตลอด

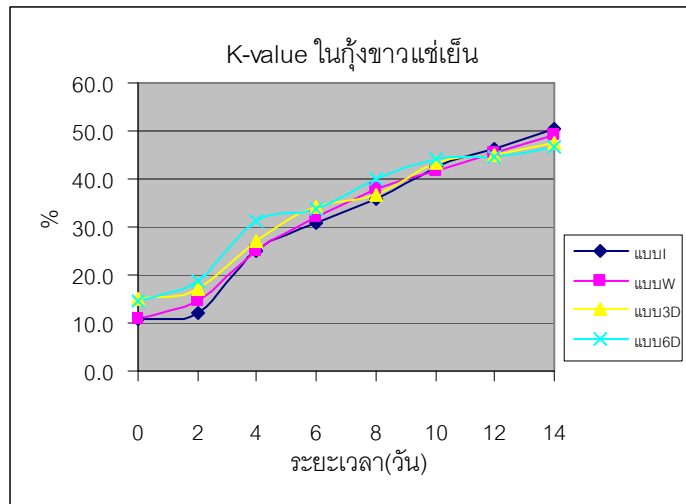
ระยะเวลาเก็บ 14 วัน เนื่องจากความเย็นหรืออุณหภูมิต่ำจากการใช้น้ำแข็งทำให้การทำงานของน้ำย่อยในตัวกุ้งและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะทำให้เกิดการเน่าเสียนั้นทำงานได้ช้าลงด้วย ปริมาณ TVB-N จึงเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ



ภาพที่ 3 ปริมาณ TVB-N ในกุ้งขาวแช่เย็น

K-value ในกุ้งขาวแช่เย็นทั้ง 4 แบบในช่วง 2 วันแรกมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และหลังจากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจนตลอดระยะเวลาในการเก็บ 14 วัน (ภาพที่ 4) ซึ่ง K-value เป็นดัชนีชี้วัดความสดและการเสื่อมคุณภาพ (Enzymatic freshness indicator) เป็นค่าที่ได้จากการวัดปริมาณสารประกอบที่เกิดจากการสลาย ATP (adenosine triphosphate) หาก K-value สูงขึ้นแสดงว่ามีการย่อยสลายของ ATP มากขึ้น ค่าความสดจึงลดลง (มยุรี, 2548)

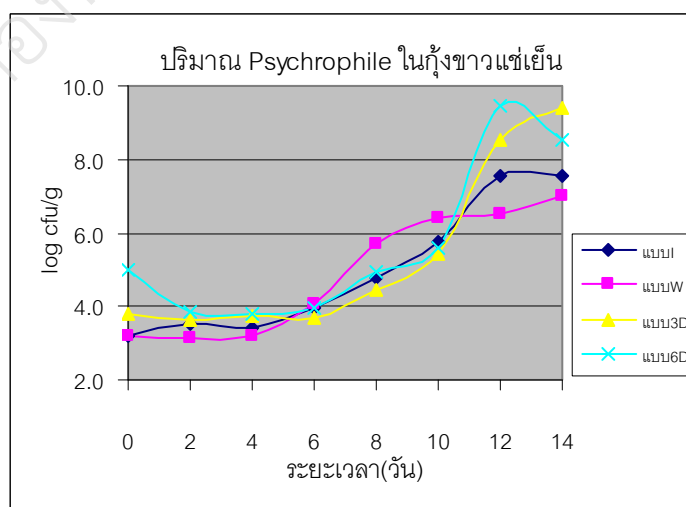
สำหรับ pH กุ้งขาวแช่เย็นทั้ง 4 แบบ มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 6.92-7.78 (ตารางผนวกที่ 5) และปริมาณความชื้น พบอยู่ในช่วง 75.06-84.47% โดยแบบ W มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นแตกต่างจากแบบอื่นๆ (ตารางผนวกที่ 6) ส่วนปริมาณ indole ในกุ้งขาวจากการเก็บทั้ง 4 แบบ พบมีปริมาณน้อยและเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอยู่ในช่วง 0.130-1.940 $\mu\text{g}/100\text{g}$ ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งแตกต่างจากปริมาณ indole ในกุ้งที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษา เนื่องจากจุลินทรีย์บางชนิดที่มีเอ็นไซม์ทริปโตเฟนส่อยสลายสารประกอบทริปโตเฟนเปลี่ยนให้เป็น indole ดังนั้นปริมาณ indole เป็นดัชนีที่สอดคล้องกับการเน่าเสียที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของกุ้งที่เก็บในน้ำแข็ง (กฤษณา, 2538; สุภาพร และคณะ, 2550; Virulhakul *et al.*, 1998) เพราะกุ้งที่คุณภาพไม่ดีอาจไม่มีปริมาณ indole ก็ได้ (Chang *et al.* 1983)



ภาพที่ 4 K-value ในกุ้งขาวแช่เย็น

คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น

Psychrophile มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บทั้ง 4 แบบ (ภาพที่ 5) และมีปริมาณเกินมาตรฐานเมื่ออายุการเก็บมากกว่า 10 วัน และพบปริมาณสูงถึง 10^7-10^8 cfu/g เมื่อเก็บไว้ในน้ำแข็งนาน 12-14 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lalitha and Surendran (2006) ส่วน TVC และ Enterobacteriaceae มีปริมาณเริ่มต้นที่ 10^4-10^5 cfu/g แล้วลดลง 1-2 log ในช่วงระหว่างการเก็บรักษา และมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงหลังของการเก็บรักษา เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC) และจุลินทรีย์ในกลุ่ม Enterobacteriaceae สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อเก็บรักษากุ้งขาวในน้ำแข็งจึงทำให้ปริมาณเชื้อลดลงจากตอนเริ่มต้น แต่ยังสามารถอยู่รอดและเจริญเติบโตได้อย่างช้าๆ ซึ่งต่างจาก Psychrophile ที่เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิต่ำจึงพบมีปริมาณสูงขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ



ภาพที่ 5 ปริมาณ Psychrophile ในกุ้งขาวแช่เย็น

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในกึ่งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกึ่งขาวที่เก็บแช่เย็น 4 แบบ (ตารางที่ 2-6) พบว่ากึ่งแช่เย็นน้ำแข็งทันที (แบบ I) ผู้ทดสอบไม่ยอมรับลักษณะหัวของกึ่งดิบหลังการเก็บ 4 วัน และไม่ยอมรับลักษณะเปลือก กลิ่น ลักษณะเนื้อ และการยอมรับรวมของกึ่งดิบหลังเก็บได้ 6 วัน ส่วนตัวอย่างกึ่งที่แช่น้ำแข็งผสมน้ำ (แบบ W) ผู้ทดสอบไม่ยอมรับลักษณะหัว กลิ่น ลักษณะเนื้อ และการยอมรับรวมหลังจากเก็บได้ 6 วัน และไม่ยอมรับลักษณะเปลือกเมื่อเก็บไว้เกิน 8 วัน ตัวอย่างกึ่งที่ชะลอไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมงก่อนเก็บรักษาในน้ำแข็ง (แบบ 3D) ผู้ทดสอบไม่ยอมรับลักษณะหัว และคะแนนการยอมรับรวมหลังเก็บไว้เกิน 4 วัน และเมื่อเก็บรักษาเกิน 6 วัน ผู้ทดสอบไม่ยอมรับลักษณะเปลือก กลิ่น และลักษณะเนื้อ กึ่งที่ชะลอไว้ที่อุณหภูมิห้อง 6 ชั่วโมงก่อนเก็บรักษาในน้ำแข็ง (แบบ 6D) ลักษณะหัวของกึ่งดิบไม่เป็นที่ยอมรับหลังจากการเก็บได้เพียง 2 วัน และไม่ยอมรับลักษณะเปลือก และคะแนนยอมรับรวมเมื่อเก็บรักษาเกิน 4 วัน ในขณะที่ลักษณะเนื้อ และกลิ่นของกึ่งดิบไม่เป็นที่ยอมรับหลังเก็บรักษาเกิน 6 วัน

