สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาผลของโพลีฟอสเฟต และอุณหภูมิที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของกุ้งกุลาดำ

Effect of Polyphosphate and Temperatures on Physical Properties of Black Tiger Shrimp

T045813

โดย

นาย เกียรติศักดิ์ ฉัตรสถิตายุทธ

นาย ปรีชา ตั้งมโนธรรม

นางสาว วัชรินทร์ องค์อรรถฉัตร

ปริญญานิพนธ์ส่วนนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 45813
วัน, เดือน, ปี 18 ก.พ. 2546

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา

ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาผลของโพลีฟอสเฟต และอุณหภูมิที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของกุ้งกุลาดำ

ผู้จัดทำ

นาย เกียรติศักดิ์	ฉัตรสถิตายุทธ
นาย ปรีชา	ตั้งมโนธรรม
นางสาว วัชรินทร์	องค์อรรถฉัตร

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลของโพลีฟอสเฟต และอุณหภูมิที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของกุ้งกุลาดำ

นาย เกียรติศักดิ์ ฉัตรสถิตายุทธ
นาย ปรีชา ตั้งมโนธรรม
นางสาว วัชรินทร์ องค์อรรถฉัตร

ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ในการทดลองนี้ จะทำการศึกษาผลของสารประกอบโซเดียมไทรโพลีฟอสเฟต (STPP) ที่ระดับความเข้มข้น 2%, 4% และ6% และอุณหภูมิสุดท้ายของกุ้งต้ม 70, 80 และ 90°C ต่อค่าความสูญเสียหลังการต้ม ค่าความสูญเสียหลังการเหวี่ยง ความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าความชื้นหลังการต้ม ค่าสี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกุ้งพันธุ์กุลาดำ (*Penaeus monodon Febricius*) โดยการนำกุ้งที่แกะเปลือกแล้วมาแช่สาร STPP กุ้งจะดูดน้ำและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นนำกุ้งไปต้ม จะพบว่า STPP ช่วยรักษาน้ำหนักหลังการต้ม โดยลดเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียหลังการต้ม ช่วยให้กุ้งที่ต้มแล้วมีความชื้น และมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น อุณหภูมิในกลางกุ้งหลังต้มก็มีอิทธิพลต่อน้ำในตัวกุ้งอย่างชัดเจน โดยกุ้งต้มที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะสูญเสียน้ำมาก ความชื้นจึงต่ำ และมีการอุ้มน้ำลดลง ซึ่งผลจาก STPP มีแนวโน้มเห็นได้ชัดเจนมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสุดท้ายของกุ้งสูงขึ้น นอกจากนั้นเนื่องจากปริมาณน้ำในตัวกุ้งที่เพิ่มขึ้น จะทำให้กุ้งใสขึ้น แต่รงควัตถุเจือจางลง กุ้งจึงมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น และมีค่าสีแดงลดลง STPP ยังมีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทำให้สีแดงของกุ้งจางลง และทำให้กุ้งมีลักษณะนุ่มขึ้น เป็นผลให้ผู้ที่เข้าทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสขอบกุ้งที่แช่สารฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Effect of Polyphosphate and Temperatures on Physical Properties of Black Tiger Shrimp

Mr. Kieattisak Chatsatitayut

Mr. Preecha Tangmanotam

Ms. Vatcharin Ongarthachat

Dr. Pimpen Pornchaloempong Advisor

2001

Abstract

Unshelled Black Tiger shrimps (*Penaeus monodon Febricius*) soaking in the solutions containing various levels of Sodium tripolyphosphate (STPP 0%, 2%, 4% and 6%) combined with NaCl 3% and cooking at different final center temperatures were evaluated for cooking loss, expressional water, water holding capacity, moisture content, L*(Lightness), a*(redness) and sensory qualities. STPP improved yield by reducing cook loss, increasing moisture after cooked and increasing water holding capacity. The central temperatures after cooking had an influence on water retention in shrimps. The higher the temperature, the higher the water loss and led in lower moisture content and lower water holding capacity. The effect of STPP for reducing water loss tended to be more obvious when shrimp was cooked at higher final center temperature. Soaking in STPP increased L* and decrease a* of cooked shrimp. STPP also influenced on sensory qualities by reducing redness, hardness of cooked shrimps and resulted in increasing overall likeness.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูปภาพ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	
1.2 วัตถุประสงค์	
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร และแหล่งข้อมูล	3
2.1 ลักษณะทั่วไป และปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของกุ้ง	
2.2 ผลของการใช้สารประกอบฟอสเฟตต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์	
2.3 ผลของความร้อนที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อ	
บทที่ 3 วิธีการทดลอง และเก็บข้อมูล	13
3.1 อุปกรณ์ทดลอง	
3.2 วัสดุทดลอง	
3.3 การแช่สารละลาย และการแช่แข็ง	
3.4 วิธีการทดลอง	
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์	16
4.1 ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และค่าความเป็นกรด - ด่างของกุ้งหลังแช่สารละลาย	
4.2 ค่าความสูญเสียหลังการต้ม	
4.3 ค่าความสูญเสียหลังการเหวี่ยง	
4.4 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ	
4.5 ค่าความชื้นหลังต้ม	
4.6 ค่าสี	
4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	28
5.1 สรุปผลการทดลอง	
5.2 ข้อเสนอแนะ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

ภาคผนวก 30
ภาคผนวก ก. ตารางบันทึกผลการทดลอง 31
ภาคผนวก ข. ภาพระหว่างการทดลอง และอุปกรณ์การทดลอง 33
ภาคผนวก ค. ตารางแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติ จากวิธีของ Duncan 39
กิตติกรรมประกาศ 40
เอกสารอ้างอิง 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และค่าความเป็นกรด – ด่างของกุ้งหลังแช่ของสารละลาย	16
ตารางที่ ก.1 ตารางบันทึกผลการทดลองสำหรับค่าความสูญเสียต่าง ๆ และค่าสี	31
ตารางที่ ก.2 ตารางบันทึกผลสำหรับการวัดค่าทางประสาทสัมผัสประเภทต่าง ๆ	32
ตารางที่ ค.1 ตารางแสดงผลความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ ด้วยวิธีของ Duncan	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงผลของ STPP เทียบตามอุณหภูมิกับเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียหลังการต้ม	17
รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียหลังการเหวี่ยง (ก) เทียบตามประเภทของฟอสเฟต (ข) เทียบตามระดับอุณหภูมิ (ค) เทียบตามประเภทของฟอส - เฟต และระดับอุณหภูมิ	19
รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (ก) เทียบตามประเภทของฟอสเฟต (ข) เทียบตามระดับอุณหภูมิ (ค) เทียบตามประเภทของฟอส - เฟต และระดับอุณหภูมิ	21
รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้น (ก) เทียบตามประเภทของฟอสเฟต (ข) เทียบตามระดับอุณหภูมิ (ค) เทียบตามประเภทของฟอสเฟต และระดับอุณหภูมิ	23
รูปที่ 4.5 แผนภูมิแสดงผลของ STPP เทียบตามอุณหภูมิกับค่าความสว่าง	25
รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงผลของ STPP เทียบตามอุณหภูมิกับค่าความเป็นสีแดง	26
รูปที่ 4.7 แผนภูมิแสดงค่าทางประสาทสัมผัสประเภทต่าง ๆ เทียบตามประเภทฟอส - เฟต	27
รูปที่ ข.1.1 ภาพแสดงขั้นตอนการหักหัว และแกะเปลือกออก	33
รูปที่ ข.1.2 ภาพแสดงการล้างกุ้งหลังแกะเปลือกด้วยน้ำ	33
รูปที่ ข.1.3 ภาพแสดงกุ้งหลังแกะเปลือกบรรจุในถังควบคุมอุณหภูมิเพื่อเตรียมการทดลอง	34
รูปที่ ข.1.4 ภาพแสดงการวัดอุณหภูมิกุ้งที่อยู่ในถังควบคุมอุณหภูมิ	34
รูปที่ ข.1.5 ภาพแสดงการให้ความร้อนโดยเครื่องต้มน้ำ	35
รูปที่ ข.1.6 ภาพแสดงช่วงการทำให้เย็น โดยนำกุ้งแช่ในน้ำผสมน้ำแข็ง	35
รูปที่ ข.1.7 ภาพแสดงตัวอย่างกุ้งที่จะนำไปทำการวัดค่าทางประสาทสัมผัส	36
รูปที่ ข.2.1 ภาพเครื่องเหวี่ยง	37
รูปที่ ข.2.2 ภาพเครื่องวัดสี	37
รูปที่ ข.2.3 ภาพตู้อบ	38
รูปที่ ข.2.4 ภาพเครื่องชั่งน้ำหนักค่าความละเอียด 4 ตำแหน่ง	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 คำนำ

อุตสาหกรรมกุ้งแปรรูป เป็นอุตสาหกรรมเกษตรที่ทำรายได้เข้าประเทศเป็นอันดับ 2 รองจากข้าว จากข้อมูลสถาบันอาหารในปี 2543 (http://www.nfi.or.th/) ประเทศไทยส่งออกกุ้งมีมูลค่าสูงถึง 107,887.29 ล้านบาท และประเทศไทยยังเป็นประเทศที่ส่งออกกุ้ง และผลิตภัณฑ์จากกุ้งเป็นอันดับ 1 ของโลก โดยมีตลาดที่สำคัญคือ อเมริกา ญี่ปุ่น สิงคโปร์ และแคนาดา พันธุ์กุ้งที่มีศักยภาพสูงสุดในการส่งออกคือ กุ้งกุลาดำ (Black Tiger Shrimp, *Penaeus monodon Febricius*) ผลิตภัณฑ์จากกุ้งกุลาดำส่งออกจากประเทศไทย เรียงตามมูลค่าการส่งออก ได้แก่ กุ้งแช่แข็ง กุ้งแปรรูป กุ้งสดแช่เย็น และกุ้งต้ม เหตุผลสำคัญที่ทำให้ประเทศไทยครองความเป็นที่ 1 ในการส่งออกกุ้งและผลิตภัณฑ์จากกุ้งคือ ความสามารถในการรักษา ควบคุม และปรับปรุงคุณภาพของกุ้งให้ตรงตามความต้องการของประเทศคู่ค้า

ในระหว่างกระบวนการต่าง ๆ หลังการเก็บเกี่ยว และการแปรรูปกุ้ง เช่น การแช่แข็ง การต้ม คุณภาพด้านต่าง ๆ เช่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ของกุ้งจะเสื่อมลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้น้ำหนักของกุ้งยังลดลงเพราะเกิดการสูญเสียน้ำ เนื่องจากกุ้งเป็นสินค้าที่มีราคาสูง การรักษาคุณภาพ และน้ำหนักของกุ้งในระหว่างกระบวนการแปรรูปจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งสำหรับผู้ประกอบการ มีการทดลองใช้สารโพลีฟอสเฟต (Polyphosphate) (โมเลกุลสายยาวที่มีฟอสเฟตมากกว่าหรือเท่ากับ 3 อะตอม) เพื่อปรับปรุงคุณภาพ และรักษาน้ำหนักของผลิตภัณฑ์อาหารทะเล (Crapo and Crawford, 1991) พบว่าสามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก รักษาสี เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ และทำให้รสชาติของอาหารทะเลดีขึ้น Crawford (1980) มีรายงานการใช้โพลีฟอสเฟตในกุ้งพันธุ์แชบ๊วย (White Shrimp, *Penaeus setiferus*) พบว่าสารโพลีฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนที่ผิวของกุ้งช่วยลดการสูญเสียโปรตีน และความชื้นระหว่างการต้ม ประสิทธิภาพของสารโพลีฟอสเฟตขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ระยะเวลาแช่ และความสดของกุ้ง สำหรับในประเทศไทย จากข้อมูลการสอบถามจากผู้ประกอบการพบว่ามีการใช้สารโพลีฟอสเฟตในอุตสาหกรรมกุ้งแปรรูปอย่างกว้างขวางปริมาณ และเทคนิคการใช้มักเป็นความลับทางการค้า และเน้นการรักษาน้ำหนัก ทำให้อาจมีการใช้สารในอัตราที่ไม่เหมาะสม เช่น การใช้ฟอสเฟตในปริมาณที่มากเกินไป ซึ่งนอกจากจะไม่ช่วยให้คุณภาพโดยรวมดีขึ้นแล้ว ยังทำให้ปริมาณฟอสเฟตตกค้างมากเกินไป และเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค การศึกษาผลของสารโพลีฟอสเฟตที่มีต่อกุ้ง จะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่าง ๆ ทางด้านกายภาพ เช่น ค่าความสูญเสียหลังการต้ม (Cooking loss) ค่าความสูญเสียหลังการแช่เยือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Expressional water) ค่าความชื้น (Moisture content, MC) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC) ค่าสีของกุ้ง และการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory test) ซึ่งจะสามารถควบคุมการผลิต และปรับปรุงคุณภาพของกุ้งเพื่อการส่งออกได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์

1) ศึกษาคุณสมบัติ และผลของโพลีฟอสเฟตแต่ละชนิดที่ใช้แช่กุ้งที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อน ซึ่งมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของกุ้งกุลาดำ
2) ทำการวิเคราะห์ และออกแบบการทดลองเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของกุ้งกุลาดำ ได้แก่ ความสูญเสียหลังการต้ม ความสูญเสียหลังการเหวี่ยง ความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าความชื้นหลังต้ม ค่าสี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของสารเคมี และอุณหภูมิ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสรุปผล และหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติดังกล่าว และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร และแหล่งข้อมูล

2.1 ลักษณะทั่วไป และปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของกุ้ง

กุ้งเป็นสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลังประเภทหนึ่ง ลำตัวยาว มีเปลือกหุ้มตัว และแบ่งเป็นปล้อง ๆ อยู่ในไฟลัมอาโทรโพดา (Phylum Arthropoda) และจัดอยู่ในคลาสคลัสทีเชีย (Class Crustacea) (ประจวบ, 2537)

2.1.1 ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของกุ้ง

ลักษณะโครงสร้างของกุ้งประกอบด้วย โครงสร้างภายนอกหรือเปลือก และเนื้อกุ้งหรือกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อของกุ้งมีเพียงชนิดเดียว คือ กล้ามเนื้อลาย ซึ่งพบได้ตามลำตัวรอบอวัยวะต่าง ๆ กล้ามเนื้อลายประกอบด้วยไมโอไฟบริล (myofibril) จำนวนมากรวมกันเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีซาร์โคเลมมา (sarcolemma) เป็นเยื่อบาง ๆ หุ้มอยู่

2.1.2 ลักษณะทางกายภาพของกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำ หรือกุ้งกะลา หรือกุ้งม้าลาย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Penaeus monodon Febricius* และมีชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า Tiger Prawn, Black Tiger Prawn หรือ Giant Tiger Prawn กุ้งชนิดนี้จัดอยู่ในวงศ์เพเนซีเด (Penacidae) ในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ลำตัวเป็นสีม่วงแดง มีแถบสีน้ำตาล ลายพาดขวางด้านหลังประมาณ 9 ลาย ลำตัวเป็นปล้อง โคนขาว่ายน้ำมีแถบสีเหลืองเป็นปล้อง ๆ เปลือกหัวเกลี้ยงไม่มีขน หนวดมีสีดำ ไม่มีลาย ฟันกรีด้านบนมี 6 - 8 ซี่ ด้านล่างมี 2 - 4 ซี่ ร่องข้างกรีทั้งสองด้านมีลักษณะแคบและยาวไม่ถึงฟันกรีอันสุดท้าย ที่ขาเกินคู่ที่ 5 ไม่มีระยางอันนอก ถิ่นอาศัยของกุ้งกุลาดำ ได้แก่ น่านน้ำแถบใต้หวัน ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และที่พบมากได้แก่ ออสเตรเลีย และอินเดีย เป็นกุ้งที่อยู่ในเขตร้อน ชอบอาศัยอยู่บริเวณน้ำลึก ห่างออกจากฝั่ง และชอบพื้นทะเลที่เป็นดินทราย สามารถทนอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง และความเค็มต่ำ เช่น บริเวณป่าชายเลน (วัลลภ, 2532)

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของกุ้ง

กุ้งเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีราคาแพง และเป็นผลิตผลที่จับได้ในเขตน่านน้ำที่มีอุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังเรื่องคุณภาพของวัตถุดิบ วิธีการเก็บรักษาตลอดจนถึงการขนส่งของกุ้งสด

กุ้งสด ต้องมีเนื้อลำตัวแน่น ไม่มีกลิ่นเหม็น หัวจะติดแน่น ตาใส เห็นสีแดงของมันกุ้งได้ชัด โดยกลิ่นเป็นดัชนีที่ดีที่สุดสำหรับการตรวจสอบความสดของกุ้ง ถ้ามีความสงสัยควรจะแกะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกออก ผ่าแยกกุ้งออกเป็นสองซีกแล้วดมดู ถ้ามีกลิ่นผิดปกติหรือกลิ่นไอโอโดฟอร์มอย่างแรงก็จะได้กลิ่นทันที กุ้งสดจะมีกลิ่นสดสะอาด แต่บางครั้งเมื่อกุ้งไปกินสาหร่ายทะเลบางชนิดเข้าไป อาจจะมีกลิ่นคล้ายไอโอโดฟอร์ม กลิ่นดังกล่าวไม่ใช่กลิ่นที่เน่าเสีย แต่ถ้ากลิ่นนั้นแรงเกินไปก็อาจจะทำให้ไม่ค่อยอยากบริโภค ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ ถ้ากุ้งมีจุดสีดำ แต่จุดสีดำดังกล่าวมีขนาดเล็ก และไม่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงกับเนื้อกุ้งจึงจะยอมให้ผ่านได้ จุดขนาดเล็ก หมายถึง จุดที่มีความกว้างไม่เกิน 1/16 นิ้ว และความยาวไม่เกิน 1/8 นิ้ว กุ้งที่เก็บไว้ไม่ถูกต้องหรือเก็บไว้นานเกินไปจะเริ่มอ่อนตัว จุดที่เริ่มอ่อนตัวคือตรงเส้นเลือด และลำไส้ด้านหลัง เมื่อเวลาปอกเปลือกเนื้อกุ้งตรงบริเวณนั้นจะติดไปกับเปลือก ทำให้เกิดรอยแตกหรือรอยเว้าแหว่งตรงด้านหลังของตัวกุ้ง บางครั้งกุ้งจะมีเนื้อนิ่มมาก และมีลักษณะคล้ายวุ้น (cotton shrimp, milk shrimp) สาเหตุที่กุ้งเป็นเช่นนั้นยังไม่ทราบ ถึงแม้ว่าการที่กุ้งมีลักษณะเช่นนี้ไม่ใช่เพราะการเน่าเสีย แต่ก็ไม่ควรจะยอมรับ

2.2 ผลของการใช้สารประกอบฟอสเฟตต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์

2.2.1 ชนิด และการใช้ฟอสเฟต

สารประกอบฟอสเฟตที่อนุญาตให้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ โซเดียมไทรโพลีฟอสเฟต (Sodium tripolyphosphate) โซเดียมโพลีฟอสเฟต (Sodium polyphosphate) และโซเดียมฟอสเฟต (Sodium phosphate) ได้มีการนำสารประกอบฟอสเฟตมาใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นนอกเหนือจากที่อนุญาตให้ใช้ได้ เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น เช่น ช่วยให้สีของผลิตภัณฑ์ผัก และผลไม้คงตัว ทำให้เครื่องดื่มที่ผลิตไม่ขุ่น ทำให้ผลิตภัณฑ์นี้มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี นอกจากนี้ยังนำมาใช้เป็นสารเสริมฤทธิ์สารกันหืนในผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมัน และไขมันเป็นส่วนประกอบ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขึ้นฟู และช่วยเพิ่มความคงตัวของฟองในผลิตภัณฑ์ไข่ เป็นต้น แต่ทั้งนี้จะต้องขออนุญาตใช้เป็นกรณีไป

2.2.2 ผลของการใช้ฟอสเฟตในการถนอม และแปรรูปอาหาร

สารประกอบฟอสเฟตเป็นสารที่ใช้ในกระบวนการถนอม และแปรรูปอาหาร ประโยชน์ของการใช้สารประกอบฟอสเฟตมีดังนี้ (ศิวาพร ศิวเวช)

1) สารประกอบฟอสเฟตช่วยควบคุมปฏิกิริยาของโลหะที่อาจปนเปื้อนวัตถุดิบหรือในกระบวนการแปรรูปอาหาร ซึ่งทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนในผลิตภัณฑ์อาหารโดยลดปฏิกิริยาโลหะที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เกิดปฏิกิริยากับสารอินทรีย์โพลีอิเล็กโทรไลด์ในเนื้อสัตว์ เป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโลหะในโปรตีนซึ่งจะรวมกับโปรตีนเป็นเกลือโปรตีนฟอสเฟต (Protein – phosphate - salt complex) ในผลิตภัณฑ์เนื้อ ช่วยให้อุ้มน้ำได้ดีขึ้น ทำให้เนื้อมีความชุ่มฉ่ำ (juiciness)
3) ช่วยควบคุมความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งช่วยควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีวะ
4) ช่วยให้อีมัลชั่นคงตัว (Emulsion Stabilization)
5) ช่วยให้ส่วนประกอบของอาหารกระจายตัวได้ดีขึ้น
6) ช่วยป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของอาหารผง
7) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มแร่ธาตุในอาหาร และยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร โดยทำปฏิกิริยากับอนุมูลโลหะที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ผลของการใช้ฟอสเฟตกับอาหารประเภทต่าง ๆ มีดังนี้

2.2.2.1 ผลของฟอสเฟตต่อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ทั่วไป

การใช้ฟอสเฟตเติมลงในสารที่ใช้ในการแช่เนื้อ เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมาก เพราะจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบ

- ช่วยให้สีคงตัว

ปกติสีของเนื้อจะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาทางเคมีของรงควัตถุ (pigments) 2 ชนิดคือ ไมโอโกลบิน (myoglobin) และ ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) สำหรับฮีโมโกลบินนั้น เป็นรงควัตถุสีแดงในเลือด เป็นสารประกอบเชิงซ้อนเหล็กโปรตีน (iron - protein complex) ส่วนไมโอโกลบินจะเป็นรงควัตถุสีแดงเข้ม พบในเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนเหล็กโปรตีนเช่นกัน มีเหล็กอยู่ในรูปของเฟอร์รัส (ferrous) ซึ่งสามารถถูกออกซิไดซ์ไปเป็นเฟอร์ริก (ferric) ได้ง่าย ทำให้ได้รงควัตถุสีน้ำตาล เรียกว่า เมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ไมโอโกลบินสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ผิวของเนื้อ ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งมีสีแดงสดขึ้นที่เรียกว่า ออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) จะมีเหล็กอยู่ในรูปของเฟอร์รัสซึ่งสามารถจะถูกเปลี่ยนให้เป็นเมทไมโอโกลบินได้ง่ายโดยการออกซิเดชั่น และหลังจากทิ้งให้เนื้อสัมผัสกับอากาศระยะหนึ่ง ออกซีไมโอโกลบินจะค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีแดงสดไปเป็นสีน้ำตาล ซึ่งก็คือ เมทไมโอโกลบินนั่นเอง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้บริโภครู้สึกว่าเนื้อที่มีสีน้ำตาลจะมีความสดไม่เท่ากับเนื้อที่มีสีแดงสด เป็นผลให้ผู้ผลิตพยายามที่จะรักษาสีแดงสดของเนื้อไว้ จากการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อสีของเนื้อได้แก่ ความเป็นกรด - ด่าง รีดิวซิงเอเย่นต์ (reducing agents) เกลือเคียวริง (curing salts) เมทัลลิกไอออน (metallic ion) และออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความเป็นกรด - ด่างต่ำ การออกซิเดชันของเนื้อจะถูกเร่งให้เกิดเร็วขึ้น ทำให้เกิดเมทไมโอโกลบิน ความเป็นกรด - ด่างที่เหมาะสมสำหรับการรักษาสีของเนื้อจะประมาณ 6.0 - 6.6 การใช้สารประกอบฟอสเฟต เช่น โพลีฟอสเฟต หรือ ไดอัลคาไลฟอสเฟต (Dialkali phosphate) มาใช้ควบคุมความเป็นกรด - ด่าง และเมทัลลิกไอออนที่มีอยู่ พบว่าจะช่วยให้สีแดงของเนื้อคงอยู่ได้

- เพิ่มความนุ่มของเนื้อ

ในระยะแรกที่สัตว์ตายแล้ว จะเกิดการเกร็งตัวที่กล้ามเนื้อ (rigor mortis) โดยโปรตีนที่กล้ามเนื้อจะเกิดการหดตัว เป็นสาเหตุทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อหดสั้นเข้า การเติมสารประกอบฟอสเฟตจะทำให้แอคโทไมโอซิน (actomyosin) แยกออกเป็นแอคติน (actin) และไมโอซิน (myosin) ซึ่งจะมีผลต่อความนุ่มของเนื้อทุกชนิด และจากการทดลองพบว่าสารประกอบไพโรฟอสเฟต (Pyrophosphate) นั้น เมื่อรวมกับแมกนีเซียมไอออน (Magnesium ion) จะช่วยทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อยืดตัวออก

- ช่วยให้เนื้อจับตัวกันดี

ลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์เนื้อประเภทบดนั้น จะดีแค่ไหนจะขึ้นกับการจับตัวของชิ้นเนื้อ เราสามารถนำเนื้อบดมาอัดตัวเป็นชิ้นใหญ่ ๆ ได้ โดยพยายามหาวิธีให้เนื้อชิ้นเล็ก ๆ แต่ละชิ้นมีน้ำอิสระอยู่ที่ผิว ซึ่งน้ำอิสระนี้เป็นตัวยึดให้เนื้อชิ้นเล็ก ๆ นั้นจับกัน และสารประกอบฟอสเฟตที่เติมลงไปนี้จะไปช่วยเพิ่มน้ำอิสระในโปรตีนที่ละลายได้ของชิ้นเนื้อ ผลคือช่วยให้การจับตัวกันของชิ้นเนื้อในผลิตภัณฑ์ดีขึ้น ซึ่งมีประโยชน์มากในการทำผลิตภัณฑ์เนื้อต่าง ๆ เช่น ไส้กรอกชนิดต่าง ๆ

- ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อนั้น มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เนื้อมาก ทั้งนี้เพราะว่าถ้าหากเนื้อไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้ และมีการเก็บเนื้อนั้นไว้ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม จะทำให้น้ำบางส่วนในเนื้อเสียไป เป็นผลทำให้ความนุ่ม และความชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งจะมีผลต่อเนื่องทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลงด้วย จึงได้มีการค้นหาวิธีที่จะป้องกัน และรักษาความชื้นของเนื้อไว้ จากการทดลองพบว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะดีขึ้นเมื่อความเป็นกรด - ด่างในเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อลดลง สำหรับประสิทธิภาพของสารประกอบฟอสเฟตที่เติมลงไปนั้น เชื่อว่าจะทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีขึ้น โดยจะเป็นตัวไปทำให้สารประกอบเชิงซ้อนแอคโทไมโอซิน (actomyosin complex) แตกออก และเกิด complex divalent cations สารประกอบฟอสเฟตที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อมีดังนี้ โซเดียมไทรโพลีฟอสเฟต โซเดียมเต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตระโพลีฟอสเฟต (Sodium tetrapolyphosphate) โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (Sodium hexametaphosphate) เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต (Tetrasodium pyrophosphate) ไซคลิกโซเดียมเมตะฟอสเฟต (Cyclic sodium metaphosphate) และไดโซเดียมฟอสเฟต (Disodium phosphate)

Knipe และคณะ (1990) รายงานว่า ฟอสเฟตจะทำการไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) วัตถุดิบ โดยไทรโพลีฟอสเฟต (Tripolyphosphate) จะสามารถทำปฏิกิริยาต่าง ๆ กับเนื้อได้ดีกว่าไพโรโพลีฟอสเฟต (Pyropolyphosphate) และสารทั้งสองอย่างนี้ ก็จะให้ผลดีกว่าออร์โทฟอสเฟต (Orthophosphate) (Neraal and Hamm, 1977a, b; Awad, 1968; Sutton, 1973)

Bendall (1954) พบว่าการแช่เนื้อในสารไพโรฟอสเฟต 24 ชั่วโมง ช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ 14% และลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเนื้อด้วย

<u>ผลของการใช้สารประกอบฟอสเฟตร่วมกับสารอื่น</u>

สารอื่นที่จะกล่าวถึงในส่วนนี้ คือ โซเดียมคลอไรด์ มีการทดลองผสมสารเตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟตลงในสารจำพวกเกลือโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าการเติมเกลือโซเดียมอย่างเดียว และมีผลกับคุณสมบัติในการอุ้มน้ำของกล้ามเนื้อ นอกจากนั้นยังมีรายงานว่าสารผสมเตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟตกับโซเดียมคลอไรด์ ยังช่วยรักษาเนื้อได้นานขึ้นจาก 16 ชั่วโมง เป็น 16 - 32 ชั่วโมง (Swift and Ellis, 1956)

