

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

การยืดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมสดแกะเปลือกโดยการดัดแปรสภาวะการเก็บรักษา

(ปีที่ 1: การแช่ในสารละลายผสม)

Shelf-life Extend of Shucked Fresh Oyster Using Modified Storage

Conditions : Mixed Solution Soaking

สวามินี อีระวุฒิ

รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2553

114 พ.ค. 2555

๒๕๐๖/๕๒๕๗

302508

เก็บรักษา

13 ก.ค. 2555

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2553
คณะผู้วิจัย อันประกอบด้วยข้าพเจ้า ดร.สวามินี ธีระวุฒิ นายปฎิยุทธ์ ขวัญอ่อน และรศ.ดร.คเชนทร
เฉลิมวัฒน์ ขอขอบคุณมา ณ. โอกาสนี้

ดร. สวามินี ธีระวุฒิ

2554

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
สารบัญ.....	๗
คำนำ.....	ฉ
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๗
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	22
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	64
เอกสารอ้างอิง.....	66
ภาคผนวก.....	73

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2 - 1 หอยนางรมปากจีบ.....	3
4 - 1 คะแนนความชอบลักษณะปรากฏหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	27
4 - 2 คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	30
4 - 3 คะแนนความชอบกลิ่นหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	33
4 - 4 คะแนนความชอบรสชาติหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	36
4 - 5 คะแนนความชอบรวมหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	40
4 - 6 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	45
4 - 7 จำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	46
4 - 8 ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB - N) ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	52
4 - 9 ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA - N) ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	55
4 - 10 ความเป็นกรด - ด่างในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	59
4 - 11 ปริมาณเกลือในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	62

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2 - 1 คุณค่าทางโภชนาการของหอยนางรม หอยแมลงภู่ และไข่.....	5
2 - 2 ปริมาณเกลือแร่และวิตามินในหอยนางรมและหอยแมลงภู่.....	6
2 - 3 เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารทะเลที่เตรียมเพื่อบริโภคดิบ.....	12
4 - 1 คะแนนความชอบลักษณะปรากฏหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่ แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	28
4 - 2 คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่าง กันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	31
4 - 3 คะแนนความชอบกลิ่นหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกันตาม ระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	34
4 - 4 คะแนนความชอบรสชาติหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกัน ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	37
4 - 5 คะแนนความชอบรวมหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกันตาม ระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	41
4 - 6 การตรวจพบ <i>Salmonella</i> spp. ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่ แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	48
4 - 7 จำนวน <i>S. aureus</i> ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตาม ระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	49
4 - 8 ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB - N) ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะ การแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	53
4 - 9 ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA - N) ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่ แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	56
4 - 10 ความเป็นกรด - ด่างในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตาม ระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	60
4 - 11 ปริมาณเกลือในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตาม ระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส.....	63

สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่	หน้า
1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสดแกะเปลือกภายใต้การแช่ในสภาวะต่าง ๆ ตามระยะเวลาของการเก็บรักษา.....	74
2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสดแกะเปลือกตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ภายใต้การแช่ที่สภาวะต่าง ๆ	82
3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าทางเคมีในหอยนางรมสดแกะเปลือกภายใต้การแช่ที่สภาวะต่าง ๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษา.....	87
4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าทางเคมีในหอยนางรมสดแกะเปลือกตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ภายใต้การแช่ที่สภาวะต่าง ๆ.....	91