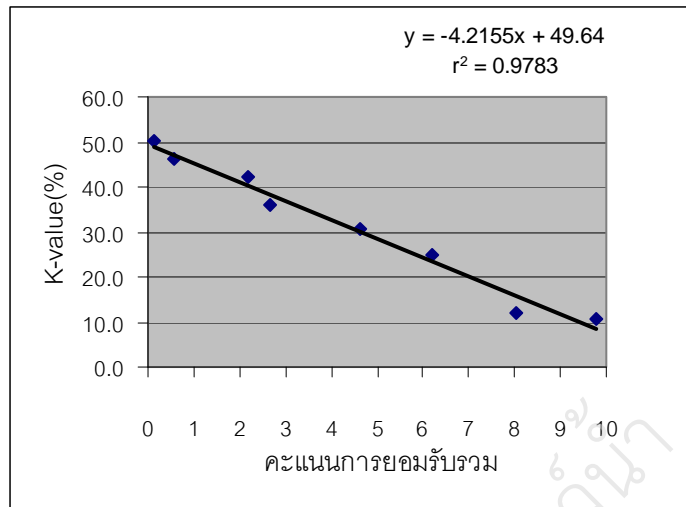
ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกึ่งแช่เย็นที่นำไปนึ่งสุก พบว่า กึ่งขาวแบบ I ไม่ได้รับการยอมรับในทุกลักษณะหลังจากการเก็บ 6 วัน ส่วนกึ่งแบบ W ไม่ได้รับการยอมรับด้านรสชาติภายหลังเก็บรักษาเกิน 2 วันและไม่ยอมรับรวมเมื่อเก็บเกิน 4 วัน และไม่ยอมรับคุณลักษณะอื่นๆ เมื่อเก็บเกิน 6 วัน ส่วนกึ่งแบบ 3D และ 6D ได้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเหมือนกันคือ ผู้ทดสอบไม่ยอมรับลักษณะทั่วไปของกึ่งที่เก็บเกิน 4 วัน และไม่ยอมรับคุณลักษณะอื่นๆ ภายหลังจากการเก็บได้ 6 วัน

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสข้างต้น สรุปได้ว่าการเก็บรักษา กึ่ง โดยแช่น้ำแข็งทันทีสามารถเก็บรักษา กึ่งโดยมีคุณภาพในเกณฑ์ยอมรับได้ไม่เกิน 6 วัน เช่นเดียวกับการเก็บกึ่งในน้ำแข็งผสมน้ำอายุการเก็บได้ 6 วัน แต่พบว่ากึ่งสุกจากการเก็บรักษาวิธีนี้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับด้านรสชาติหลังจากเก็บได้ 2 วัน อาจเป็นเพราะกึ่งแช่เย็นน้ำทำให้รสชาติของกึ่งเจือจางจนผู้ทดสอบไม่ยอมรับ การชะลอ กึ่งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมงและ 6 ชั่วโมงก่อนเก็บในน้ำแข็ง อายุการเก็บได้ไม่เกิน 4 วัน การชะลอไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อนเก็บแช่เย็นน้ำจะมีผลทำให้อายุการเก็บสั้นลง โดยผู้ทดสอบไม่ยอมรับลักษณะหัวกึ่งซึ่งมีสีน้ำตาลคล้ำเริ่มแยกจากส่วนลำตัว จากการย่อยสลายของเอ็นไซม์บริเวณหัวกึ่ง

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกึ่งแช่เย็น

การประเมินคุณภาพความสดของกึ่ง โดยการหาความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างคะแนนการทดสอบการยอมรับรวมและตัวชี้วัดคุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยาของกึ่งขาวจากการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นทั้ง 4 แบบ (ตารางที่ 7) พบว่า คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางผกผันกับ K-value (-0.980) และปริมาณจุลินทรีย์ Psychrophile (-0.880) และ K-value มีความสัมพันธ์กับปริมาณจุลินทรีย์ Psychrophile (0.843) กล่าวคือ หาก K-value สูงขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ Psychrophile จะสูงขึ้นด้วย แต่คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลง และในขณะเดียวกันปริมาณ

จุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC) สัมพันธ์กับปริมาณจุลินทรีย์ Enterobacteriaceae (0.848) เป็นไปได้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC) ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ในกลุ่ม Enterobacteriaceae



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง K-value และคะแนนการยอมรับรวม

จากกราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ K-value และคะแนนการยอมรับรวมของกุ้งขาวแช่เย็นจากแบบที่ I (ภาพที่ 6) ซึ่งเป็นแบบที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับในทุกคุณลักษณะที่อายุการเก็บนานที่สุดคือ 6 วัน จะได้สมการเส้นตรง คือ $y = -4.2155x + 49.64$ และสามารถกำหนดเกณฑ์ของ K-value ในกุ้งขาวที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับ จากเกณฑ์คะแนนการยอมรับในการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ถือว่าผ่านคือได้คะแนนมากกว่า 5 คะแนน ฉะนั้นเมื่อแทนค่าในสมการพบว่าผู้ทดสอบไม่ยอมรับตัวอย่างกุ้งขาวที่มีปริมาณ K-value เท่ากับหรือมากกว่า 28.56% โดยสามารถแบ่งระดับคุณภาพของกุ้งได้ดังนี้

คุณภาพสดดี คือ คะแนนการยอมรับมากกว่า 8 และ K-value น้อยกว่า 15.92%

คุณภาพสดพอใช้ คือ คะแนนการยอมรับมากกว่า 6 แต่ไม่เกิน 8 และ K-value มากกว่าหรือเท่ากับ 15.92 % แต่น้อยกว่า 24.35%

คุณภาพสดต่ำคือ คะแนนการยอมรับมากกว่า 5 แต่ไม่เกิน 6 และ K-value มากกว่าหรือเท่ากับ 24.35 % แต่น้อยกว่า 28.56%

สรุปผลการทดลอง

กุ้งขาวที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงเช่นที่อุณหภูมิห้อง พบว่าค่าทางเคมีทั้งปริมาณ TVB-N, K-value และ indole เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บ โดยปริมาณ indole เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระยะแรก และเพิ่มอย่างรวดเร็วในช่วงหลัง และมีปริมาณจุลินทรีย์ TVC (mesophile), Enterobacteriaceae และ Psychrophile เพิ่มขึ้นจาก 10^3 - 10^5 cfu/g เป็น 10^7 - 10^8 cfu/g ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกุ้งขาวที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง

สำหรับกุ้งดิบผู้ทดสอบให้คะแนนยอมรับในทุกคุณลักษณะที่อายุการเก็บไม่เกิน 18 ชั่วโมง แต่เมื่อนำกุ้งมาทำสุกพบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับได้ไม่เกิน 15 ชั่วโมง

สำหรับอายุการเก็บรักษากุ้งขาวแบบแช่เย็นทั้ง 4 แบบ โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนการยอมรับรวม) ของกุ้งดิบในระดับความสดดี (คะแนนมากกว่า 8) พบว่า