Bendall (1954) ทำตัวอย่างผลกระทบของโซเดียมคลอไรด์กับเตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต และเฮกซะเมตาฟอสเฟต (Hexametaphosphate) ในเนื้อสุก และไม่สุก ซึ่งสามารถรักษาได้นานถึง 24 ชั่วโมง มีข้อมูลที่เกี่ยวกับผลของโซเดียมไทรโพลีฟอสเฟตกับโซเดียมคลอไรด์ต่อเนื้ออกไก่บดอัดแผ่น (chicken breast meat patties) คือใช้โซเดียมไทรโพลีฟอสเฟต และโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แช่เนื้ออกไก่จะช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ลดการสูญเสียน้ำหลังการให้ความร้อน และช่วยเพิ่มคุณภาพของเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้น โดยการใช้สารทั้ง 2 ตัวผสมกันจะทำให้คุณสมบัติต่าง ๆ ดีกว่าการใช้สารเคมีตัวเดียว (Young และคณะ, 1987)

สารประกอบโซเดียม และฟอสเฟตที่เติมยังมีผลต่อปัจจัยทางกายภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์จากไก่งวง (Turkey Frankfurters) และสามารถเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของอีมัลชั่น และเพิ่มผลผลิต (yield) ด้วย (Barbut และคณะ, 1987)

- ค่าความเป็นกรด - ด่าง เนื้อจะมีค่าความเป็นกรด - ด่างสูงขึ้น หลังจากเติมสารฟอสเฟต โดยที่ไทรโพลีฟอสเฟตจะมีความสามารถในการละลายกล้ามเนื้อโปรตีนได้ดี ทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่างสูงขึ้นกว่าจุดไอโซอิเล็กทริค (isoelectric point) และยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มคุณสมบัติในการอุ้มน้ำให้สูงขึ้นด้วย สังเกตได้จากค่าความคงตัวของอีมัลชั่น ส่วนเฮกซะเมตาฟอสเฟตจะไม่เปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่าง แต่จะเพิ่ม Gel Liquid Retention ในขณะที่โซเดียมเอซิดไพโรฟอสเฟต (Sodium acid pyrophosphate) จะทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่างลดลงเล็กน้อย

- ค่าความคงตัวของอีมัลชั่น จากผลการทดลอง เนื้อที่เติมฟอสเฟตจะมีผลให้ Gel Liquid Retention สูญเสียน้อยลงไทรโพลีฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยาได้ดีกว่าเฮกซะเมตาฟอสเฟต ขณะที่โซเดียมเอซิดไพโรฟอสเฟตทำปฏิกิริยาได้น้อยกว่า 2 ตัวแรก
- ผลผลิตหลังการรมควัน (Smokehouse Yield) การเติมสารฟอสเฟตในเนื้อ ถ้าเป็นไทรโพลีฟอสเฟต และเฮกซะเมตาฟอสเฟต จะทำให้ค่าผลผลิตหลังการรมควันเพิ่มขึ้น ส่วนโซเดียมเอซิดไพโรฟอสเฟตจะไม่มีผล
- แรงต้านการตัด (Shear Force) ไทรโพลีฟอสเฟตจะทำให้เกิดการคงรูปสูงกว่าเฮกซะเมตาฟอสเฟต และโซเดียมเอซิดไพโรฟอสเฟต

2.2.2.2 ต่อผลิตภัณฑ์อาหารทะเล

สารประกอบฟอสเฟตจะมีผลต่อโปรตีนของปลา และสัตว์ทะเลอื่น ๆ เช่นเดียวกับเนื้อสัตว์ต่าง ๆ การเติมฟอสเฟตลงในผลิตภัณฑ์อาหารทะเล พบว่าจะช่วยทำให้คุณภาพของคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น

มีข้อมูลที่ใช้สนับสนุนมากมายว่าการใช้สารละลายโพลีฟอสเฟต จะช่วยเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทะเล เช่น สารละลายโพลีฟอสเฟตจะละลายโปรตีนที่ผิวของเนื้อปลา ซึ่งโปรตีนที่ถูกละลายออกไปนี้จะก่อตัวเป็นฟิล์มซึ่งจะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำเมื่อนำมาละลายหลังแช่แข็ง (thaw loss) (Love and Abel, 1966) ช่วยถนอมสี เพิ่มความอ่อนนุ่มของเนื้อ ทำให้รสดีขึ้น ป้องกันการตกผลึก และยังช่วยยับยั้งการทำลายคุณสมบัติทางจุลชีวะ (Ellinger, 1972) นอกจากนั้นยังมีข้อมูลจาก Bendall (1954) ที่บ่งว่าการใช้โพลีฟอสเฟตช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการอุ้มน้ำในโปรตีนของเนื้อที่ไม่มีมัน ช่วยลดการสูญเสียน้ำหลังการละลายน้ำแข็ง และลดความสูญเสียหลังนำเนื้อปลามาปรุงอาหาร (Boyd and Southcott, 1965; Love and Abel, 1966; Mahon, 1962; Sutton, 1969) หรือในการใส่โพลีฟอสเฟตในเนื้อดิบ ก็จะช่วยลดการสูญเสียน้ำระหว่างการละลาย และเพิ่มคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ซึ่งทำให้เนื้อสัมผัสของปลาคอดที่ปรุงเสร็จแล้วดีขึ้น (Sutton, 1969) สำหรับการประยุกต์ใช้โพลีฟอสเฟตในหอยแครง หอยนางรมแปซิฟิกก่อนนำไปตากแห้งก็ช่วยในการลดการสูญเสียน้ำ (drip loss) ได้เป็นอย่างดี (Ellinger, 1972) และยังช่วยในการรักษาสีของทั้งปลาดิบ และปลาสุกให้องที่ ซึ่งได้จากการทดลองเติมสารประกอบโพลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสเฟตลงในน้ำที่ใช้ในการเก็บปลาเฮอร์ริง (herring) ก่อนที่จะนำไปแปรรูปได้อีกด้วย (ศิวาพร ศิวเวช)

นอกจากนั้นสารประกอบฟอสเฟตยังมีความสามารถในการช่วยให้โปรตีนในปลาจับตัวกันดี ซึ่งปฏิกิริยาจะคล้ายกับเนื้อชนิดอื่น จากการทดลองเติมสารประกอบฟอสเฟตในการทำไส้กรอกปลา พบว่าจะช่วยให้มีการจับตัวกันของโปรตีนดีขึ้น

สำหรับความสามารถของสารประกอบฟอสเฟตในการช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีการอุ้มน้ำได้ดีขึ้นนั้น มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหาร เพราะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคด้วย เนื้อปลา ปู กุ้ง หอย เมื่อนำไปแช่แข็งแล้วทิ้งให้ละลาย มีผลทำให้คุณภาพของเนื้อเสียไป การแช่เนื้อปลาในสารประกอบฟอสเฟตหรือการเติมสารประกอบฟอสเฟตลงในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลจะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ ตัวอย่างของสารประกอบฟอสเฟตที่นิยมใช้เพื่อช่วยให้มีการอุ้มน้ำได้ดีขึ้น ได้แก่ โซเดียมเอซิดไพโรฟอสเฟต โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต โซเดียมไทรโพลีฟอสเฟต เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต เป็นต้น

<u>ผลของการใช้สารประกอบฟอสเฟตร่วมกับสารอื่น</u>

ตัวอย่าง เช่น จากรายงานการทดลองของศิวาพร ศิวเวช มีการฉีดเข้ากล้ามเนื้อปลาด้วยสารผสมของสารประกอบฟอสเฟต โซเดียมซิเตรท (Sodium citrates) และโซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate) พบว่าช่วยให้สีของปลาคงตัวอยู่ได้ถึง 57 วัน เมื่อเก็บไว้ที่ –20°C นอกจากสารประกอบฟอสเฟตจะช่วยรักษาสีให้คงที่แล้ว ยังพบว่ามีส่วนช่วยให้ลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์อาหารทะเลมีความนุ่มเพิ่มมากขึ้นด้วย เช่น การแช่เนื้อปลาในสารประกอบฟอสเฟตก่อนนำไปตากแห้ง ก่อนนำไปแช่แข็งหรือทำให้สุก จะทำให้เนื้อปลามีความนุ่มเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารประกอบฟอสเฟตผสมกับวัตถุเจือปนอาหารชนิดอื่น ๆ เช่น แป้ง จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจับตัวของโปรตีนให้ดีขึ้น ตัวอย่างของสารประกอบฟอสเฟตที่นิยมใช้รวมกับแป้ง ได้แก่ เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต โซเดียมไทรโพลีฟอสเฟต และเฮกซะเมตาฟอสเฟต เป็นต้น และพบว่าการใช้โพลีฟอสเฟตร่วมกับแมกนีเซียมไอออน จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการใช้สารประกอบฟอสเฟตเพียงชนิดเดียว ทั้งนี้เพราะว่าโพลีฟอสเฟตกับแมกนีเซียมไอออนมีการแตกตัว จะทำให้การจับตัวกันของโปรตีนดีขึ้น

นอกจากสารประกอบฟอสเฟตจะมีคุณสมบัติต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาแล้ว ยังพบว่าการแช่เนื้อปลาในสารประกอบฟอสเฟตจะช่วยให้กลิ่นรสของปลาดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาที่เก็บไว้นาน ๆ ทั้งนี้เพราะว่าสารประกอบฟอสเฟตจัดเป็นวัตถุกันหืนที่ดี ช่วยป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหืนของปลาที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย การใช้สารประกอบฟอสเฟต เช่น โซเดียมไทรโพลีฟอสเฟตร่วมกับโซเดียมแอสคอร์เบท (Sodium ascorbate) จะให้ผลดีกว่าการใช้สารประกอบฟอสเฟตเพียงตัวเดียว และยังพบอีกว่าสารประกอบฟอสเฟตมีส่วนช่วยถนอมอาหารทะเลให้เก็บได้นานขึ้น โดยพบว่าพวกสารประกอบฟอสเฟตจะมีคุณสมบัติไปช่วยเสริมฤทธิ์กับพวกสารปฏิชีวนะ ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เก็บได้นานขึ้น

2.2.2.3 ต่อเนื้อกุ้ง

จากการทดลองของ Nouchpramool (1980) พบว่าในการใช้โพลีฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็ง เมื่อนำไปละลาย ก็ช่วยในการลดการสูญเสียน้ำอย่างเห็นได้ชัด การประยุกต์ใช้โพลีฟอสเฟตในกุ้งก่อนนำไปอบด้วยไอน้ำ และแกะเปลือกโดยเครื่องจักร ช่วยเพิ่มผลผลิตหลังจากที่ปรุงเสร็จ นอกจากนี้ ยังมีผลซึ่งกล่าวว่า โพลีฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนที่ผิวของกล้ามเนื้อกุ้ง ในการรักษาโปรตีน และลดการสูญเสียความชื้นระหว่างการปรุง ซึ่งระดับการเพิ่มผลผลิตนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายโพลีฟอสเฟต ระยะเวลาการแช่ และอายุหลังการจับของกุ้ง (Crawford, 1980)

2.2.3 การศึกษาความเป็นพิษของสารประกอบฟอสเฟต

เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเมตาบอลิซึม (metabolism) ของสิ่งมีชีวิต และร่างกายของสิ่งมีชีวิตไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น ในสัตว์ชั้นสูงจะมีต่อมพาราไทรอยด์ (parathyroid gland) ทำหน้าที่ควบคุมระดับของฟอสเฟตอนินทรีย์ (inorganic phosphate) โดยฮอร์โมนจากต่อมนี้จะช่วยควบคุมการดูดซึมหรือการปล่อยออกของฟอสเฟตจากกระดูก ถ้าหากมีระดับฟอสเฟตในเลือดต่ำ ฮอร์โมนนี้จะทำให้มีการดูดซึมจากลำไส้ แต่ถ้าระดับฟอสเฟตสูง ฮอร์โมนจะทำให้มีการขับออก แต่ถ้ามีอยู่ในระดับสูงเกินไปในร่างกายก็จะก่อให้เกิดอาการเป็นพิษหรือเกิดอันตรายขึ้นได้ ซึ่งการเป็นพิษที่เกิดจากสารประกอบฟอสเฟตนั้นแบ่งได้เป็น

- พิษแบบเฉียบพลัน . การเกิดพิษแบบเฉียบพลันต้องได้รับปริมาณของสารประกอบฟอสเฟตในระดับที่สูงมาก
- พิษแบบเรื้อรัง เนื่องจากในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ นั้น จะมีการใส่สารประกอบฟอสเฟตในปริมาณที่ต่ำ ฉะนั้นผู้บริโภคจึงได้รับสารประกอบฟอสเฟตในปริมาณที่ต่ำแต่สม่ำเสมอ การศึกษาการเป็นพิษแบบเรื้อรังจึงมีความสำคัญมากกว่าการเป็นพิษแบบเฉียบพลัน ซึ่งความเป็นพิษของสารประกอบฟอสเฟตนั้นจะขึ้นอยู่กับความยาวสายของสารประกอบฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาความเป็นพิษของสารประกอบฟอสเฟตที่มีสายยาวต่างกัน

สารประกอบออร์โทฟอสเฟต จากการทดลองให้มีการบริโภคทั้งเด็กทารก และผู้ใหญ่ ในการรักษาโรค Hypoacid Diathesis นั้น พบว่าการให้กรดเจือจางแก่เด็กทารกวันละ 0.25 กรัม/วัน นั้นไม่ก่อให้เกิดอาการผิดปกติเลย และสำหรับผู้ใหญ่จะบริโภคได้ถึง 26 กรัม/วัน โดยไม่ก่อให้เกิดอาการผิดปกติเช่นกัน ส่วนการทดลองกับสุนัขพบว่าสุนัขสามารถรับได้ถึง 13 กรัม/วัน และถ้ามากกว่านี้จึงจะมีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร สำหรับการทดลองกับหนูนั้น ได้มีการทดลองให้หนูบริโภคกรดออร์โทฟอสฟอริก (Orthophosphoric) 0.75% และได้ทดลองกับหนูถึง 3 รุ่น ทำการศึกษาเกี่ยวกับโลหิต เนื้อเยื่อ ระดับความสมดุลย์ของแร่ธาตุ แรงยึดเหนี่ยวไนโตรเจน (nitrogen retention) และส่วนประกอบที่เป็นกรดในระบบย่อยอาหาร ซึ่งพบว่าไม่ทำให้หนูที่มีอายุน้อยหรือหนูที่มีอายุมากเกิดอาการผิดปกติเลย