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี คุณภาพทางจุลชีววิทยาและคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ผ่านการดัดแปรสภาวะการเก็บรักษา โดยแช่ในสารละลายต่างๆ กัน 5 สภาวะ ได้แก่ การแช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps), การแช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ (Sl), การแช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) , การแช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) และการแช่ในน้ำประปา (C) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า หอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แบบ SP2 มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีน้อยที่สุด ($p < 0.05$) โดยมีปริมาณ TVB-N และ TMA-N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ส่วนของค่าความเป็นกรดต่างนั้นอยู่ในช่วงที่หอยยังสดอยู่ (pH 6.2-5.9) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน อย่างไรก็ตามปริมาณเกลือในการทดลองนี้ ไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจนในทุกชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แบบ SP2 นั้นเกิดขึ้นต่ำกว่าหอยนางรมที่ใช้สภาวะการเก็บรักษาแบบอื่นเช่นกัน เมื่อพิจารณาจากจำนวนจุลินทรีย์ไม่เกิน 10^6 cfu/g พบว่าหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แบบ Ps, SP1 และ SP2 สามารถเก็บรักษานานมากกว่า 8 วัน ในขณะที่สภาวะการแช่แบบ Sl และตัวอย่างควบคุมสามารถเก็บรักษานาน 8 วัน และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสสอดคล้องกัน โดยพบว่า หอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แบบ SP2 มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุด และมีการยอมรับสูงกว่าสภาวะการแช่แบบอื่นๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเก็บรักษาได้ 7 วัน หอยนางรมที่ใช้สภาวะการแช่แบบ Sl และ SP1 เก็บรักษาได้ 5 วัน หอยนางรมที่ใช้สภาวะการแช่แบบ Ps เก็บรักษาได้ 4 วัน เปรียบเทียบกับตัวอย่างชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษานาน 2 วัน

ABSTRACT

The purposes of this study was to investigate chemical, microbiological and sensory qualities of shucked fresh oyster (*Saccostrea cucullata*) used modified storage conditions by mixed solution soaking in varied as these following; 3% potassium sorbate (Ps), 2.5% sodium lactate (Sl), 1.5% sodium lactate and 1.5% potassium sorbate (SP1), 3% sodium lactate and 2.5% potassium sorbate (SP2) and tap water (control) at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$. It was found that in chemical qualities of SP2 stored samples was the lowest changes ($p < 0.05$), which TVB-N and TMA-N values were higher than those storage conditions. Furthermore, pH of this conditions was in the ranges of fresh oyster pH (6.2-5.9) throughout the storage of 7 days. However, the salt content in all storage conditions had not clear trend throughout the storage of 7 days. About microbiological qualities, it also was found that in SP2 stored samples had the lowest changes and shelf-life of Ps, SP1 and SP2 stored samples was more than 8 days. In Sl and control stored samples was 8 days refer the criteria of microbiology is less than 10^6 cfu/g. Sensory qualities of SP2 stored samples was the lowest changes and acceptable than those stored conditions in other samples throughout the storage of 7 days. Sl and SP1 was 5 days storage and Ps was 4 days compared with 2 days for control sample.

บทที่ 1

บทนำ

หอยนางรมเป็นหอยสองฝาที่พบทั่วไปในทะเลบริเวณชายฝั่ง ในประเทศไทยหอยนางรมที่ผลิตได้ส่วนใหญ่ใช้บริโภคสดและยังมีการจำหน่ายไม่แพร่หลายนัก เนื่องจากผลผลิตไม่เพียงพอและการขนส่งยังไม่สะดวกเท่าที่ควร จังหวัดที่มีการเลี้ยงหอยนางรมมาก ได้แก่ จังหวัดในภาคตะวันออก เช่น จันทบุรี ตราด และชลบุรี ซึ่งเป็นหอยนางรมพันธุ์เล็กหรือหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) หอยนางรมเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง การบริโภคหอยนางรมส่วนใหญ่นิยมนำมาบริโภคสดทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร เนื่องจากหอยนางรมกินอาหารโดยการกรองเอาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กต่าง ๆ และตะกอนดินจากน้ำบริเวณนั้น ซึ่งทำให้เกิดการสะสมจุลินทรีย์ไว้ในระบบย่อยอาหารของหอยนางรมเอง และมีข้อมูลบ่งชี้ว่ามักพบการปนเปื้อนจากแบคทีเรียหลายชนิด โดยเฉพาะเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร ได้แก่ Coliform, *Vibrio parahaemolyticus* และ *Salmonella* sp. การสะสมจุลินทรีย์ดังกล่าวจะทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภคหอยนางรมดิบได้ จากลักษณะการจำหน่ายหอยนางรมสดแกะเปลือกโดยทั่วไปที่บรรจุถุงเติมน้ำ แล้วรอการจำหน่ายนั้น มีการควบคุมอุณหภูมิไม่ดีเพียงพอจึงเปิดโอกาสให้เชื้อดังกล่าวเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งในตัวหอยนางรมยังเกิดการเน่าเสียได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวเองโดยเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวหอยนางรม

ดังนั้นเพื่อเป็นการลดความเสี่ยงและปัญหาด้านสุขภาพของผู้บริโภคหอยนางรมดิบ ทั้งยังช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บหอยนางรมสดได้นานยิ่งขึ้น จึงเป็นที่มาของการทดลองครั้งนี้ โดยได้เลือกใช้สารเคมีที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์และโพแทสเซียมซอร์เบต ร่วมกับการใช้ความเย็นในการเก็บรักษาหอยนางรมสดแกะเปลือก เนื่องจากสารทั้งสองชนิดดังกล่าว มีการนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์น้ำทั่วไปอยู่แล้ว ทั้งยังมีผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ โดยไปทำลายผนังเซลล์ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ลดจำนวนลง และชะลอการทำงานของเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียได้ จากความรู้ดังกล่าวจึงได้นำมาประยุกต์ใช้กับหอยนางรมสดแกะเปลือกในการทดลองครั้งนี้ นอกจากนั้นการใช้ความเย็นในการเก็บรักษายังเป็นการชะลอการเสื่อมเสียได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นการนำทั้งสารเคมีและความเย็นมาใช้ร่วมกัน จะช่วยให้ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยนางรมสดแกะเปลือกได้

วัตถุประสงค์

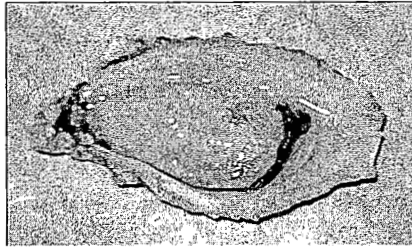
1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ดัดแปรสภาพการเก็บรักษาด้วยการแช่ในสารละลายแตกต่างกัน
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ดัดแปรสภาพการเก็บรักษาด้วยการแช่ในสารละลายแตกต่างกัน
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของทางเคมีหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ดัดแปรสภาพการเก็บรักษาด้วยการแช่ในสารละลายแตกต่างกัน

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

1. หอยนางรม

หอยนางรมเป็นหอยสองฝาที่พบทั่วไปในน้ำทะเลบริเวณชายฝั่ง หอยนางรมที่มีการเพาะเลี้ยงกันอย่างกว้างขวางรวมถึงในประเทศไทย จัดอยู่ในวงศ์ออสทรีเดีย (Family Ostreidae) หอยนางรมพันธุ์เล็กหรือหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) ดังแสดงในภาพที่ 2 - 1 ซึ่งมีการเพาะเลี้ยงมากบริเวณภาคตะวันออกของไทย



ภาพที่ 2 - 1 หอยนางรมปากจีบ
ที่มา : Bigbury Bay Oysters. (มปป.)

หอยนางรมเป็นหอยสองฝาที่ยึดเกาะอยู่กับที่ ไม่มีการเคลื่อนไหวตลอดชีวิตของมัน มีกล้ามเนื้อยึดเปลือก (adductor muscle) ไม่มีส่วนหัวที่เด่นชัด ไม่มีแผงฟัน กินอาหารโดยการกรอง โดยใช้เหงือกที่เรียกว่าเพนติเดียม (ctenidium) ที่ถูกกระแสน้ำพัดพา มา มีอนุภาคไม่เกิน 100 ไมโครเมตร ได้แก่ สาหร่ายเซลล์เดียว ตะกอนดิน จะถูกเหงือกกรองไว้แล้วลำเลียงเข้าสู่ปากโดยใช้ซิเลีย (cilia) (คเชนทร เณลิมวัฒน์, 2544)