กุ้งแช่เย็นโดยเก็บในน้ำแข็งทันที (I) มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ไม่เกิน 2 วัน

กุ้งแช่เย็นโดยเก็บในน้ำแข็งผสมน้ำ (W) มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ไม่เกิน 1 วัน

กุ้งที่ชะล่อไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมงก่อนเก็บในน้ำแข็ง (3D) มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ไม่เกิน 2 วัน

กุ้งที่ชะล่อไว้ที่อุณหภูมิห้อง 6 ชั่วโมงก่อนเก็บในน้ำแข็ง (6D) มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ไม่เกิน 1 วัน

ข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับเกษตรกรและผู้ค้าสัตว์น้ำในการเลือกใช้วิธีการเก็บรักษาและขนส่งที่เหมาะสมกับระยะทางจากแหล่งผลิตไปยังสถานประกอบการค้าสัตว์น้ำและโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณนิรชา วงษ์จินดา ผู้เชี่ยวชาญด้านผลิตภัณฑ์ประมง ราชการบริหารส่วนกลาง ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการศึกษาทดลอง คุณรัชดา อิทธิพงษ์ คุณสมยศ ราชนิยม และเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยและพัฒนาการเก็บรักษาสัตว์น้ำ กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำทุกท่านที่ให้ความร่วมมือปฏิบัติงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา โสภณพงษ์. 2538. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งแช่เยือกแข็ง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2538. ฝ่ายตรวจรับรองคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ, กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง. 39 หน้า.

ชวนพิศ สิทธิมงคล. 2549. สถานการณ์การเลี้ยงกุ้งขาว. www.fisheries.go.th/extention/new.htm. 20 พฤศจิกายน 2549.

นาตยา ศรีจันทิก. 2549. สถานการณ์การส่งออกและความเคลื่อนไหวราคากุ้งทะเล. www.fisheries.go.th/extention/new.htm. 20 พฤศจิกายน 2549.

- มยุรี จัยวัฒน์ สวามิณี ชีระวุฒิ และนางนุช รักสกุลไทย. ดัชนีวัดความสดของปูน้ำจืด. ใน : สัมมนาวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว/หลังการผลิตแห่งชาติ ครั้งที่ 3 วันที่ 10-11 ตุลาคม 2548. โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว: หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุภาพร สิริมานุชุตต์ นิรชา วงษ์จินดา สุเมธ สุพิชญางกูร รัชดา อธิพิงษ์ และสมยศ ราชนิยม. การพัฒนาวิธีการเก็บรักษากุ้งกุลาดำแช่เย็น. ใน : รายงานสัมมนาวิชาการประมงประจำปี 2550 กรมประมง ร่วมกับศูนย์พัฒนาการประมงเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. วันที่ 3-5 กรกฎาคม 2550. ณ ห้องประชุม กรมประมง. หน้า 425-435.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2529. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กุ้งแช่เยือกแข็ง. มอก. 115-2529.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2548. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยสินค้าเกษตรและอาหาร, มกอช. 9007-2548.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th ed. AOAC Arlington, VA.
- Botta, J.R. 1995. Evaluation of Seafood Freshness Quality VHC Publishers, Inc., New York. 180p
- Chang, O., W. Cheuk, R. Nickelson, R. Martin and G. Finne. 1983. Indole in shrimp: Effect of fresh storage Temperature Freezing and boiling. *J Food Sci.* 48:813-816.
- Cousin, M.A., Jay, J.M. and Vasavada, V.C., 1992. Psychrotrophic Microorganisms. Chapter 9. In Compendium of Methods for The Microbiological Examination of Foods. 3rd ed. Washington p153-163.
- Food and Drug Administration. 1989. Compliance Policy Guide. Chapter 19, Imports Foods. USFDA.
- ISO 5552. 1997E. Meat and meat products, Detection and enumeration of Enterobacteriaceae without resuscitation – MPN technique and colony-count technique.
- Lalitha, K.V. and P.K. Surendran. 2006. Microbiological changes in farm reared freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii* De Man) in ice. *Food Control.* 17 : 802-807.
- Ng, C.S., 1992. Determination of K-value. In: Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedure for Fish and Fish products, 2nd ed. Marine Fisheries Research Department, Southeast Asia Fisheries Development Center, Singapore.
- Ng, C.S., and Low, L.K. 1992. Determination of Volatile Basic Nitrogen (VB-N). In: Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedure for Fish and Fish products, 2nd ed. Marine Fisheries Research Department, Southeast Asia Fisheries Development Center, Singapore.

Maturin, L.J. and Peeler, J.T. 2001. Aerobic Plate Count. Chapter 3, 8th ed. (Rev. A) Bacteriological Analytical Manual. AOAC International, USA.

Virulhakul, P., N. Wongchinda, S. Supichayangure and S. Rachniyom, 1998 Effect of Storage time and temperature abuse on post mortem chemical and microbiological changes in coarse shrimp (*Trachypenaeus* spp). In Fishery Technological Development Institute, Fish Inspection and Quality Control Division In cooperation with Japan International Cooperation Agency (JICA). Fish Technology Research & Inspection , Volume II March 1998 : 20-33.

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

ตารางที่ 1 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกุ้งขาวที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	คุณภาพ(ดิบ)					คุณภาพ(สุก)				
	หัว	เปลือก	เนื้อ	ก้น	ยอมรับรวม	ลักษณะทั่วไป	ก้น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ยอมรับรวม
0	9.73±0.16 ^a	9.74±0.15 ^a	9.75±0.10 ^a	9.75±0.19 ^a	9.76±0.15 ^a	9.53±0.14 ^a	9.67±0.09 ^a	9.68±0.09 ^a	9.69±0.11 ^a	9.68±0.07 ^a
3	9.60±0.20 ^a	9.64±0.20 ^a	9.63±0.17 ^a	9.60±0.23 ^a	9.65±0.18 ^a	9.52±0.21 ^a	9.52±0.33 ^a	9.57±0.16 ^a	9.60±0.08 ^a	9.53±0.16 ^a
6	9.04±0.51 ^a	9.20±0.26 ^a	9.03±0.67 ^a	8.98±0.53 ^a	8.94±0.58 ^a	8.97±0.36 ^a	8.83±0.63 ^a	9.25±0.31 ^a	9.19±0.34 ^a	9.14±0.22 ^a
9	7.31±2.20 ^b	7.55±1.65 ^b	7.53±1.56 ^b	7.10±1.49 ^b	6.97±2.00 ^b	6.33±2.06 ^b	6.75±2.30 ^b	7.72±1.44 ^b	7.06±1.65 ^b	6.56±2.30 ^b
12	6.49±2.40 ^{bc}	6.95±2.15 ^b	7.32±1.68 ^{bc}	6.86±1.90 ^b	6.47±2.30 ^{bc}	5.67±2.39 ^{bc}	6.09±2.53 ^b	6.80±1.62 ^b	6.62±1.53 ^{bc}	5.88±2.46 ^{bc}
15	5.93±2.60 ^c	6.57±2.13 ^{bc}	6.64±1.98 ^{bc}	5.75±2.20 ^c	5.48±2.33 ^c	5.17±2.31 ^{bcd}	5.56±2.22 ^{bc}	6.40±2.00 ^{bc}	6.19±2.17 ^{bc}	5.53±2.81 ^{bc}
18	5.64±2.02 ^{cd}	5.69±2.20 ^{cd}	6.18±2.20 ^{cd}	5.04±2.03 ^c	5.26±2.15 ^c	4.44±2.28 ^{cd}	4.50±2.73 ^{cd}	5.10±2.29 ^{cd}	5.23±2.06 ^{cd}	4.66±2.70 ^{cd}
21	4.54±1.88 ^{de}	4.54±2.32 ^{de}	5.20±2.58 ^{bc}	3.79±2.24 ^d	4.07±2.16 ^d	3.85±2.24 ^{de}	3.86±2.98 ^{de}	4.39±2.42 ^d	4.69±2.20 ^d	3.77±2.91 ^d
24	3.92±2.02 ^e	4.18±2.35 ^e	4.84±2.68 ^e	3.20±2.23 ^d	3.43±2.26 ^d	3.66±3.22 ^e	2.90±3.15 ^e	3.88±2.97 ^d	4.37±2.43 ^d	3.38±3.07 ^d
27	0.50±0.97 ^f	0.51±0.67 ^f	1.08±0.92 ^f	0.21±0.46 ^e	0.19±0.49 ^e	0.86±0.75 ^f	0.22±0.24 ^f	1.29±0.13 ^e	2.05±0.50 ^e	0.16±0.27 ^e
30	0.28±0.90 ^f	0.21±0.50 ^f	0.65±0.93 ^f	0.12±0.43 ^e	0.11±0.43 ^e	0.59±0.39 ^f	0.07±0.08 ^f	1.07±0.16 ^e	1.57±0.64 ^e	0.11±0.15 ^e