จากการทดลองกับหนูทดลอง โดยให้หนูบริโภคอาหารที่มีสารประกอบไพโรฟอสเฟต 0.5–5.0 % พบว่าหนูที่ได้รับสารประกอบไพโรฟอสเฟตเกินกว่า 1% ขึ้นไป จะเกิดอาการผิดปกติขึ้นที่ไต และทำให้เกิดเป็นหินปูน (calcification) ด้วย

ส่วนการทดลองให้หนูบริโภคอาหารที่มีสารประกอบโพลีฟอสเฟตนั้น พบว่าการให้หนูบริโภคอาหารที่มีโซเดียมไทรโพลีฟอสเฟตอยู่ 0.2, 2.0 หรือ 10% เปรียบเทียบกับหนูที่ได้รับอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 10% และพวกที่ได้รับอาหารที่มีไดโซเดียมออร์โทฟอสเฟต (Disodium orthophosphate) 5% ถึงแม้จะไม่มีหนูตายเลย แต่ผลการทดลองก็แสดงให้เห็นว่าหนูที่ได้รับอาหารที่มีโซเดียมไทรโพลีฟอสเฟต 10 % และโซเดียมคลอไรด์ 10% นั้น จะมีการเจริญเติบโตลดลง น้ำหนักไตเพิ่มขึ้น และไตมีอาการผิดปกติเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด สำหรับหนูที่ได้รับสารประกอบโพลีฟอสเฟต 0.2% นั้น พบว่าจะไม่มีอาการผิดปกติเกิดขึ้นเลย แต่สำหรับการทดลองกับสุนัขนั้น พบว่าสุนัขจะสามารถรับโซเดียมไทรโพลีฟอสเฟตหรือโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตได้ถึง 0.1 กรัม/น้ำหนักตัว(กก.)/วัน โดยไม่มีอาการผิดปกติเกิดขึ้นเลย แต่เมื่อให้ในขนาดที่สูงกว่า 1.0 กรัม/น้ำหนักตัว(กก.)/วันขึ้นไป พบว่าสุนัขที่ได้รับโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตถึง 2.5 กรัม/น้ำหนักตัว(กก.)/วัน หรือโซเดียมไทรโพลีฟอสเฟตถึง 4.0 กรัม/น้ำหนักตัว(กก.)/วัน จะเริ่มมีน้ำหนักลดลง

สำหรับการทดลองกับสารประกอบไซคลิกโพลีฟอสเฟต (Cyclic polyphosphate) นั้น พบว่าสารประกอบไซคลิกโพลีฟอสเฟต จะก่อให้เกิดอาการผิดปกติกับหนูทดลองน้อยกว่าสารประกอบออร์โทฟอสเฟต หรือสารประกอบโพลีฟอสเฟต การทดลองทำโดยการให้อาหารที่มี 0.2, 2.0 และ 10% โซเดียมไทรเมตาฟอสเฟต (Sodium trimetaphosphate) และอาหารที่มี 0.2, 2.0 และ 10% ของโซเดียมเตตระเมตาฟอสเฟต (Sodium tetrametaphosphate) ซึ่งผลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองพบว่าเฉพาะหนูที่ได้รับ 10% โซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตหรือ 10% ของโซเดียมเตตระเมตาฟอสเฟตเท่านั้นที่มีอาการผิดปกติเกิดขึ้นที่ไต ส่วนพวกที่ได้รับปริมาณต่ำจะไม่มีผลเลย ส่วนการทดลองกับสุนัขนั้น พบว่าการให้อาหารที่มีสารประกอบไซคลิกโพลีฟอสเฟตเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 4 กรัม/น้ำหนักตัว(กก.)/วัน จึงจะมีอาการผิดปกติเกิดขึ้น (ศิวาพร ศิวเวช)

2.3 ผลของความร้อนที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อ

2.3.1 ต่อผลิตภัณฑ์อาหารทะเล

2.3.1.1 การเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ (enzyme)

ความร้อนสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และแบคทีเรียได้ เช่น การใช้ไทอามีน (Thiamine) จะหยุดการเจริญเติบโตของเอนไซม์เมื่อให้ความร้อน 50°C นาน 10 นาที ซึ่งสามารถประยุกต์จากการทดลองมาใช้กับแบคทีเรียตัวอื่นได้

นอกจากนี้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C สามารถทำลายโครงสร้างของเจล และโปรตีนของเนื้อปลาได้ โดยจะทำให้พันธะเพปไทด์เล็กลง ซึ่งการทดลองที่ได้ประยุกต์มาใช้ในกรรมวิธีก่อนต้ม เพื่อให้เกิดการ honeycombing contribution, เกิดการเปลี่ยนแปลงของ rheological properties และไฮเดรชั่น (hydration)

ปัจจัยดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงได้ง่ายมากเมื่อให้ความร้อน และสิ่งที่เป็นตัวเร่งก็คือสารเคมีต่าง ๆ เช่น กลีเซอรอลดีไฮด์ – 3 - ฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส (Glyceraldehyde – 3 – phosphate dehydrogenase) ซึ่งเป็นผลกับ rheological properties ในเจล และในโปรตีนจำพวกไมโอไฟบริลลา (Myofibrillar) คอลลาเจนจะลดลง และถูกทำลายเนื่องจากความร้อน

2.3.1.2 ผลกระทบต่อคุณลักษณะเฉพาะตัว

ที่ความเป็นกรด - ด่างต่ำ ๆ ความนุ่มจะเพิ่มขึ้น (ระหว่างอุณหภูมิ 40 - 70°C) แต่ที่ความเป็นกรด - ด่าง 7.1 จะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสเนื่องจากการให้ความร้อนมากนัก และที่อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความสูญเสียระหว่างการต้มก็จะยิ่งเพิ่มขึ้นด้วย

2.3.1.3 การเปลี่ยนสี

การให้ความร้อนไม่ว่าจะเป็นการทอด การปรุง หรือการสเตอริไลซ์ จะส่งผลกับการสูญเสียสภาพธรรมชาติ และจะเกิดการออกซิเดชั่นกับโปรตีน และฮีโมโปรตีน (hemoprotein) จากเนื้อสีแดงจะกลายเป็นสีเทาหรือสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการทดลอง และเก็บข้อมูล

3.1 อุปกรณ์ทดลอง

1) เครื่องวัด และบันทึกอุณหภูมิ (Data Acquisition, Agilent 34970a, U.S.A)
2) ตู้อบ (Memmert 400 w 8540, Schwabach Germany)
3) เครื่องต้มน้ำ (Water bath; Memmert Schutzart din 40050 - ip20 854, Schwabach w Germany)
4) เครื่องวัดสี (color techno system Co., Ltd., color jc801, Japan)
5) เครื่องเหวี่ยง (Hettich Zentrifugen d - 78532, Tuttlidgen, Germany)
6) หลอดเหวี่ยง (Nalag Nune International 3110 - 0150 Round Centrifuge Tube, ppcd size 15 ml., U.S.A.)
7) กระดาษกรอง (Whatman No. 93)
8) น้ำแข็งแห้ง (CO_2)
9) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH meter)
10) เครื่องชั่งน้ำหนัก (Yamato, Japan)
11) เวอร์เนียร์
12) ถุงใส่กุ้ง (Ziploc 6 - ½ in 5 - 7/8 in., S.C. Johnson & son Inc., Racine, W I 53403 - 2236, U.S.A.)
13) กระดาษฟอยล์
14) ตะแกรง
15) กะละมังเล็ก
16) โซเดียมไทรโพลีฟอสเฟต
17) สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 3% .

3.2 วัสดุทดลอง

กุ้งกุลาดำขนาดประมาณ 60 ตัวต่อกิโลกรัม ซื้อจากจังหวัดสมุทรสาคร ขนส่งมาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทางรถยนต์ โดยบรรจุในถังกันความร้อน ใช้ปริมาณกุ้ง และปริมาณน้ำแข็งป่นในสัดส่วน 1 : 2 เมื่อกุ้งมาถึงสถาบันจะถูกหัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัว และแกะเปลือกทันที โดยควบคุมอุณหภูมิขณะแกะเปลือกให้ต่ำกว่า 5°C หลังแกะเปลือกล้างด้วยน้ำ ใส่ตะแกรงทิ้งให้สะเด็ดน้ำ 3 นาทีในถังควบคุมอุณหภูมิเพื่อเตรียมการทดลอง

3.3 การแช่สารละลาย และการแช่แข็ง

สุ่มกุ้งแกะเปลือกแล้วจำนวน 90 ตัว เพื่อแช่สารละลายโซเดียมไทรโพลีฟอสเฟต (STPP) ความเข้มข้น 2%, 4%, 6% ผสมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 3% สำหรับหน่วยทดลองควบคุม จะแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 3% โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสารละลายและกุ้งเป็น 1 : 1 นำไปแช่ในสารละลายดังกล่าว นาน 1 ชั่วโมง ควบคุมอุณหภูมิระหว่างการแช่ไว้ที่ 2 - 5°C ระหว่างการแช่จะคนเบา ๆ ทุก ๆ 10 นาที หลังแช่สะเด็ดน้ำในตะแกรง 3 นาที ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักค่าความละเอียด 4 ตำแหน่ง คำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังแช่สารละลาย (Weight gain) ซึ่งคำนวณได้จาก

$$\% \text{ Weight gain} = \frac{\text{น้ำหนักหลังแช่} - \text{น้ำหนักก่อนแช่}}{\text{น้ำหนักหลังแช่}} \times 100 \quad (1)$$

จากนั้นแบ่งกุ้งตามหน่วยการทดลองไปเรียงบรรจุในถุงพลาสติกทนอุณหภูมิต่ำได้ แล้วใช้เทอร์โมคับเปิลประเภท J โดยใช้ส่วนปลายของสายเสียบกลางตัวกุ้ง ทำการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้ง วัดอุณหภูมิจนอุณหภูมิในตัวกุ้งได้ –30° C จึงย้ายไปเก็บในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ –20°C

วัดความเป็นกรด – ด่างของสารละลายที่ใช้แช่กุ้งด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง

3.4 วิธีการทดลอง

ละลายกุ้งที่จะใช้ทดลองใส่ในถุงปิดผนึกแล้วนำมาผ่านน้ำก๊อกที่ไหลตลอดเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำกุ้งออกมาสะเด็ดน้ำ 3 นาที ใช้เทอร์โมคับเปิลที่ต่อกับเครื่องวัด และบันทึกอุณหภูมิ วัดอุณหภูมิที่ใจกลางกุ้ง แล้วนำกุ้งไปต้มโดยใช้เครื่องต้มน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิน้ำต้มที่ 95° C จนวัดอุณหภูมิกุ้งได้ 70 80 และ 90°C ตามลำดับ จึงนำกุ้งไปแช่ในน้ำผสมน้ำแข็งจนอุณหภูมิกุ้งลดลงมาถึง 20°C บันทึกอุณหภูมิกุ้ง และน้ำต้มกุ้งตลอดช่วงให้ความร้อน และทำให้เย็น หลังจากนั้นนำกุ้งขึ้นมาสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 3 นาที

3.4.1 ค่าความสูญเสียหลังการต้ม โดยการชั่งน้ำหนักกุ้งก่อนต้ม และหลังสะเด็ดน้ำให้เย็นหลังการต้ม แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสียหลังการต้ม จากสูตร

$$\% \text{ Cooking loss} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนต้ม} - \text{น้ำหนักหลังต้ม}}{\text{น้ำหนักก่อนต้ม}} \times 100 \quad (2)$$

3.4.2 ค่าความสูญเสียหลังการเหวี่ยง และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ดัดแปลงมาจากวิธีของ Young และคณะ (1987) นำกุ้งห่อด้วยกระดาษกรองใส่ในหลอดเหวี่ยง ขนาด 15 มล. แล้วนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นทิ้งกุ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ 3 นาที คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียหลังการเหวี่ยง และเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการอุ้มน้ำได้ จากสูตร

$$\% \text{ Expressional water} = \frac{\text{น้ำหนักหลังต้ม} - \text{น้ำหนักหลังเหวี่ยง}}{\text{น้ำหนักหลังต้ม}} \times 100 \quad (3)$$

$$\% \text{ WHC} = \frac{\text{น้ำหนักหลังต้ม} - \text{น้ำหนักหลังเหวี่ยง}}{\text{น้ำหนักหลังต้ม} - \text{น้ำหนักหลังอบ}} \times 100 \quad (4)$$

3.4.3 ค่าความชื้นหลังต้มของกุ้ง นำกุ้งที่ผ่านการเหวี่ยงใส่ลงกระดาษฟอยล์ แล้วไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 22 ชั่วโมง สามารถคำนวณได้โดยนำน้ำหนักกุ้งหลังต้มลบด้วยน้ำหนักกุ้งหลังอบหารด้วยน้ำหนักกุ้งหลังต้มคูณ 100

$$\% \text{ MC} = \frac{\text{น้ำหนักหลังต้ม} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักหลังต้ม}} \times 100 \quad (5)$$

3.4.4 ค่าสี วัดค่าสีระบบ Tristimulus L* (ค่าความสว่าง) และค่า a* (ค่าความเป็นสีแดง) ด้วยเครื่องวัดสี โดยแต่ละหน่วยทดลองใช้กุ้ง 5 ตัว วัดส่วนต่าง ๆ ตัวละ 3 ครั้ง

3.4.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory test) ใช้ผู้ที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 7 คนโดยใช้ unstructured 10 point scale เพื่อประเมินผลของสารละลายต่าง ๆ ที่ใช้ในการแช่กุ้ง และอุณหภูมิในการต้มกุ้ง ต่อคุณภาพด้านสี (Color) ความยืดหยุ่น (Springiness) ความแข็ง(Hardness) ความหวาน (Sweetness) และความชอบ (Favor) ของกุ้ง (0 = ไม่มี, 10 = สูงสุด) โดยการเตรียมกุ้งต้มตามวิธีดังกล่าวข้างต้น เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20°C โดยผู้ชิมจะทำการชิมครั้งละ 4 ตัวอย่าง ซึ่งแต่ละครั้งประกอบด้วยกุ้งต้มที่แช่สารละลายชนิดต่าง ๆ 4 ชนิด ทำการต้มจนได้อุณหภูมิ 70°C ครั้งต่อไปจะเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็น 80 และ 90°C ตามลำดับ โดยในแต่ละชนิดของกุ้งจะทำการสุ่มรหัส 3 ตัวกำกับไว้เพื่อไม่ให้ผู้ทดสอบทราบชนิดของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และค่าความเป็นกรด – ด่างของกุ้งหลังแช่สารละลาย