1.1 การเพาะเลี้ยงหอยนางรม

นิพนธ์ ศิริพันธ์ (2543) ได้จำแนกการเพาะเลี้ยงหอยนางรม ดังนี้

- การเลี้ยงบนก้อนหิน เป็นวิธีการใช้ก้อนหินวางให้ลูกหอยนางรมเกาะ เลี้ยงจนได้ขนาดตามความต้องการ เป็นวิธีที่ง่ายและยังนิยมทำกันแพร่หลายมากจนปัจจุบัน วิธีการนี้มักเลี้ยงหอยในขอบเขตระหว่างแนวระดับน้ำขึ้นสูงสุดถึงระดับต่ำสุดตามชายฝั่ง ทะเลที่มีสภาพเป็นอ่าวเปิด พื้นดินเป็นโคลนแข็ง ทราบปนโคลนแข็งหรือบริเวณที่เป็นหิน ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ก้อนหินที่วางจมลึกลงไปหรือถูกทับถม นิยมใช้ในการเลี้ยงหอยนางรมพันธุ์เล็กที่จังหวัดชลบุรี และที่อ่าวสวี จังหวัดชุมพร

- การเลี้ยวในกระเบไม้ การเลี้ยวแบบนี้เหมาะกับท้องที่ที่เป็นอ่าวเปิดตามบริเวณปากแม่น้ำหรือบริเวณชายฝั่งของปากแม่น้ำลำคลองที่มีน้ำกร่อยหรือน้ำเค็มท่วมถึงเป็นประจำ กระเบไม้ที่ใช้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาดตามความต้องการ ขอบทั้งสี่ด้านและพื้นทำด้วยไม้เนื้อแข็ง ฟากทำด้วยฝือกไม้ไผ่ เลี้ยวหอยนางรมในกระเบจนมีอายุประมาณปีครึ่ง หอยจะโตขึ้นถึงขนาดส่งตลาดได้ ซึ่งการเลี้ยวหอยวิธีนี้จะใช้มากที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นต้น

- การเลี้ยวแบบใช้แท่งซีเมนต์ การเลี้ยวด้วยวิธีนี้อาจเลี้ยวได้ดีในที่มีสภาพเช่นเดียวกับการใช้ก้อนหินหรือจะใช้วิธีการเลี้ยวทั้งสองแบบในบริเวณเดียวกันก็ได้ โดยใช้แท่งซีเมนต์ปักแซมตามที่ว่างระหว่างแถวของกองหิน เว้นที่ว่างเป็นทางเดินได้พอสมควร เหมาะสำหรับท้องที่ที่มีสภาพพื้นดินโคลน แท่งซีเมนต์ที่ใช้้นั้น ทำขึ้นเป็นพิเศษเพื่อใช้เลี้ยวหอยนางรม และเพื่อให้ด้านทานต่อการเคลื่อนไหวของคลื่นลมและกระแสน้ำได้ดี

- การเลี้ยวโดยใช้หลักไม้ การเลี้ยวด้วยวิธีนี้นับว่าเหมาะสมอย่างยิ่งกับสภาพชายฝั่งทะเลที่มีสภาพเป็นอ่าวเปิด พื้นดินเป็นโคลนอ่อนหรือโคลนปนทราย เป็นแหล่งที่ไม่มีเครื่องกำบังคลื่นลม ยิ่งไปกว่านั้นวิธีนี้ยังสามารถเลี้ยวตามชายฝั่งของปากแม่น้ำลำคลองที่มีกระแสน้ำไหลค่อนข้างแรงได้โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายมากนัก หรือจะใช้เปลือกหอยตะเภาหรือหอยนางรมร้อยเป็นพวง ๆ ไปล่อลูกหอยในแหล่งหอยเกิดตามธรรมชาติ นำเปลือกหอยที่มีลูกหอยเกาะติดอยู่มายึดติดกับหลัก โดยใช้ลวดผูกให้เปลือกหอยอยู่ห่างกันเป็นระยะพอสมควร หลักไม้ที่ใช้ส่วนมากเป็นไม้ไผ่ หรือไม้อื่น ๆ ที่มีราคาถูก หลังจากประกอบเปลือกหอยติดเข้ากับหลักไม้แล้ว จากนั้นนำไปปักไว้ในแหล่งเลี้ยวเป็นแถว ๆ โดยเว้นระยะห่างกัน