หมายเหตุ: ^{abc} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังเหมือนกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 2 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะของหัว/ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาวแช่เย็น

ระยะเวลา (วัน)	กุ้งขาวดิบ(หัว)				กุ้งขาวสุก(ลักษณะทั่วไป)			
	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D
0	9.73±0.08 ^{ax}	9.73±0.08 ^{ax}	9.60±0.07 ^{ax}	9.04±0.11 ^{ay}	9.53±0.14 ^{ax}	9.53±0.14 ^{ax}	9.52±0.21 ^{ax}	8.97±0.36 ^{ay}
2	7.78±1.11 ^{bx}	8.34±0.27 ^{bx}	8.19±0.35 ^{bx}	7.76±0.79 ^{bx}	7.38±0.44 ^{by}	7.73±0.72 ^{bx}	7.88±0.07 ^{bx}	7.89±0.53 ^{bx}
4	5.19±1.48 ^{cy}	7.31±0.38 ^{bx}	5.19±0.57 ^{cy}	4.31±0.71 ^{cz}	5.81±1.05 ^{cy}	6.29±0.47 ^{cx}	5.98±1.42 ^{cy}	5.58±1.33 ^{cy}
6	2.79±0.93 ^{dz}	5.60±0.59 ^{cx}	3.38±1.64 ^{dy}	3.33±0.62 ^{dy}	5.01±0.54 ^{cx}	5.49±0.40 ^{dx}	4.64±0.32 ^{dy}	4.75±0.60 ^{dy}
8	1.25±0.91 ^{ey}	3.75±1.57 ^{dx}	1.59±1.63 ^{ey}	1.33±1.15 ^{ey}	1.30±0.38 ^{dz}	3.46±1.10 ^{ex}	2.11±1.31 ^{ey}	1.44±0.09 ^{ez}
10	1.03±0.46 ^{ey}	3.23±1.81 ^{dx}	1.03±0.52 ^{ey}	0.88±0.36 ^{ey}	1.61±0.73 ^{dy}	2.52±0.82 ^{fx}	1.41±0.66 ^{fy}	1.40±0.69 ^{ey}
12	0.64±0.88 ^{ex}	1.19±1.41 ^{ex}	0.62±0.54 ^{ex}	0.52±0.45 ^{ex}	1.09±1.36 ^{dy}	2.45±1.14 ^{gx}	1.32±1.23 ^{fy}	1.02±0.84 ^{ez}
14	0.05±0.06 ^{ex}	0.50±0.77 ^{ex}	0.05±0.06 ^{ex}	0.07±0.09 ^{ex}	0.28±0.14 ^{ey}	0.88±0.62 ^{hx}	0.27±0.25 ^{gy}	0.25±0.18 ^{ey}

หมายเหตุ: ^{abc} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังเหมือนกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

^{wxyz} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังเหมือนกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

แบบที่ 1 (I) เก็บในน้ำแข็งทันที

แบบที่ 2 (W) เก็บในน้ำแข็งผสมน้ำ

แบบที่ 3 (3D) ชะลอไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 3 ชั่วโมงก่อนเก็บในน้ำแข็ง

แบบที่ 4 (6D) ชะลอไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 6 ชั่วโมงก่อนเก็บในน้ำแข็ง

ตารางที่ 3 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะกลิ่นของกุ้งขาวแช่เย็น

ระยะเวลา (วัน)	กุ้งขาวดิบ(กลิ่น)				กุ้งขาวสุก(กลิ่น)			
	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D
0	9.75±0.04 ^{ax}	9.75±0.04 ^{ax}	9.60±0.17 ^{ax}	8.98±0.43 ^{ax}	9.67±0.09 ^{ax}	9.67±0.09 ^{ax}	9.52±0.33 ^{ax}	8.83±0.63 ^{ay}
2	8.49±0.33 ^{bx}	8.58±0.18 ^{bx}	8.38±0.46 ^{bx}	8.50±0.41 ^{bx}	8.28±0.33 ^{bx}	7.18±1.26 ^{bz}	7.86±0.56 ^{by}	7.99±0.64 ^{bx}
4	6.46±0.96 ^{cx}	7.17±0.42 ^{cx}	6.39±1.30 ^{cx}	6.57±0.82 ^{cx}	5.88±1.15 ^{cy}	7.13±0.60 ^{bx}	6.01±0.81 ^{cy}	5.91±0.93 ^{cy}
6	5.92±1.28 ^{cz}	6.77±1.18 ^{cx}	6.28±0.95 ^{dy}	6.31±1.25 ^{dy}	5.03±1.08 ^{dy}	6.23±1.46 ^{cx}	5.31±1.60 ^{dy}	5.39±1.18 ^{dy}
8	4.87±0.17 ^{dx}	4.55±1.20 ^{dy}	4.69±1.10 ^{ex}	4.74±1.34 ^{ex}	3.41±0.85 ^{ey}	4.43±0.94 ^{dw}	3.75±1.12 ^{ex}	3.18±1.02 ^{ez}
10	4.08±0.32 ^{ex}	3.39±0.83 ^{ex}	4.03±0.36 ^{fx}	3.99±0.55 ^{fx}	2.91±1.10 ^{fy}	3.42±1.24 ^{ex}	2.68±1.09 ^{fz}	2.71±0.77 ^{fz}
12	2.99±1.33 ^{fy}	2.79±1.34 ^{fy}	3.10±1.13 ^{gx}	2.83±0.61 ^{gy}	1.61±1.05 ^{gy}	2.70±1.28 ^{fx}	1.70±0.74 ^{gy}	1.48±0.78 ^{gy}
14	0.68±0.25 ^{gx}	0.93±0.54 ^{gx}	0.93±0.25 ^{hx}	0.81±0.27 ^{hx}	0.58±0.28 ^{hx}	0.95±0.72 ^{gx}	0.39±0.09 ^{hx}	0.61±0.24 ^{hx}

หมายเหตุ : เหมือนตารางที่ 2

ตารางที่ 4 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะเนื้อ/เนื้อสัมผัสของกุ้งขาวแช่เย็น