STPP	% Weight Gain	pH
0%	5.0060	7.5
2%	6.4703	8.3
4%	4.2096	8.3
6%	3.3590	8.1

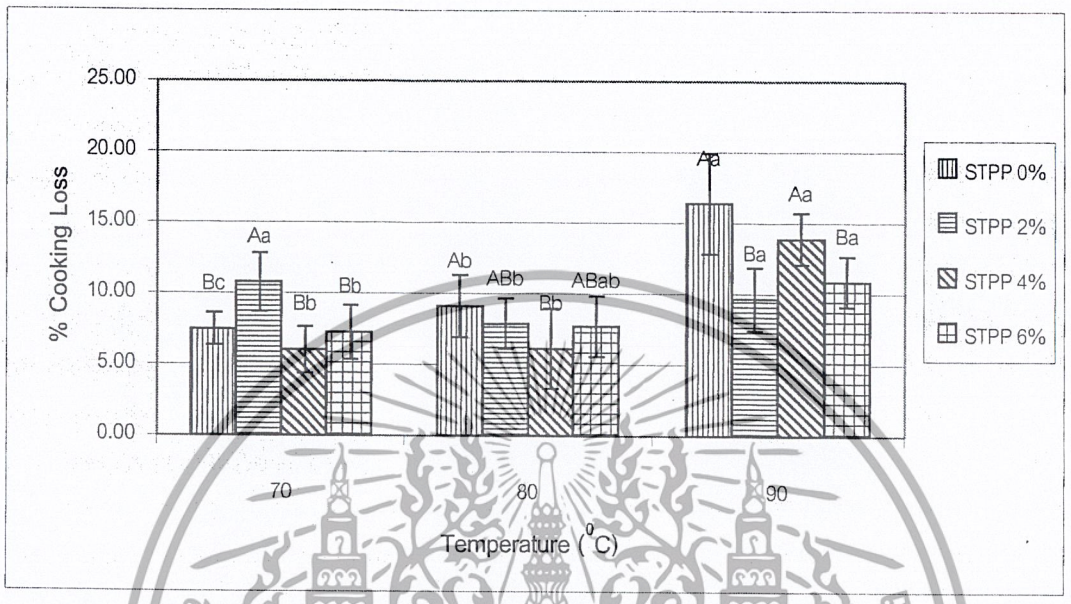
ตารางที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และค่าความเป็นกรด - ด่างของกุ้งหลังแช่ของสารละลาย

จากตารางแสดงผลการทดลองที่ 4.1 พบว่ากุ้งที่แช่สารโซเดียมไทรโพลีฟอสเฟต (STPP) จะมีค่าความเป็นกรด – ด่างที่สูงกว่ากุ้งที่ไม่แช่สาร STPP (STPP 0%) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นที่ STPP 2% จะสูงกว่ากุ้งที่ไม่แช่สารละลาย และ STPP 4% และ 6% เนื่องจากสาร STPP จะละลายโปรตีนในกล้ามเนื้อ เป็นผลให้ความเป็นด่างสูงขึ้นกว่าจุดไอโซอิเล็กทริค (Barbut และคณะ, 1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

4.2 ค่าความสูญเสียหลังการต้ม



* อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ใช้เปรียบเทียบผลของ STPP ที่อุณหภูมิเดียวกัน
อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก ใช้เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิ ที่ความเข้มข้น STPP เดียวกัน

รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงผลของ STPP เทียบตามอุณหภูมิกับเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียหลังการต้ม

ค่าความสูญเสียหลังการต้มของกุ้งที่อุณหภูมิ และความเข้มข้นของ STPP ต่าง ๆ นำมาเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังรูปที่ 4.1

จากรูป เมื่อเปรียบเทียบกุ้งที่มีอุณหภูมิต่างกัน ในกุ้งที่มีการแช่สาร STPP ที่ความเข้มข้น 2%, 4% และ 6% พบว่าค่าความสูญเสียหลังการต้มของกุ้งมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิกุ้งต้มเพิ่มขึ้น อุณหภูมิกุ้งต้มที่ 90°C กุ้งที่ไม่แช่สาร STPP จะมีค่าความสูญเสียหลังการต้มสูงกว่าที่อุณหภูมิ 80 และ 70°C ตามลำดับ

แต่จากการทดลองที่มีการแช่สาร STPP ก่อนต้ม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกุ้งต้มที่มีอุณหภูมิเดียวกัน กุ้งที่มีการแช่สาร STPP ที่ 6%, 4% และ 2% มีแนวโน้มที่จะมีค่าความสูญเสียหลังการต้มต่ำกว่ากุ้งที่ไม่ได้แช่สาร STPP (ค่าความสูญเสียหลังการต้มสูงสุดของ STPP คือ 13.90% สำหรับ STPP ที่ 4% ที่ 90°C ในขณะที่ค่าความสูญเสียหลังการต้มของกุ้งที่ไม่ได้แช่สาร STPP สูงสุดอยู่ที่อุณหภูมิเดียวกันมีค่า 16.37%) แสดงว่าการใช้สาร STPP สามารถรักษาน้ำในกุ้งได้ ทำให้ค่าความสูญเสียหลังการต้มของกุ้งลดลง

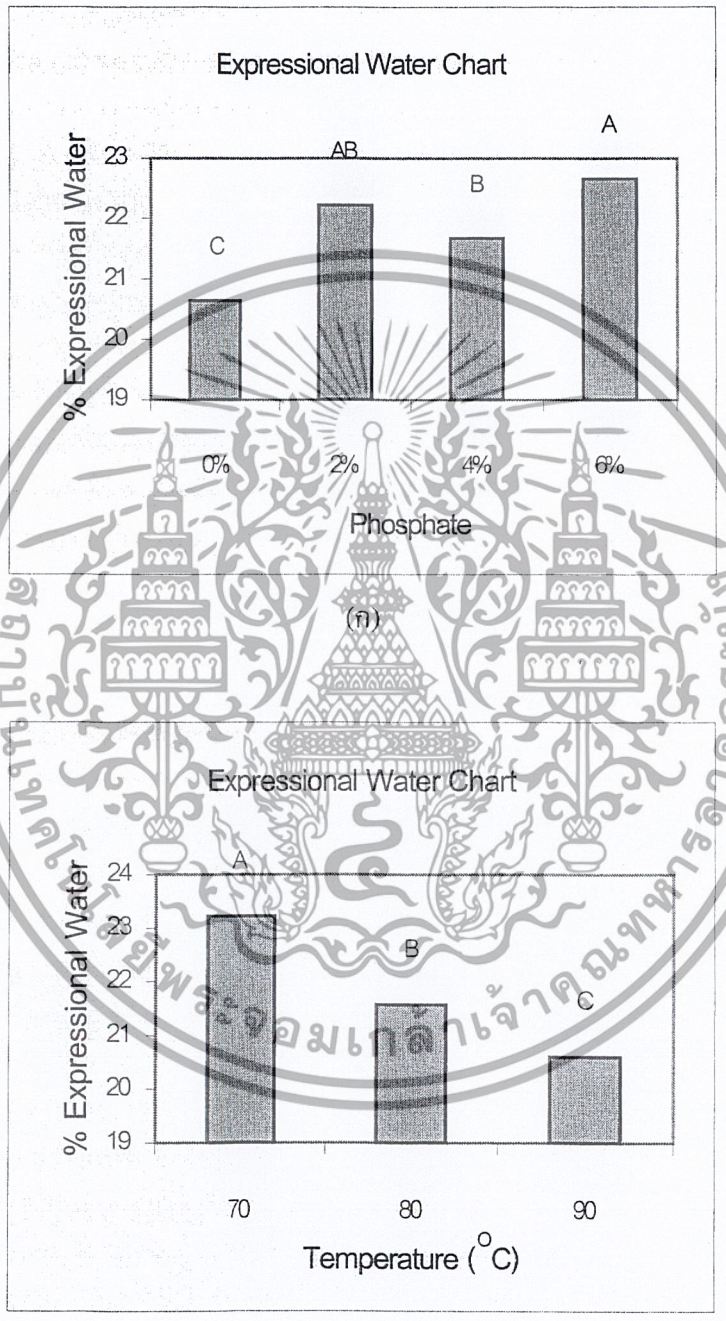
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45813

STPP ช่วยลดการถูกทำลายของโปรตีน เนื่องจาก STPP จะทำปฏิกิริยากับโปรตีนที่ผิวของกล้ามเนื้อกุ้ง ในการรักษาโปรตีนและลดการสูญเสียความชื้นระหว่างการปรุง (Crawford, 1980) ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของกุ้ง ค่าความสูญเสียหลังการต้มของกุ้งที่แช่ STPP จึงต่ำกว่ากุ้งที่ไม่ได้แช่ STPP แต่อุณหภูมิยังคงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความสูญเสียหลังการต้มของกุ้งในกรณีที่มีการแช่สาร STPP ที่ความเข้มข้นเดียวกัน จึงทำให้ค่าความสูญเสียหลังการต้มของกุ้งที่แช่สาร STPP ที่ความเข้มข้นเดียวกัน มีค่ามากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Crapo และ Crawford (1980) ที่พบว่าการใช้โพลีฟอสเฟตจะมีปฏิกิริยากับโปรตีนที่ผิวของกุ้ง ซึ่งช่วยในการลดความสูญเสียความชื้นระหว่างกระบวนการต้มได้ และการใช้โพลีฟอสเฟตในกุ้งมีเปลือกก่อนนำไปต้มด้วยไอน้ำ ยังช่วยความสูญเสียระหว่างการต้มในเนื้อปลาได้อีกด้วย (Boyd and Southcott, 1965; Love and Abel, 1966; Mahon, 1962; Sutton, 1969)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

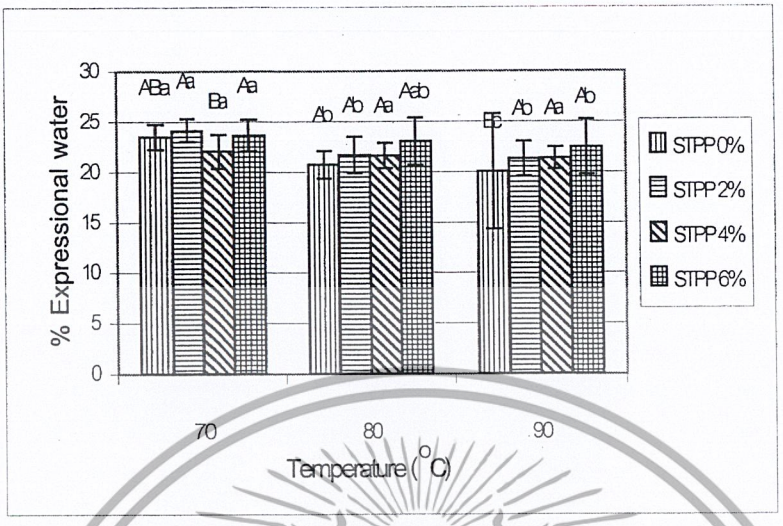
4.3 ค่าความสูญเสียหลังการเหวี่ยง



(ก)

(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



* อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ใช้เปรียบเทียบผลของ STPP ที่อุณหภูมิเดียวกัน
อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก ใช้เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิ ที่ความเข้มข้น STPP เดียวกัน

(ก)

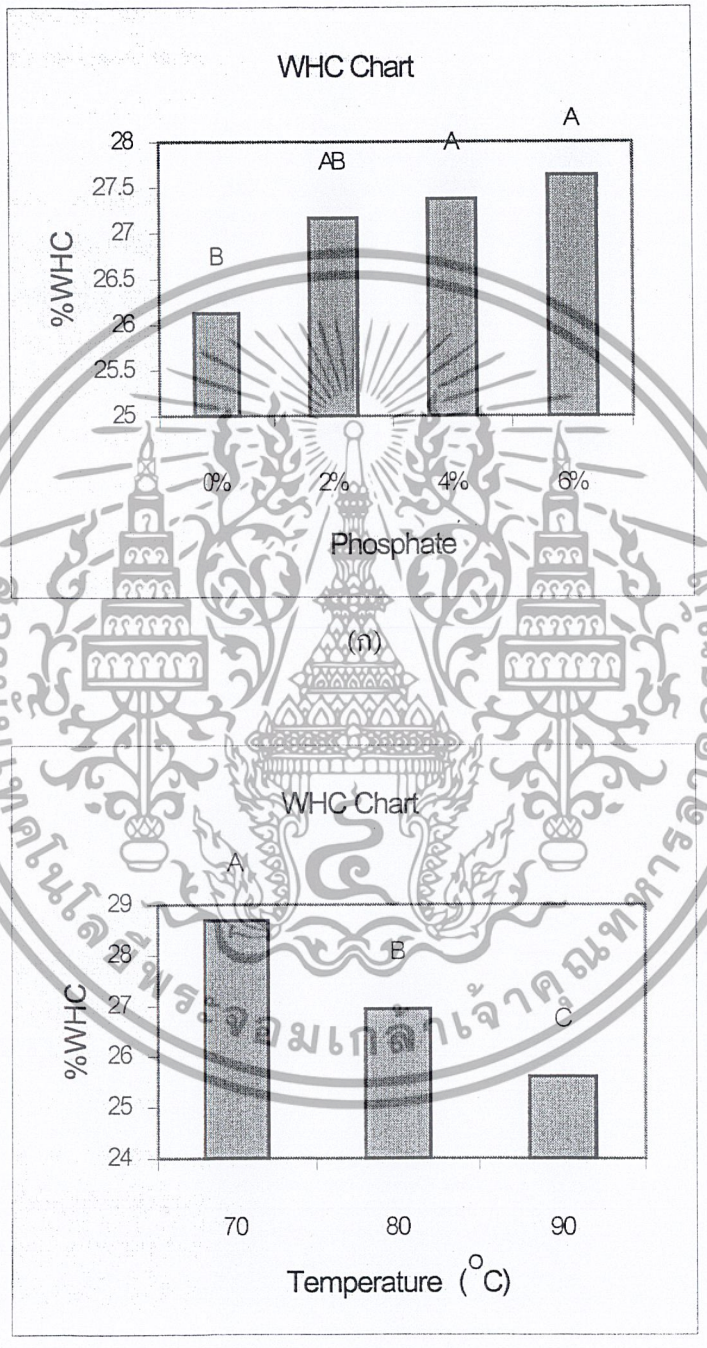
รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียหลังการเหวี่ยง (ก) เทียบตามประเภทของฟอสเฟต (ข) เทียบตามระดับอุณหภูมิ (ค) เทียบตามประเภทของฟอสเฟต และระดับอุณหภูมิ