ระยะเวลา (วัน)	กุ้งขาวดิบ(เนื้อ)				กุ้งขาวสุก(เนื้อสัมผัส)			
	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D
0	9.75±0.06 ^{ax}	9.75±0.06 ^{ax}	9.63±0.11 ^{ay}	9.03±0.50 ^{ay}	9.69±0.11 ^{ax}	9.69±0.11 ^{ax}	9.60±0.08 ^{ax}	9.19±0.34 ^{ax}
2	8.32±0.31 ^{bz}	8.33±0.28 ^{bz}	8.80±0.21 ^{ax}	8.63±0.20 ^{by}	8.16±0.69 ^{bz}	8.13±0.86 ^{bz}	8.44±0.21 ^{by}	8.57±0.39 ^{bx}
4	7.39±0.46 ^{cx}	6.39±0.13 ^{cz}	6.89±0.22 ^{cz}	7.11±0.44 ^{cy}	7.07±0.71 ^{cx}	5.97±0.54 ^{cz}	7.01±1.25 ^{cx}	6.77±1.22 ^{dy}
6	5.92±1.63 ^{dy}	5.00±1.07 ^{dz}	6.42±1.10 ^{cx}	6.28±1.22 ^{dx}	7.07±0.59 ^{ex}	5.37±0.94 ^{dz}	6.79±0.76 ^{dy}	7.00±0.67 ^{cx}
8	4.54±0.74 ^{ey}	3.69±0.84 ^{ey}	4.89±0.76 ^{dx}	4.74±0.73 ^{ex}	4.17±0.73 ^{dy}	2.79±0.70 ^{ez}	4.80±0.07 ^{ex}	4.70±0.15 ^{ex}
10	4.43±0.44 ^{ex}	2.33±0.45 ^{fy}	4.40±0.46 ^{ex}	4.62±0.32 ^{fx}	3.89±0.44 ^{dy}	2.01±0.62 ^{fx}	3.88±0.42 ^{fx}	4.16±0.50 ^{fx}
12	3.57±1.51 ^{fy}	2.06±0.47 ^{fz}	3.88±0.23 ^{ex}	3.84±1.23 ^{fx}	3.49±1.51 ^{ex}	1.50±0.76 ^{gz}	3.37±0.97 ^{gy}	3.20±1.44 ^{gy}
14	1.60±0.79 ^{gx}	0.90±0.68 ^{gy}	1.54±0.43 ^{fx}	1.85±0.69 ^{gx}	1.84±1.74 ^{fx}	0.58±0.81 ^{hy}	1.74±1.46 ^{hx}	1.78±1.69 ^{hx}

หมายเหตุ : เหมือนตารางที่ 2

ตารางที่ 5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะเปลือก/รสชาติของกุ้งขาวแช่เย็น

ระยะเวลา (วัน)	กุ้งขาวดิบ(เปลือก)				กุ้งขาวสุก(รสชาติ)			
	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D
0	9.74±0.07 ^{ax}	9.74±0.07 ^{ax}	9.64±0.13 ^{ax}	9.20±0.18 ^{ay}	9.68±0.08 ^{ax}	9.68±0.08 ^{ax}	9.57±0.16 ^{ay}	9.25±0.31 ^{az}
2	8.36±0.76 ^{bx}	8.34±0.56 ^{bx}	8.31±0.55 ^{bx}	7.91±0.82 ^{by}	7.95±0.93 ^{by}	7.84±0.91 ^{by}	8.45±0.24 ^{bx}	8.52±0.36 ^{bx}
4	5.86±1.06 ^{cx}	6.64±0.24 ^{cx}	5.44±1.26 ^{cx}	5.20±1.10 ^{cy}	7.15±1.10 ^{cx}	4.78±0.19 ^{cy}	6.82±1.12 ^{cx}	6.84±1.27 ^{cx}
6	5.15±0.61 ^{dy}	6.19±1.36 ^{dx}	5.15±0.32 ^{cy}	4.95±0.83 ^{cy}	6.55±1.10 ^{dx}	4.09±0.75 ^{dz}	6.57±1.35 ^{dy}	6.83±0.89 ^{cx}
8	2.94±1.28 ^{ez}	5.00±0.48 ^{dx}	3.51±1.13 ^{dy}	2.91±0.99 ^{dz}	4.86±0.86 ^{ex}	2.92±1.31 ^{ey}	4.97±0.37 ^{ex}	4.88±0.52 ^{dx}
10	2.28±0.90 ^{fx}	2.33±0.93 ^{ex}	2.12±0.74 ^{dx}	2.07±0.73 ^{ex}	3.51±0.12 ^{fy}	1.24±0.38 ^{fz}	3.46±0.24 ^{fy}	3.87±0.12 ^{ex}
12	1.72±0.55 ^{gz}	3.42±1.76 ^{fx}	2.57±0.19 ^{ey}	1.67±0.36 ^{fz}	3.53±1.35 ^{fx}	1.05±0.18 ^{fz}	3.47±0.91 ^{fx}	3.32±1.08 ^{fy}
14	0.46±0.19 ^{hy}	1.13±0.59 ^{gx}	0.24±0.10 ^{fz}	0.43±0.24 ^{gy}	1.85±1.98 ^{gw}	0.38±0.53 ^{fz}	1.60±1.55 ^{gy}	1.71±1.67 ^{gx}

หมายเหตุ : เหมือนตารางที่ 2

ตารางที่ 6 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสการยอมรับรวมของกุ้งขาวแช่เย็น

ระยะเวลา (วัน)	กุ้งขาวดิบ				กุ้งขาวสุก			
	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D
0	9.76±0.01 ^{ax}	9.76±0.01 ^{ax}	9.65±0.09 ^{ax}	8.94±0.41 ^{ay}	9.68±0.06 ^{ax}	9.68±0.06 ^{ax}	9.53±0.16 ^{ay}	9.14±0.22 ^{az}
2	8.04±0.59 ^{by}	7.78±1.16 ^{by}	8.43±0.48 ^{bx}	7.84±0.91 ^{by}	7.94±0.96 ^{bz}	8.08±0.53 ^{by}	8.42±0.39 ^{bx}	8.37±0.60 ^{by}
4	6.20±0.72 ^{cy}	7.09±0.19 ^{cx}	5.92±1.29 ^{cz}	5.83±1.02 ^{cz}	6.59±1.01 ^{cx}	5.56±0.18 ^{cy}	6.38±1.28 ^{cx}	6.20±1.26 ^{cx}
6	5.01±0.06 ^{dy}	5.70±0.85 ^{dx}	4.98±0.20 ^{dy}	4.90±0.41 ^{dy}	5.52±0.89 ^{dx}	4.58±0.83 ^{dy}	5.38±0.85 ^{dx}	5.51±0.83 ^{dx}
8	2.65±0.57 ^{cy}	3.75±1.05 ^{cx}	3.05±1.00 ^{cy}	2.68±0.68 ^{cy}	2.79±0.75 ^{cy}	2.73±0.91 ^{cy}	3.43±0.56 ^{cx}	3.13±0.33 ^{cy}
10	2.20±0.35 ^{fx}	2.10±0.37 ^{fx}	2.08±0.38 ^{fx}	2.04±0.63 ^{fx}	2.11±0.34 ^{fx}	1.45±0.46 ^{fy}	2.04±0.31 ^{fx}	2.20±0.42 ^{fx}
12	0.58±0.51 ^{gy}	1.30±1.13 ^{gx}	0.86±0.62 ^{gy}	0.69±0.52 ^{gy}	1.02±1.09 ^{gx}	0.57±0.36 ^{gy}	1.06±0.69 ^{gx}	0.84±0.49 ^{gy}
14	0.14±0.14 ^{gx}	0.30±0.13 ^{hx}	0.15±0.07 ^{gx}	0.15±0.05 ^{gx}	0.30±0.38 ^{hx}	0.10±0.05 ^{hy}	0.23±0.15 ^{hx}	0.28±0.28 ^{gx}