ค่าความสูญเสียหลังการเหวี่ยง แสดงในรูปที่ 4.2 จากรูป 4.2 ก พบว่ากุ้งที่ไม่ได้แช่สาร STPP มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกุ้งที่แช่สาร STPP ที่ความเข้มข้น 2%, 4% และ 6% โดยกุ้งที่แช่สาร STPP ทุกความเข้มข้น จะมีค่าความสูญเสียหลังการเหวี่ยงสูงกว่ากุ้งที่ไม่ได้แช่สารละลาย กุ้งที่ไม่ได้แช่สารละลาย และอุณหภูมิกุ้งที่ 90°C มีค่าความสูญเสียหลังการเหวี่ยงต่ำสุด คือ 20.03% ขณะที่กุ้งแช่สาร STPP 2% อุณหภูมิกุ้ง 70°C มีค่าความสูญเสียหลังการเหวี่ยงสูงสุดเท่ากับ 24.14% แสดงว่าสาร STPP จะช่วยเพิ่มน้ำอิสระในโปรตีนที่ละลายได้ของชิ้นเนื้อ ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของกุ้งมีมากขึ้น (ศิวาพร ศิวเวช) เพิ่มคุณสมบัติในการอุ้มน้ำในโปรตีนของเนื้อที่ไม่มีมัน (Bendall, 1954) ส่งผลให้แนวโน้มของค่าความสูญเสียหลังการเหวี่ยง จะมีมากขึ้นเมื่อสาร STPP มีความเข้มข้นสูงขึ้น

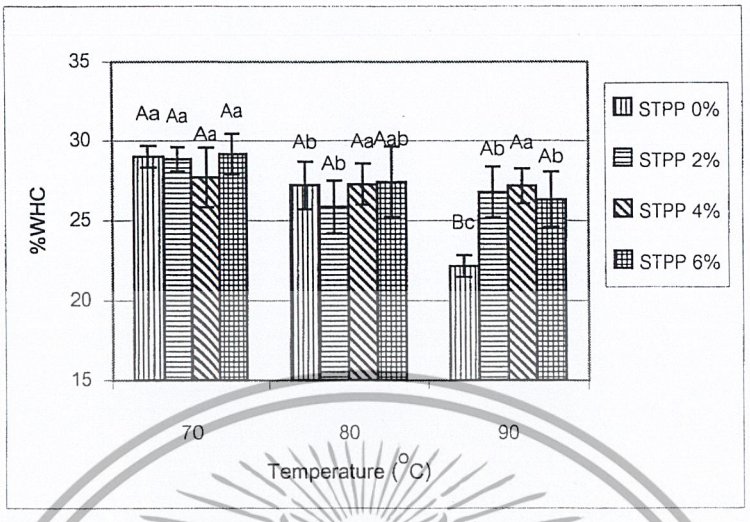
เมื่อเปรียบเทียบค่าความสูญเสียหลังการเหวี่ยงที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ จะเห็นได้ว่ากุ้งที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความสูญเสียหลังการเหวี่ยงจะมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของค่าความสูญเสียหลังการต้มที่ว่า เมื่ออุณหภูมิกุ้งสูงขึ้น ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในระหว่างการต้มมีมากขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความสูญเสียหลังการเหวี่ยงมีค่าลดลงที่อุณหภูมิสูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



* อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ใช้เปรียบเทียบผลของ STPP ที่อุณหภูมิเดียวกัน
อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก ใช้เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิ ที่ความเข้มข้น STPP เดียวกัน

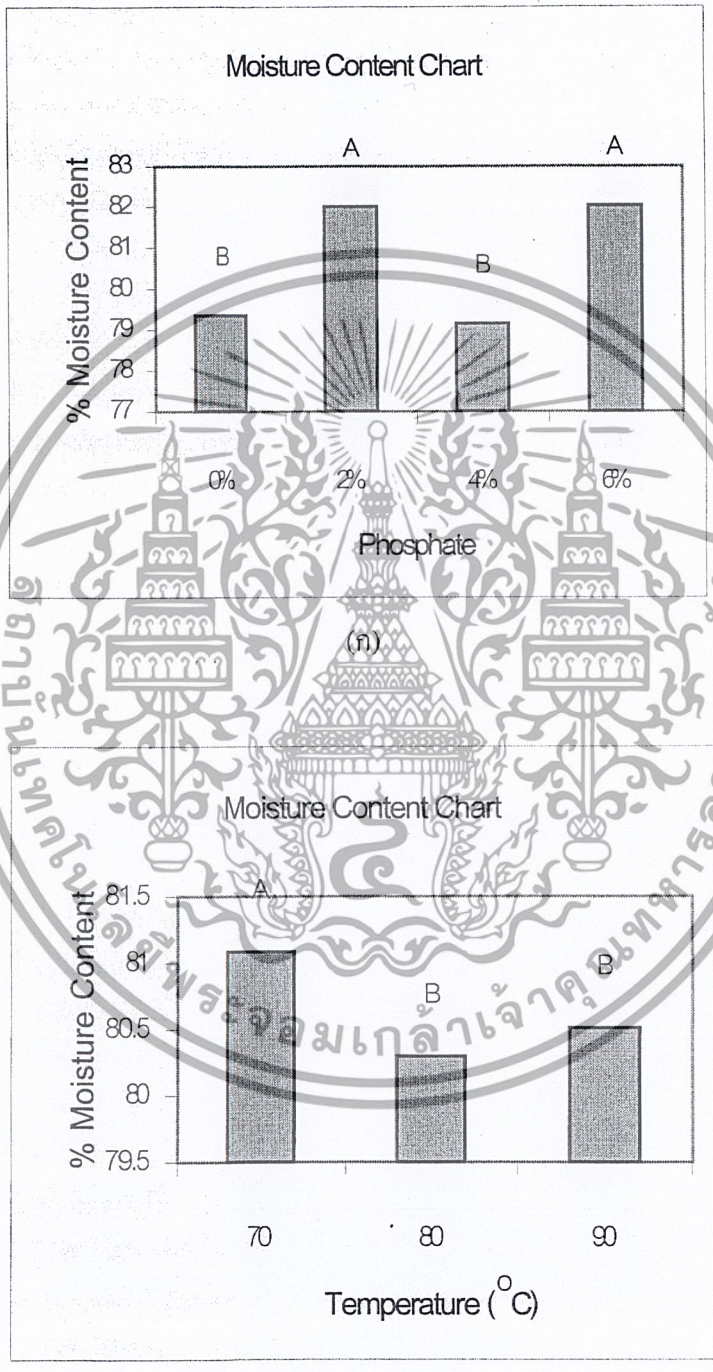
(ค)

รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (ก) เทียบตามประเภทของฟอสเฟต (ข) เทียบตามระดับอุณหภูมิ (ค) เทียบตามประเภทของฟอสเฟต และระดับอุณหภูมิ

ความสามารถในการอุ้มน้ำของกุ้ง แสดงไว้ในรูปที่ 4.3 จากรูป 4.3 ก กุ้งที่แช่สาร STPP 4% และ 6% มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่ากุ้งที่ไม่ได้แช่ STPP จากรูป 4.3 ข อุณหภูมิกุ้งก็มีผลต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยที่อุณหภูมิสูงขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำจะน้อยลง จากรูป 4.3 ค ที่ STPP 6% อุณหภูมิกุ้ง 70°C ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำจะมีค่าสูงที่สุด คือเท่ากับ 29.17% กุ้งที่ไม่แช่สารละลาย ที่อุณหภูมิกุ้ง 90°C ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำสุด เท่ากับ 22.14% STPP มีแนวโน้มที่จะช่วยให้กุ้งมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นกว่ากุ้งที่ไม่ได้แช่สาร STPP และเห็นผลแตกต่างได้ชัดเจน เมื่ออุณหภูมิกุ้งสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

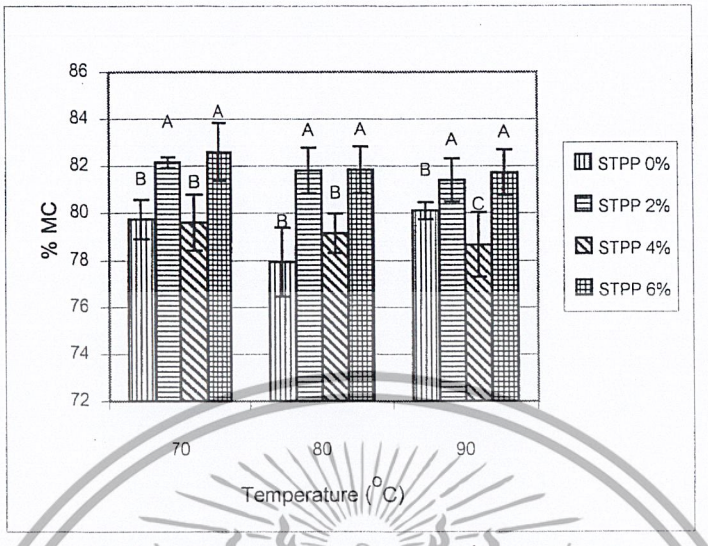
4.5 ค่าความชื้นหลังต้ม



(ก)

(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



* อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ใช้เปรียบเทียบผลของ STPP ที่อุณหภูมิเดียวกัน

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก ใช้เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิ ที่ความเข้มข้น STPP เดียวกัน

(ค)

รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้น (ก) เทียบตามประเภทของฟอสเฟต (ข) เทียบตามระดับอุณหภูมิ (ค) เทียบตามประเภทของฟอสเฟต และระดับอุณหภูมิ

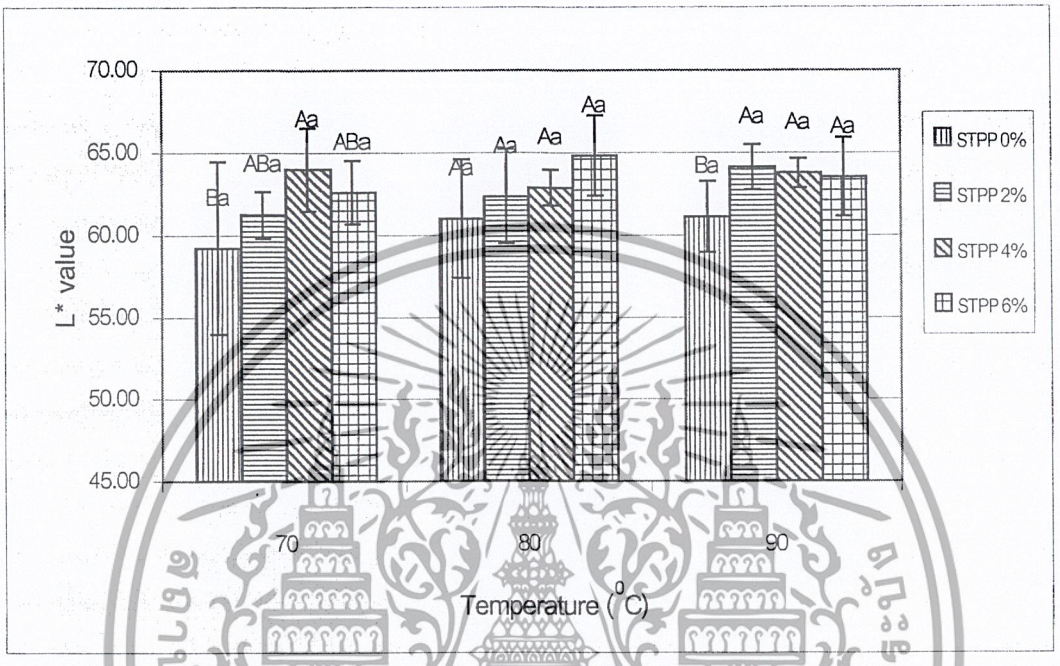
จากรูปที่ 4.4 พบว่าความชื้นหลังต้มของกุ้งที่มีการแช่สาร STPP ที่ความเข้มข้น 2%, 4% และ 6% จะมีแนวโน้มของค่าความชื้นสูงกว่ากุ้งที่ไม่ได้แช่สาร STPP แสดงว่าสาร STPP ช่วยให้ค่าความชื้นหลังต้มของกุ้งสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองหาค่าความสูญเสียหลังต้ม เนื่องจากกุ้งที่ไม่ได้แช่สารละลาย จะมีการสูญเสียน้ำไประหว่างการต้ม จึงทำให้ค่าความชื้นหลังต้มลดลง

จากรูปจะเห็นว่ากุ้งที่มีอุณหภูมิ 70°C จะมีค่าความชื้นหลังต้มสูงกว่าที่ 80 และ90°C แสดงว่ากุ้งที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น แนวโน้มของค่าความชื้นหลังต้มของกุ้งจะลดลง เนื่องจากความร้อนจะทำลายเซลล์ของกุ้ง ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของกุ้งลดลง เป็นผลให้ความชื้นหลังต้มของกุ้งมีค่าลดลงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ค่าสี

4.6.1 ค่าความสว่าง (L*) หลังต้ม



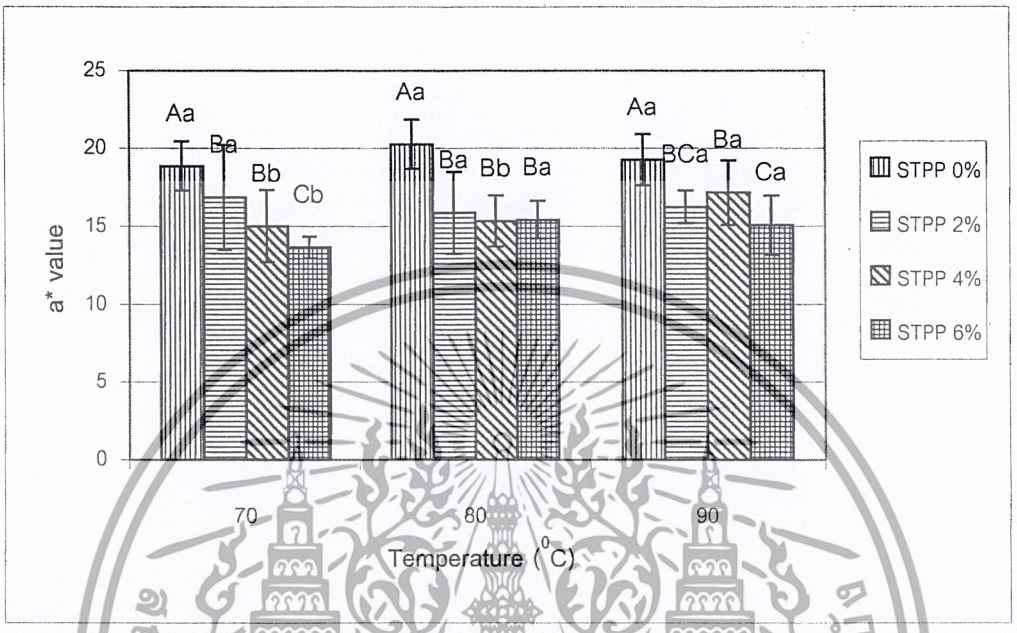
* อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ใช้เปรียบเทียบผลของ STPP ที่อุณหภูมิเดียวกัน
อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก ใช้เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิ ที่ความเข้มข้น STPP เดียวกัน