หมายเหตุ : เหมือนตารางที่ 2

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างตัวชี้วัดคุณภาพของกุ้งขาวในการเก็บรักษาแบบแช่เย็น

	Indole	TVB-N	K-value	TVC	Enterobacteriaceae	Psychrophile	Sensory
Indole	1.000						
TVB-N		1.000					
K-value		0.660 ^{**}	1.000				
TVC		-0.478 ^{**}	-0.273	1.000			
Enterobacteriaceae		-0.507 ^{**}	-0.252	0.848 ^{**}	1.000		
Psychrophile		0.576 ^{**}	0.843 ^{**}	0.078	0.052	1.000	
Sensory		-0.663 ^{**}	-0.980 ^{**}	0.278	0.253	-0.880 ^{**}	1.000

^{**} Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

Sensory หมายถึง การทดสอบทางประสาทสัมผัสสำหรับคะแนนการยอมรับรวมของกุ้งดิบ

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีในกุ้งขาวที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	TVB-N (mg/100g)	K-value	Indole (ug/100 g)	%Moisture	pH
0	8.20±2.74 ^a	10.65±4.64 ^a	0.81±0.51	77.13±2.42 ^a	6.92±0.16 ^{ab}
3	11.22±3.26 ^a	14.82±5.35 ^{ab}	1.23±0.23	75.06±2.19 ^a	6.83±0.20 ^a
6	13.79±3.12 ^a	19.97±9.15 ^{ab}	1.94±1.09	75.46±1.85 ^a	6.93±0.21 ^{ab}
9	19.42±0.56 ^{ab}	23.86±6.38 ^{ab}	3.40±1.14	75.64±2.24 ^a	6.99±0.14 ^{ab}
12	24.91±2.63 ^{abc}	29.63±8.55 ^{abc}	8.26±3.77	75.53±2.21 ^a	7.07±0.21 ^{ab}
15	28.03±3.45 ^{abc}	35.42±12.79 ^{abc}	11.20±5.02	75.52±1.64 ^a	7.01±0.24 ^{ab}
18	37.97±10.99 ^{abc}	44.39±21.45 ^{bcd}	26.78±14.34	75.61±1.83 ^a	7.08±0.20 ^{ab}
21	57.21±18.39 ^{bcd}	54.65±21.77 ^{cde}	50.85±35.08	75.57±1.53 ^a	7.14±0.18 ^{ab}
24	60.09±29.68 ^{cd}	59.40±26.95 ^{cde}	43.56±16.27	75.90±1.86 ^a	7.19±0.13 ^b
27	88.70±37.29 ^d	71.04±25.06 ^{de}	104.58±0.51	74.88±1.07 ^a	7.22±0.13 ^b
30	124.11±44.37 ^c	79.64±15.77 ^c	-	75.97±1.74 ^a	7.14±0.14 ^{ab}

หมายเหตุ : ^{abc} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังเหมือนกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางผนวกที่ 2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาในกุ้งขาวที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	TVC (cfu/g)	Psychrophile (cfu/g)	Enterobacteriaceae (cfu/g)
0	3.24x10 ⁵ ± 4.15x10 ⁵	1.58x10 ³ ± 6.66x10 ²	2.01x10 ⁴ ± 2.86x10 ⁴
3	8.83x10 ⁵ ± 6.69x10 ⁵	6.05x10 ³ ± 4.51x10 ³	2.41x10 ⁴ ± 2.73x10 ⁴
6	7.29x10 ⁵ ± 5.81x10 ⁵	9.54x10 ⁴ ± 8.19x10 ⁴	1.78x10 ⁵ ± 1.64x10 ⁵
9	5.65x10 ⁶ ± 3.74x10 ⁶	4.06x10 ⁵ ± 2.94x10 ⁵	2.45x10 ⁵ ± 1.89x10 ⁵
12	1.81x10 ⁷ ± 1.49x10 ⁷	2.38x10 ⁶ ± 1.76x10 ⁶	4.43x10 ⁵ ± 2.67x10 ⁵
15	7.34x10 ⁷ ± 4.72x10 ⁷	6.98x10 ⁶ ± 3.34x10 ⁶	2.22x10 ⁶ ± 1.08x10 ⁶
18	7.64x10 ⁷ ± 2.89x10 ⁷	1.74x10 ⁷ ± 2.31x10 ⁷	6.50x10 ⁶ ± 3.00x10 ⁶
21	1.26x10 ⁸ ± 5.06x10 ⁷	1.52x10 ⁷ ± 1.15x10 ⁷	9.34x10 ⁶ ± 6.07x10 ⁶
24	3.13x10 ⁸ ± 1.15x10 ⁸	1.63x10 ⁷ ± 7.85x10 ⁶	1.42x10 ⁷ ± 7.57x10 ⁶
27	4.71x10 ⁸ ± 6.34x10 ⁷	2.75x10 ⁷ ± 2.20x10 ⁷	2.98x10 ⁷ ± 2.07x10 ⁷
30	2.95x10 ⁸ ± 1.30x10 ⁸	8.55x10 ⁷ ± 7.95x10 ⁷	1.85x10 ⁷ ± 1.96x10 ⁷

ตารางผนวกที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVB-N (mg/100g) ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น

ระยะเวลา (วัน)	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D
0	10.03±1.65 ^{ax}	10.03±1.65 ^{ax}	11.22±3.26 ^{ax}	13.79±3.12 ^{ax}
2	11.82±2.21 ^{ax}	10.70±2.70 ^{bx}	15.67±2.57 ^{ax}	16.65±1.04 ^{by}
4	13.14±1.39 ^{ax}	11.96±2.03 ^{dx}	14.74±4.05 ^{ax}	18.60±0.50 ^{cy}
6	17.77±2.70 ^{by}	12.63±4.31 ^{fw}	17.67±3.61 ^{bx}	18.51±0.95 ^{cz}
8	15.31±0.05 ^{ax}	14.72±3.52 ^{gx}	17.72±2.26 ^{by}	19.65±1.36 ^{dz}
10	18.03±1.18 ^{cx}	11.46±5.75 ^{bw}	19.50±0.72 ^{cy}	20.51±0.85 ^{cz}
12	22.27±4.83 ^{cz}	12.31±6.50 ^{ex}	20.62±0.94 ^{dy}	21.69±0.93 ^{ez}
14	19.05±2.39 ^{dx}	11.71±7.94 ^{cw}	21.72±0.24 ^{cy}	23.47±0.52 ^{gz}

หมายเหตุ : ^{abcd} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังเหมือนกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

^{wxyz} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังเหมือนกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลง K-value (%) ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น

ระยะเวลา (วัน)	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D
0	10.65±4.64 ^{ax}	10.65±4.64 ^{ax}	14.82±5.35 ^{ax}	19.97±9.15 ^{ax}
2	12.07±6.04 ^{ax}	14.38±5.88 ^{ax}	17.28±4.58 ^{ax}	15.33±7.30 ^{ax}
4	24.88±6.39 ^{bx}	24.97±7.37 ^{bx}	26.92±4.99 ^{by}	31.39±6.76 ^{bz}
6	30.73±5.74 ^{cx}	31.92±3.11 ^{cx}	33.98±6.14 ^{cy}	33.88±5.53 ^{cy}
8	35.89±7.34 ^{dx}	38.01±5.88 ^{dy}	36.86±8.79 ^{cx}	40.14±7.85 ^{dz}
10	42.36±6.59 ^{ex}	41.74±4.51 ^{ex}	43.53±8.41 ^{dy}	44.27±9.34 ^{ez}
12	46.05±6.65 ^{fx}	45.47±5.07 ^{fx}	44.87±8.74 ^{ex}	44.79±5.36 ^{fx}
14	50.30±6.70 ^{gz}	49.11±3.96 ^{gy}	47.52±8.89 ^{fy}	46.76±6.27 ^{fx}

หมายเหตุ : เหมือนตารางผนวกที่ 3

ตารางผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลง pH ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น

ระยะเวลา (วัน)	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D
0	6.92±0.16 ^{ax}	6.92±0.16 ^{ax}	6.83±0.20 ^{ax}	6.93±0.21 ^{ax}
2	7.07±0.07 ^{ax}	7.07±0.21 ^{ax}	7.16±0.24 ^{ax}	7.11±0.20 ^{ax}
4	7.25±0.11 ^{bx}	7.18±0.20 ^{bx}	7.32±0.24 ^{by}	7.26±0.23 ^{bx}
6	7.41±0.11 ^{cx}	7.29±0.22 ^{cx}	7.46±0.22 ^{cy}	7.41±0.24 ^{cx}
8	7.61±0.09 ^{dz}	7.42±0.16 ^{dw}	7.59±0.24 ^{dy}	7.53±0.21 ^{dx}
10	7.67±0.14 ^{ez}	7.47±0.13 ^{ew}	7.64±0.16 ^{ey}	7.61±0.22 ^{ex}
12	7.75±0.12 ^{fy}	7.57±0.14 ^{gx}	7.74±0.12 ^{fy}	7.69±0.13 ^{fy}
14	7.78±0.18 ^{gz}	7.52±0.18 ^{fx}	7.76±0.10 ^{fy}	7.70±0.16 ^{fy}

หมายเหตุ : เหมือนตารางผนวกที่ 3

ตารางผนวกที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความชื้น (%) ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น

ระยะเวลา (วัน)	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D
0	77.14±2.24 ^{ax}	77.14±2.42 ^{ax}	75.06±2.19 ^{ax}	75.46±1.85 ^{ax}
2	76.83±1.54 ^{ax}	79.17±1.74 ^{by}	77.28±1.41 ^{ax}	76.79±1.74 ^{ax}
4	78.01±1.92 ^{by}	81.08±1.27 ^{cz}	78.12±1.75 ^{by}	77.73±1.33 ^{ax}
6	78.63±1.48 ^{cx}	82.18±1.32 ^{dy}	78.83±1.83 ^{cx}	78.76±1.27 ^{bx}
8	79.59±1.56 ^{cx}	83.08±1.24 ^{cy}	79.56±1.55 ^{cx}	79.51±1.16 ^{bx}
10	79.95±1.47 ^{dx}	83.66±1.06 ^{dz}	79.93±1.16 ^{dx}	80.30±1.29 ^{cy}
12	80.48±1.34 ^{cx}	84.11±1.36 ^{gy}	80.72±1.35 ^{cx}	80.52±1.22 ^{cx}
14	80.98±1.37 ^{fw}	84.47±0.62 ^{hz}	81.53±0.67 ^{fx}	81.90±1.34 ^{dy}

หมายเหตุ : เหมือนตารางผนวกที่ 3

ตารางผนวกที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TVC (cfu/g) ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น

ระยะเวลา (วัน)	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D
0	3.24x10 ⁵ ±4.15x10 ⁵	3.24x10 ⁵ ±4.15x10 ⁵	8.83x10 ⁵ ±6.69x10 ⁵	7.29x10 ⁵ ±5.81x10 ⁵
2	1.18x10 ⁵ ±1.46x10 ⁵	8.03x10 ⁴ ±9.88x10 ⁴	2.06x10 ⁵ ±2.01x10 ⁵	1.73x10 ⁵ ±1.59x10 ⁵
4	9.16x10 ⁴ ±1.14x10 ⁵	9.24x10 ⁴ ±8.53x10 ⁴	1.02x10 ⁵ ±1.13x10 ⁵	1.31x10 ⁵ ±9.99x10 ⁴
6	4.52x10 ⁴ ±2.93x10 ⁴	5.84x10 ⁴ ±6.92x10 ⁴	6.76x10 ⁴ ±9.48x10 ⁴	7.06x10 ⁴ ±9.02x10 ⁴
8	4.23x10 ⁴ ±3.64x10 ⁴	1.56x10 ⁵ ±1.66x10 ⁵	4.64x10 ⁴ ±5.05x10 ⁴	8.25x10 ⁴ ±1.11x10 ⁵
10	3.37x10 ⁴ ±2.48x10 ⁴	2.87x10 ⁵ ±3.29x10 ⁵	4.65x10 ⁴ ±5.12x10 ⁴	2.30x10 ⁴ ±1.58x10 ⁴
12	6.64x10 ⁴ ±2.39x10 ⁴	4.82x10 ⁵ ±4.86x10 ⁵	5.75x10 ⁴ ±2.35x10 ⁴	6.46x10 ⁴ ±1.49x10 ⁴
14	2.91x10 ⁵ ±2.56x10 ⁵	8.39x10 ⁵ ±9.80x10 ⁵	1.49x10 ⁵ ±1.35x10 ⁵	4.42x10 ⁵ ±3.92x10 ⁵

ตารางผนวกที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ Psychrophile (cfu/g) ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น

ระยะเวลา(วัน)	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D
0	1.58x10 ³ ±6.66x10 ²	1.58x10 ³ ±6.66x10 ²	6.05x10 ³ ±4.51x10 ³	9.54x10 ⁴ ±8.19x10 ⁴
2	3.29x10 ³ ±2.54x10 ³	1.41x10 ³ ±6.94x10 ²	4.30x10 ³ ±3.47x10 ³	7.10x10 ³ ±8.85x10 ³
4	2.64x10 ³ ±2.10x10 ³	1.66x10 ³ ±1.11x10 ³	5.83x10 ³ ±5.35x10 ³	6.07x10 ³ ±3.78x10 ³
6	9.38x10 ³ ±5.67x10 ³	1.11x10 ⁴ ±3.16x10 ³	4.64x10 ³ ±5.18x10 ³	9.43x10 ³ ±5.37x10 ³
8	6.20x10 ⁴ ±3.05x10 ⁴	4.75x10 ⁵ ±3.94x10 ⁵	2.85x10 ⁴ ±3.84x10 ⁴	9.21x10 ⁴ ±8.78x10 ⁴
10	5.61x10 ⁵ ±4.35x10 ⁵	2.59x10 ⁶ ±3.93x10 ⁶	2.64x10 ⁵ ±3.91x10 ⁵	4.14x10 ⁵ ±4.04x10 ⁵
12	3.42x10 ⁷ ±5.70x10 ⁷	3.43x10 ⁶ ±3.44x10 ⁶	3.34x10 ⁷ ±5.68x10 ⁷	2.84x10 ⁷ ±4.64x10 ⁷
14	3.53x10 ⁷ ±5.60x10 ⁷	1.01x10 ⁷ ±6.08x10 ⁶	2.69x10 ⁸ ±4.59x10 ⁸	3.37x10 ⁸ ±5.74x10 ⁸

ตารางผนวกที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ Enterobacteriaceae (cfu/g) ในกุ้งขาวที่เก็บรักษาแบบแช่เย็น