รูปที่ 4.5 แผนภูมิแสดงผลของ STPP เทียบตามอุณหภูมิกับค่าความสว่าง

จากรูป 4.5 พบว่า กุ้งที่แช่ STPP ทั้งที่ระดับความเข้มข้น 2%, 4% และ 6% มีค่า L* มากกว่ากุ้งที่ไม่แช่สาร STPP ที่อุณหภูมิกุ้ง 80 ^{o}C กุ้งที่แช่ STPP 6% มีค่า L* 64.81, ที่ STPP 4% มีค่า L* 62.88, ที่ STPP 2% มีค่า L* 62.35 ในขณะที่กุ้งที่ไม่แช่ STPP L* มีค่าเพียง 61.01 แสดงให้เห็นว่าสาร STPP มีส่วนช่วยให้กุ้งมีความสว่างขึ้น เนื่องจากกุ้งที่แช่สาร STPP จะมีปริมาณน้ำในตัวกุ้งมากขึ้น เป็นผลทำให้กุ้งใสขึ้น (Ahmed et al., 1990) แต่จากกราฟอุณหภูมิไม่ได้มีความแตกต่างทางนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L* ของกุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 ค่าความเป็นสีแดง (a*) หลังต้ม



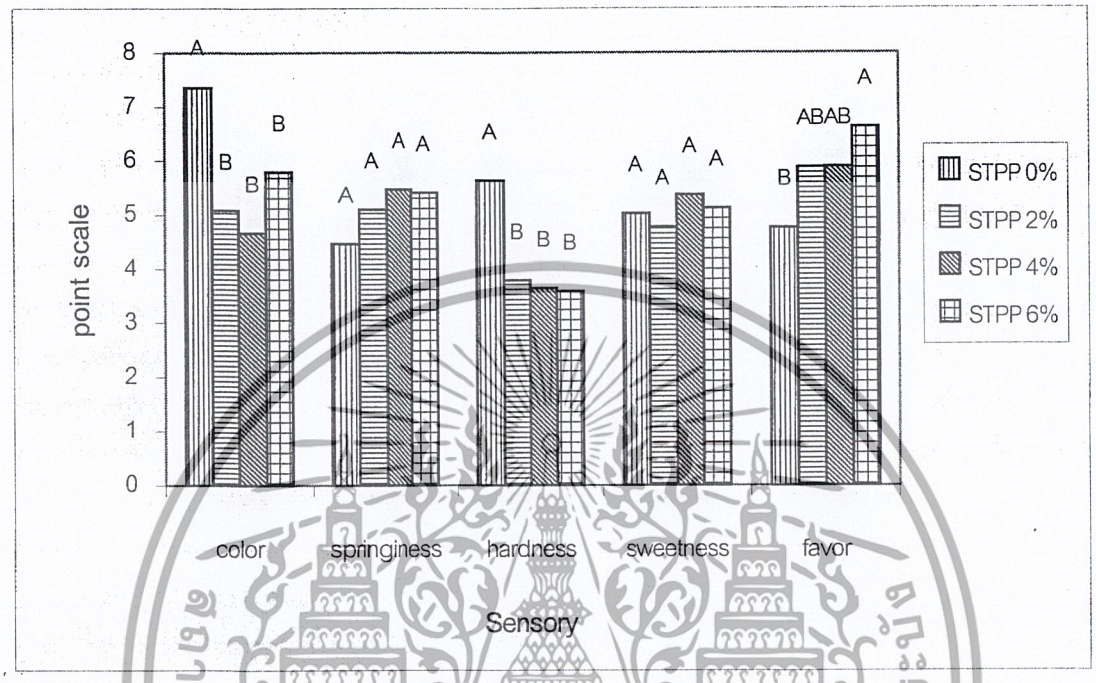
* อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ใช้เปรียบเทียบผลของ STPP ที่อุณหภูมิเดียวกัน
อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก ใช้เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิ ที่ความเข้มข้น STPP เดียวกัน

รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงผลของ STPP เทียบตามอุณหภูมิกับค่าความเป็นสีแดง

จากรูปที่ 4.6 แสดงผลของ a* ซึ่งเป็นค่าสีแดงของกุ้งหลังต้มเนื่องจากผลของฟอสเฟต และอุณหภูมิหลังต้ม พบว่ากุ้งที่ไม่ได้แช่ STPP จะมีค่า a* สูงกว่ากุ้งที่มีการแช่สาร STPP ที่ความเข้มข้น 2%, 4% และ 6% โดยที่อุณหภูมิกุ้ง 70 ^{o}C กุ้งที่ไม่ได้แช่สาร STPP มีค่า a* มากที่สุดเท่ากับ 18.87 และที่ STPP 2%, 4% และ 6% จะมีค่ารองลงมา คือเท่ากับ 16.85, 15.03 และ 13.67 ตามลำดับ แสดงว่าสาร STPP ทำให้กุ้งมีสีแดงลดลง โดยที่แนวโน้มของสีแดงในกุ้งหลังต้มจะลดลงที่ความเข้มข้นของสาร STPP เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของค่าความสามารถในการอุ้มน้ำที่ว่าสาร STPP จะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของกุ้ง ทำให้ปริมาณน้ำในตัวกุ้งเพิ่มขึ้น รงควัตถุในตัวกุ้งจึงเจือจางลง (Ahmed et al., 1990) และที่อุณหภูมิสูงขึ้นก็มีแนวโน้มที่จะให้สีแดงของกุ้งมากขึ้น เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงความสามารถในการอุ้มน้ำของกุ้งจะลดลง ปริมาณน้ำที่น้อยลงทำให้ความเจือจางของรงควัตถุลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส



รูปที่ 4.7 แผนภูมิแสดงค่าทางประสาทสัมผัสประเภทต่าง ๆ เทียบตามประเภทฟอสเฟต

จากรูปที่ 4.7 พบว่าผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กุ้งที่ไม่ได้แช่สาร STPP จะมีค่ามากกว่ากุ้งที่แช่สาร STPP ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองการวัดสี (ค่า a*) แต่ STPP ไม่มีผลต่อความยืดหยุ่น และความหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความแข็งของกุ้งที่ไม่แช่ STPP จะมีค่ามากกว่ากุ้งที่แช่สาร STPP และความชอบกุ้งที่แช่สารฟอสเฟต 6% จะมีค่าความชอบสูงสุด และมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญกับกุ้งที่ไม่แช่ STPP แสดงให้เห็นว่าความนุ่มของกุ้งมีความสัมพันธ์กับความชอบของผู้ชิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1) สาร STPP มีผลต่อปริมาณน้ำในกุ้ง กุ้งหลังแกะเปลือกแล้วนำไปแช่สาร STPP จะดูดน้ำ และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น หลังจากนำกุ้งไปต้ม พบว่ากุ้งที่แช่สาร STPP จะช่วยรักษาน้ำหนักหลังการต้ม โดยลดเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียหลังการต้มของกุ้ง ช่วยให้กุ้งที่ต้มแล้วมีความชื้นเพิ่มขึ้น และกุ้งมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น อุณหภูมิกุ้งหลังต้มมีอิทธิพลต่อน้ำในตัวกุ้งอย่างชัดเจน จากการทดลองต้มกุ้งจนอุณหภูมิใจกลางกุ้งวัดได้ 70, 80 และ 90°C พบว่ากุ้งที่ต้มจนอุณหภูมิสูงขึ้น จะสูญเสียน้ำมาก มีความชื้นต่ำ และมีการอุ้มน้ำลดลง ผลของ STPP มีแนวโน้มช่วยรักษาน้ำในกุ้ง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสุดท้ายของกุ้งสูงขึ้น
2) กุ้งต้มที่นำไปแช่สาร STPP จะมีค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้น และมีค่าสีแดง (a*) ลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำในตัวกุ้งเพิ่มขึ้น ทำให้กุ้งมีความใสขึ้น แต่จะทำให้รงควัตถุในตัวกุ้งเจือจางลง กุ้งจึงมีสีแดงลดลง โดยที่ที่อุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณน้ำในตัวกุ้งจะลดลง ทำให้ค่าความเป็นสีแดงของกุ้งเพิ่มขึ้น
3) ค่าทางประสาทสัมผัส STPP มีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทำให้สีแดงของกุ้งจางลง และทำให้กุ้งมีลักษณะนุ่มขึ้น เป็นผลให้ผู้ที่เข้าทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสชอบกุ้งที่แช่สารฟอสเฟต

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในขั้นเตรียมการทดลอง เมื่อได้กุ้งที่ใช้ทำการทดลองครบตามต้องการ และแกะหัวกุ้งเรียบร้อยแล้ว ควรนำกุ้งไปแช่สาร STPP ทันทีเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียสภาพของกุ้ง
2) ในการสุ่มกุ้งเพื่อทำการทดลอง ควรสุ่มกุ้งที่ต้องการทำการทดลองจากกุ้งที่มีขนาดใกล้เคียงกัน เพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบผลการทดลอง
3) ในการควบคุมอุณหภูมิระหว่างการแช่สาร STPP ต้องมีความระมัดระวังไม่ให้อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าที่กำหนดไว้ เพื่อให้กุ้งได้รับผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมน้อยที่สุด
4) การแช่แข็งกุ้งด้วยน้ำแข็งแห้ง ต้องวัดอุณหภูมิภายในตัวกุ้งให้ได้ต่ำกว่าหรือเท่ากับ –30° C เพื่อรักษาสภาพของกุ้งให้มีคุณภาพมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ในการต่อสายวัดอุณหภูมิเข้ากับตัวกุ้ง ต้องเสียบสายวัดอุณหภูมิ โดยให้ปลายสายที่ใช้วัดค่าอยู่ที่ใจกลางกุ้งพอดี เพื่อให้ค่าที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

6) ในการต้มกุ้ง ต้องควบคุมอุณหภูมิของน้ำต้มกุ้งให้อยู่ที่ 95°C โดยสม่ำเสมอ เพื่อให้การต้มกุ้งในทุกความเข้มข้น และทุกอุณหภูมิใจกลางกุ้งอยู่ที่สภาวะเดียวกันทั้งหมด

7) ในการนำกุ้งใส่หลอดทดลองเพื่อทำการเหวี่ยง ควรหั่นกุ้งในลักษณะเดียวกันทั้งหมด เพื่อให้การเหวี่ยงกุ้งในทุกความเข้มข้น และทุกอุณหภูมิใจกลางกุ้งอยู่ที่สภาวะเดียวกันทั้งหมด

8) ในการวัดค่าสีของกุ้งที่ทั้ง 3 ด้าน ควรวัดกุ้งทุกตัวในด้านที่เหมือนกัน เพื่อให้การวัดสีเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ ก.1 ตารางบันทึกผลการทดลองสำหรับค่าความสูญเสียต่าง ๆ และค่าสี

ชนิดสารละลาย	อุณหภูมิ	น้ำหนักก่อนต้ม (g)	น้ำหนักหลังต้ม (g)	น้ำหนักหลังเหวี่ยง (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	L*	a*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ตารางบันทึกผลสำหรับการวัดค่าทางประสาทสัมผัสประเภทต่าง ๆ

Panelist # _____

Name _____

Date _____

Direction: You will be presented 6 different cooked shrimp samples, please rate them for quality attributes. Add any comment if possible.

Color (สี)	light red	dark red
Springiness (ความยืดหยุ่น)	ยืดหยุ่นน้อย	ยืดหยุ่นมาก
Hardness (ความแข็ง)	นุ่ม นุ่มฉ่ำ	แห้ง แข็ง
Sweetness (ความหวาน)	หวานน้อย	หวานมาก
ความชอบ (favor)	ชอบน้อย	ชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

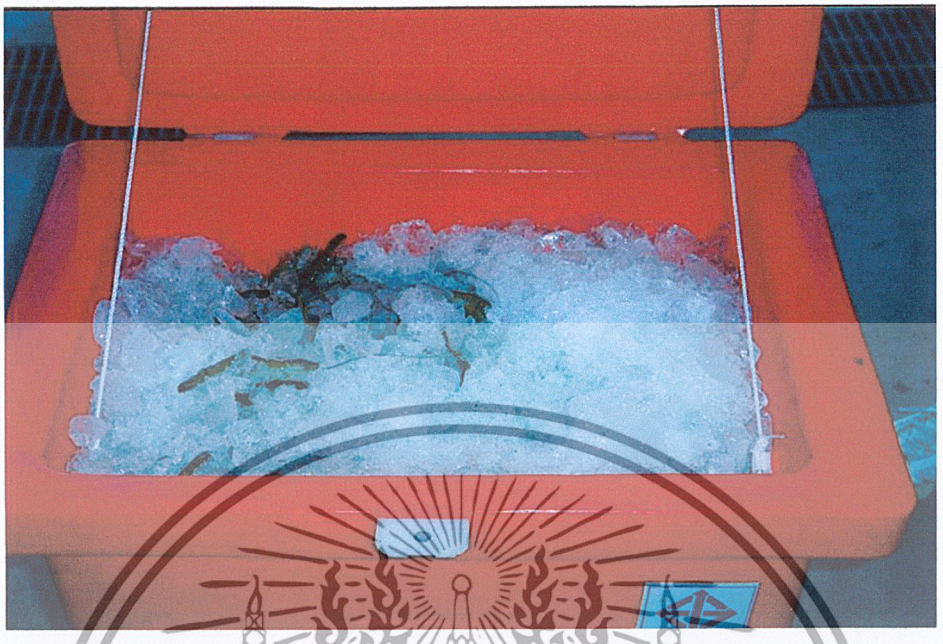
ภาคผนวก ข. ภาพระหว่างการทดลอง และอุปกรณ์การทดลอง