ระยะเวลา(วัน)	แบบ I	แบบ W	แบบ 3D	แบบ 6D
0	$2.01 \times 10^4 \pm 2.86 \times 10^4$	$2.01 \times 10^4 \pm 2.86 \times 10^4$	$2.41 \times 10^4 \pm 2.73 \times 10^4$	$1.78 \times 10^5 \pm 2.98 \times 10^5$
2	$1.03 \times 10^4 \pm 9.15 \times 10^3$	$2.77 \times 10^3 \pm 2.20 \times 10^3$	$9.09 \times 10^3 \pm 7.18 \times 10^3$	$6.31 \times 10^3 \pm 4.76 \times 10^3$
4	$2.23 \times 10^3 \pm 2.13 \times 10^3$	$9.39 \times 10^3 \pm 1.23 \times 10^4$	$2.26 \times 10^3 \pm 1.91 \times 10^3$	$5.87 \times 10^3 \pm 4.99 \times 10^3$
6	$1.30 \times 10^3 \pm 4.34 \times 10^2$	$2.42 \times 10^3 \pm 2.94 \times 10^3$	$2.40 \times 10^3 \pm 2.65 \times 10^3$	$9.17 \times 10^3 \pm 7.95 \times 10^3$
8	$1.50 \times 10^3 \pm 1.95 \times 10^3$	$4.62 \times 10^3 \pm 4.32 \times 10^3$	$5.63 \times 10^2 \pm 7.34 \times 10^2$	$4.99 \times 10^3 \pm 8.30 \times 10^3$
10	$2.38 \times 10^3 \pm 3.39 \times 10^3$	$2.33 \times 10^4 \pm 2.00 \times 10^4$	$6.32 \times 10^2 \pm 4.70 \times 10^2$	$1.47 \times 10^3 \pm 1.60 \times 10^3$
12	$1.49 \times 10^3 \pm 1.18 \times 10^3$	$1.48 \times 10^4 \pm 1.43 \times 10^4$	$1.16 \times 10^3 \pm 1.50 \times 10^3$	$7.27 \times 10^2 \pm 5.83 \times 10^2$
14	$9.90 \times 10^4 \pm 1.70 \times 10^5$	$1.17 \times 10^5 \pm 1.66 \times 10^5$	$4.71 \times 10^4 \pm 8.09 \times 10^4$	$3.18 \times 10^4 \pm 5.30 \times 10^4$



ภาพผนวกที่ 1 รถขนส่งกุ้งขาวมีชีวิต



ภาพผนวกที่ 2 ถังบรรจุกุ้งขาวมีชีวิตขณะลำเลียง



ภาพผนวกที่ 3 ทำให้กุ้งตายในน้ำเย็น



ภาพผนวกที่ 4 ถังพลาสติกกวนนวนบรรจุกุ้งขาวแช่เย็น

ตารางผนวกที่ 10 แบบฟอร์มประเมินคุณภาพกุ้งขาวด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส (กุ้งขาว)

รหัสตัวอย่าง _____

ชนิด : _____ กุ้งดิบ

ชื่อผู้ประเมิน : _____ วันที่ : _____

	สดมาก	ไม่สดมาก
หัว	-----	-----
เปลือก	-----	-----
เนื้อ	-----	-----
กลิ่น	-----	-----
การยอมรับโดยรวม	-----	-----

คุณภาพ	คุณลักษณะ			
	หัว	เปลือก	เนื้อ/เนื้อสัมผัส	กลิ่น
สดมาก	ติดแน่นไม่แยก, สีชมพู/แกมสีเหลืองอ่อน	สดใสเป็นมัน เปลือกแข็ง สีขาวใส	ใสมาก แน่น ยืดหยุ่น	ไม่มีกลิ่น หรือกลิ่นน้ำทะเล, กลิ่นสด
สด	ติดแน่น ไม่แยก สีแกมซีดจางเล็กน้อย	สดใส, เปลือกแข็ง สีขาวใส	ใส แน่น	ไม่มีกลิ่น, กลิ่นสดหรือกลิ่นคาวเล็กน้อย
ปานกลาง	หัวเริ่มแยก, เริ่มมีสีน้ำตาล ดำ/แกมสีส้ม ซีดจางขุ่น	ไม่แวววาว, เปลือกเริ่มนิ่ม อาจมีสีดำตามปล้องขา และหาง	เริ่มขุ่น ไม่ใส แน่นเล็กน้อย	กลิ่นคาว, มีกลิ่นอับเล็กน้อย , กลิ่นแอมโมเนียอ่อนๆ
ไม่สด	แยกมากเกือบหลุด, มีสี เหลืองคล้ำ	เริ่มขาว, เปลือกนิ่ม, มีสี ดำตามส่วนต่างๆ เล็กน้อย	ขุ่นขาว, เนื้อเริ่ม นิ่ม	กลิ่นคาว, ไม่สด กลิ่นอับ เล็กน้อย, กลิ่นแอมโมเนีย
ไม่สดมาก	เกือบหลุดถึงหลุดจากกัน, มีสีเหลืองคล้ำมาก	ขาวซีด, มีสีดำตามส่วน ต่างๆ มากขึ้น, เปลือกนิ่ม มาก	ขุ่นขาว, เนื้อนิ่ม ละ	กลิ่นคาวน่าเหม็น, กลิ่นอับ น่าเปรี้ยว, กลิ่นฉุน

ตารางผนวกที่ 11 แบบฟอร์มประเมินคุณภาพกุ้งขาวสุกด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส (กุ้งขาว)

รหัสตัวอย่าง _____ ชนิด : _____ กุ้งสุก _____

ชื่อผู้ประเมิน : _____ วันที่ : _____

	สดมาก	ไม่สดมาก
ลักษณะทั่วไป	-----	-----
กลิ่น	-----	-----
รสชาติ	-----	-----
เนื้อสัมผัส	-----	-----
การยอมรับโดยรวม	-----	-----

คุณภาพ	คุณลักษณะ			
	ลักษณะทั่วไป	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส
สดมาก	มีสีส้มสดใส, หัวติดแน่น	กลิ่นหอม	หวาน	นุ่มแน่น ชืดหยุ่นมาก
สด	สีส้มอ่อน สดใส	กลิ่นหอมเล็กน้อย	หวานเล็กน้อย	นุ่มแน่น ชืดหยุ่น / เหนียว
ปานกลาง	สีซีดไม่สดใส, เริ่มมีสีดำตามส่วนต่างๆเล็กน้อย, หัวเริ่มมีสีคล้ำ ไม่ติดแน่น	กลิ่นเหมือนผักคัมหรือกลิ่นแอมโมเนียอ่อนๆ	ไม่มีรสหวาน, จืดเล็กน้อย	ยังเหนียวยืดหยุ่นเล็กน้อย จนถึงแข็งเล็กน้อย
ไม่สด	สีคล้ำหรือซีด, หัวคล้ำเริ่มแยกจากตัวหรือหลุด, มีสีดำตามส่วนต่างๆ	กลิ่นคาว ไม่สด กลิ่นเปรี้ยวหรือกลิ่นแอมโมเนีย	จืดซีดหรือเปรี้ยวเล็กน้อย	เริ่มยุ่ยเล็กน้อย หรือแห้งแข็ง
ไม่สดมาก	สีคล้ำ, หัวสีน้ำตาลเข้มมาก และหลุด, มีสีดำตามส่วนต่างๆ มาก	กลิ่นแอมโมเนียรุนแรงมาก, เน่าเหม็น	เปรี้ยวมากหรือจืดซีดมาก	ยุ่ยและหรือแห้งมาก