ข.1 ภาพระหว่างการทดลอง

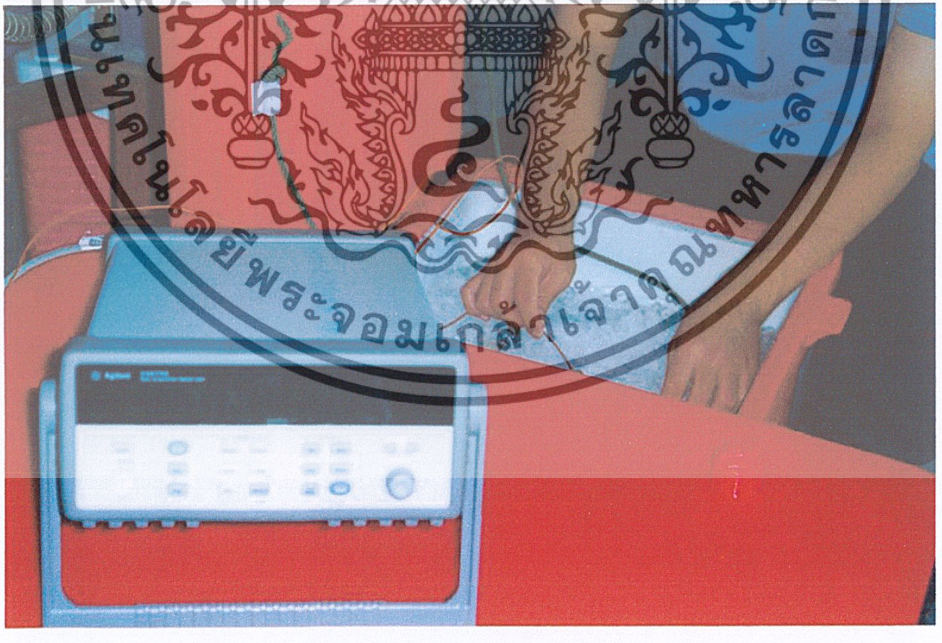
รูปที่ ข.1.1 ภาพแสดงขั้นตอนการหักหัว และแกะเปลือกออก

รูปที่ ข.1.2 ภาพแสดงการล้างกุ้งหลังแกะเปลือกด้วยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

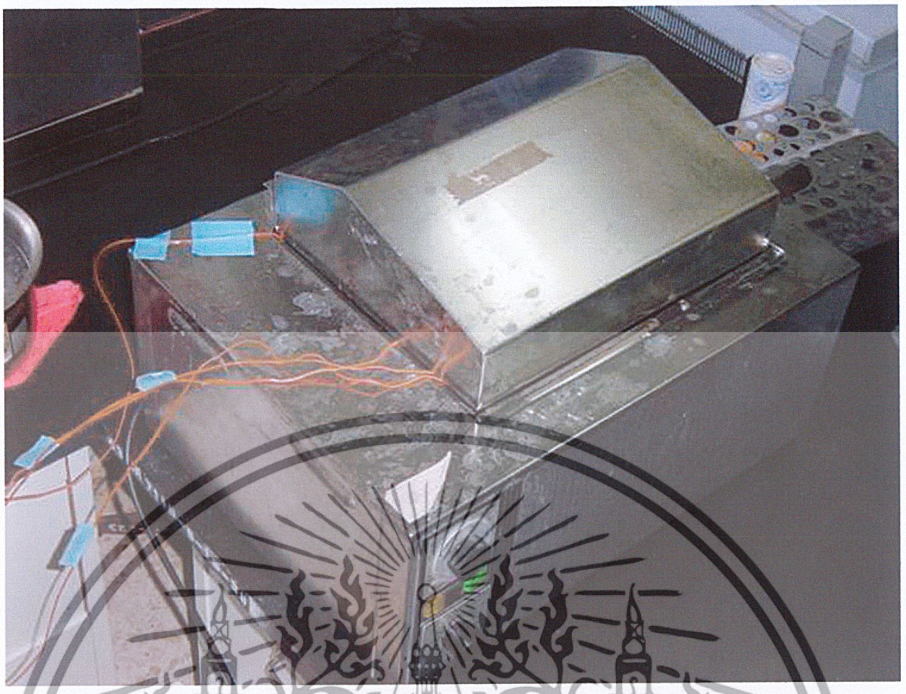


รูปที่ ข.1.3 ภาพแสดงกุ้งหลังแกะเปลือกบรรจุในถังควบคุมอุณหภูมิเพื่อเตรียมการทดลอง



รูปที่ ข.1.4 ภาพแสดงการวัดอุณหภูมิกุ้งที่อยู่ในถังควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1.5 ภาพแสดงการให้ความร้อนโดยเครื่องต้มน้ำ

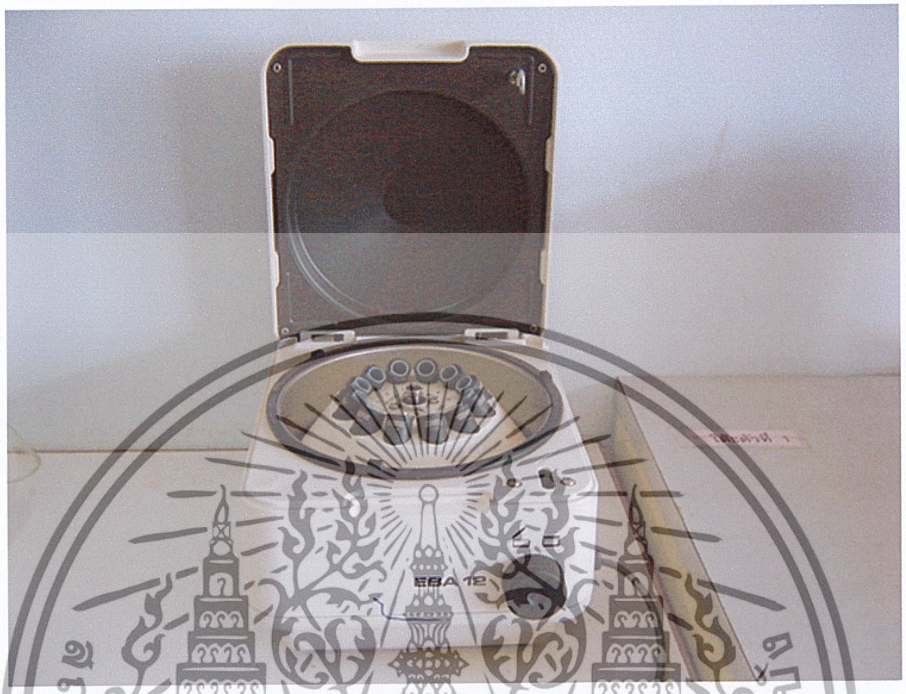
รูปที่ ข.1.6 ภาพแสดงช่วงการทำให้เย็น โดยนำกุ้งแช่ในน้ำผสมน้ำแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

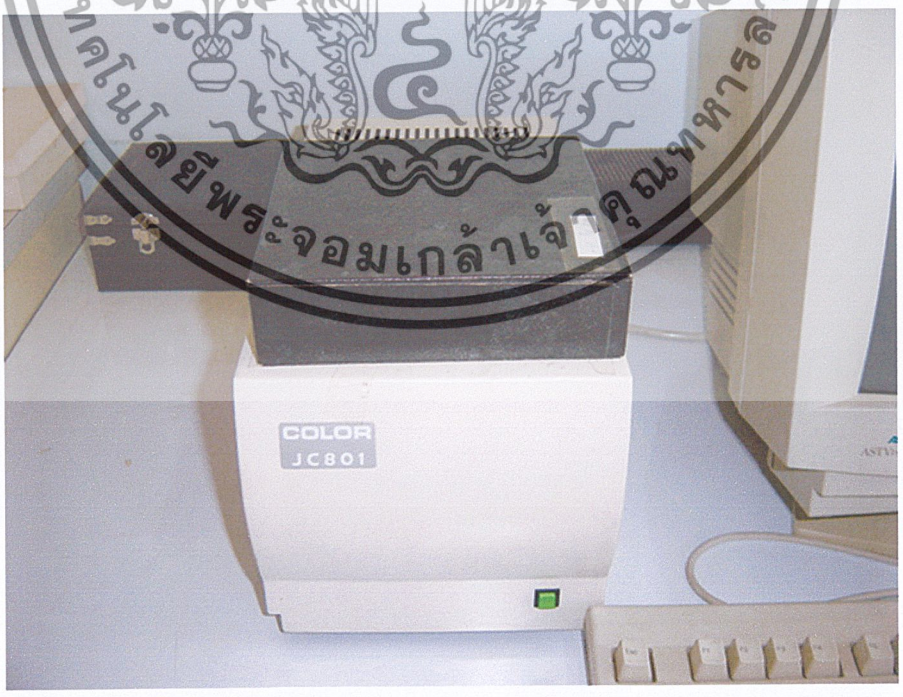
รูปที่ ข.1.7 ภาพแสดงตัวอย่างกุ้งที่จะนำไปทำการวัดค่าทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 อุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ ข.2.1 ภาพเครื่องเหวี่ยง



รูปที่ ข.2.2 ภาพเครื่องวัดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.2.3 ภาพตู้อบ

รูปที่ ข.2.4 ภาพเครื่องชั่งน้ำหนักค่าความละเอียด 4 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค. ตารางแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติ จากวิธีของ Duncan

ตารางที่ ค.1 ตารางแสดงผลความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ ด้วยวิธีของ Duncan

	Cooking Loss	Express	MC	WHC	L*	a*
Trt	** (0.0062)	** (0.0004)	** (0.0001)	* (0.0324)	** (0.0009)	** (0.0001)
Temp	** (0.0001)	** (0.0001)	* (0.0137)	** (0.0001)	NS (0.3656)	* (0.0195)
Trt * Temp	** (0.0001)	** (0.0015)	* (0.0127)	** (0.0001)	NS (0.1290)	* (0.0487)

L* = L* ก่อนต้ม, a* = a* หลังต้ม

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (0.01< Pr < 0.05)

** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Pr < 0.01)

NS (Not Significant) หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณอาจารย์หลาย ๆ ท่านที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง อบรมสั่งสอน และให้ความรู้ทางด้านวิชาการ ซึ่งสามารถนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์จนทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้

ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. สาทิป รัตนภาสกร อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

อ. เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

อ. กันต์กนิษฐ์ บวัญพฤกษ์ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่าน

เพื่อน ๆ ภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่านที่ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ประจวบ หลำอุบล, ชื่อกุ้ง, พิมพ์ครั้งที่ 2, โครงการหนังสือเกษตรชุมชน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2537.
2. วัลลภ คงเพิ่มพูน, กุ้งกุลาดำ, โครงการหนังสือเกษตรชุมชน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2532.
3. ศิวาพร ศิวเวช, "สารประกอบฟอสเฟต", วัตถุเจือปนอาหารเล่ม 1, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 94 - 127.
4. A.H. Sutton, "Polyphosphate Treatment of Cod Muscle", In Freezing and Irradiation of Fish, R. Kruezer (Ed.), 1969, pp. 172., Fishing News (Books), Ltd., London.
5. A.H. Sutton, "The Hydrolysis of Sodium Tripolyphosphate in Cod and Beef Muscle", J. Food Technol., 8, 1973, pp. 185.
6. C.A. Crapo and D.L. Crawford, "Influence of Polyphosphate Soak and Cooking Procedures on Yield and Quality of Dungeness Crab Meat", J. Food Sci., Vol. 56, No. 3, 1991, pp. 657 - 659, 664.
7. C.E. Swift and R. Ellis, "The Action of Phosphates in Sausage Products I", Factors Affecting the Water Retention of Phosphate - Treated Ground meat, Food Technol., 10, 1956, pp. 546.
8. C.L. Knipe, R.E. Rust and D.G. Olson, "Some Physical Parameters Involved in the Addition of Inorganic Phosphates to Reduced - Sodium Meat Emulsions", J. Food Sci., Vol. 55, No. 1, 1990, pp. 23 - 25.
9. D.L. Crawford, "Meat Yield and Shell Removal Functions of Shrimp Processing", Special Report 597, 1980, Extensions Marine Advisory Program, Oregon State Univ., Corvallis.
10. J.M. Mahon, "Preservation of Fish", 1962, U.S. Patent 3,036,932.
11. J.R. Bendall, "The Swelling Effect of Polyphosphates on Lean Meat", J. Sci. Food Agric., 5, 1954, pp. 468.
12. J.W. Boyd and B.A. Southcott, "Effect of Polyphosphate and Other Salts on Drip Loss and Oxidative Rancidity of Frozen Fish", J. Fish. Res. Board Can. 22, 1965, pp.53.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. K. Nouchpramool, "Effects of Condensed Phosphate and Steam Pre - Cooking on the Yield and Quality of Cooked Shrimp (*Pandalus jordani*)", M.S. Thesis, 1980, Oregon State Univ., Corvalis.
14. Louis L. Young, C.E. Lyon, G.K. Searcy and R.L. Wilson, "Influence of Sodium Tripolyphosphate and Sodium Chloride on Moisture - Retention and Textural Characteristics of Chicken Breast Meat Patties", J. Food Sci., Vol. 52, No. 3, 1987, pp. 571 - 574.
15. M.K. Awad, "Hydrolysis of Polyphosphates Added to Meat", M.S. Thesis, 1968, The Univ. of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada.
16. P.O. Ahmed, M.F. Miller, C.E. Lyon, H.M. Vaughters and J.O. Reagan, "Physical and Sensory Characteristics of Low - Fat Fresh Pork Sausage Processed with Various Levels of Added Water", J. Food Sci., Vol. 55, No. 3, 1990, pp. 625 - 628.
17. R. Neraal and R. Hamm, "On the Enzymatic Breakdown of Tripolyphosphate and Diphosphate in Minced Meat II", Occurrence of Tripolyphosphatases in Muscular Tissue, Z. Lebensm. - Unters. Forsh., 163, 1977a, pp. 18.
18. R. Neraal and R. Hamm, "On the Enzymatic Breakdown of Tripolyphosphate and Diphosphate in Minced Meat III", Occurrence of Dipolyphosphatases in Muscular Tissue, Z. Lebensm. - Unters. Forsh., 163, 1977b, pp. 123.
19. R.H. Ellinger, "Phosphates in Food Processing", In Handbook of Food Additives, 2nd ed. T. E. Furia (Ed.), 1972, pp. 617., Chemical Rubber Co. Press, Cleveland, OH.
20. R.M. Love and G. Abel, "The Effect of Phosphate Solutions on the Denaturation of Froaen Cod Muscle", J. Food Technol., 1, 1966, pp. 323.
21. S. Barbut, A. J. Maurer, and R. C. Lindsay, "Effects of Reduced Sodium Chloride and Added Phosphates on Physical and Sensory Properties of Turkey Frankfurthers", Journal of Food Science, Vol. 53, No. 1, pp. 62 - 66.
22. National Food Institute, Thailand.
http://www.nfi.or.th/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้