- การใช้หลอดหรือท่อซีเมนต์ เหมาะสมสำหรับแหล่งเลี้ยวที่มีน้ำท่วมอยู่ตลอดเวลา พื้นดินเป็นโคลนหรือโคลนอ่อนปนทราย ขั้นแรกต้องปักหลักไม้ ซึ่งหาได้ในท้องที่ ได้แก่ ไม้เป้ง โกงกาง หรือไม้ไผ่ ฯลฯ โดยปักเรียงเป็นแถวให้มีช่องว่างระหว่างแถวห่างกันประมาณ 1 เมตร จากนั้นนำหลอดซีเมนต์กลวงที่เตรียมไว้ หล่อโดยใช้ปูนซีเมนต์พาดบนเค็ม ติดหอย 20 ตัว นำไปสวมบนหลักไม้ปักทอกลงในดินเลน แต่ละแถวห่างกัน 30 เซนติเมตร แต่ละท่อห่างกัน 20 เซนติเมตร การเลี้ยววิธีนี้เป็นที่นิยมในการเลี้ยวหอยนางรมที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีและจันทบุรี

- การเลี้ยวแบบพวงอุบะแวน เป็นรูปแบบการเลี้ยวที่นิยมทั่วไปในประเทศญี่ปุ่น อเมริกา และยุโรป เพราะหอยโตเร็วและให้ผลผลิตสูง การเลี้ยววิธีการนี้สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การแวนได้แพและแวนจากราวเชือก จุดสำคัญต้องเลี้ยวในอ่าวปิดหรือที่มีกำบังคลื่นลมได้เป็นอย่างดี แพใช้พลาสติกหรือท่อนโฟมพอง มีสมอยึดทั้งสี่มุมเพื่อตรึงให้แพหรือเชือกอยู่กับที่ ระดับความลึกของน้ำควรอยู่ประมาณ 5 - 10 เมตร การล่อลูกหอยใช้วิธีเดียวกับการเลี้ยวแบบที่ 4 แล้วจึงเอาเปลือกหอยนั้นมาร้อยเป็นพวงให้เปลือกหอยอยู่ห่างกันประมาณ 15 - 20 เซนติเมตรโดยใช้ไม้ไผ่รวกขนาดเล็กกั้นระหว่างเปลือก จากนั้นนำพวงหอยไปแขวนเลี้ยวไว้ที่แพจนหอยได้ขนาดที่ตลาดต้องการ

การเลียงแบบนี้นิยมทำกันในแม่น้ำหรือคลองย่านน้ำกร่อย ได้แก่ จังหวัดพังงา คลองบางนางรม จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี

- การเลียงหอยนางรมแบบอื่น ๆ นอกจากวิธีการเลียงหอยนางรมที่ได้กล่าวถึงข้างต้นแล้วยังมีการเลียงรูปแบบอื่น ๆ โดยใช้วัสดุการเลียง รูปแบบอื่นที่มีสภาพแข็งแรง เช่น ยางรถยนต์ที่ไม่ใช้แล้ว กระเบื้องลอนเดี่ยว ลอนคู่ อิฐ อ่าง ไห ตุ่มที่ชำรุดแล้ว นอกจากนี้ในบางประเทศ นิยมเลียงหอยนางรมแบบหว่านลงเลียงกับพื้นดินในสภาพพื้นดินแข็งเพื่อป้องกันหอยนางรมจมโคลน ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายได้

1.2 การใช้ประโยชน์หอยนางรม

เนื้อหอยหอยนางรมสามารถนำมาบริโภคทั้งสดและปรุงเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ ยังมีการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าของหอยนางรมให้สูงขึ้น และมีอายุการเก็บรักษาได้นาน ได้แก่ หอยนางรมรมควันบรรจุกระป๋อง หอยนางรมอบแห้งในภาชนะใสปิดสนิท หอยดองปรุงรส หอยนางรมผง และน้ำมันหอย เป็นต้น ส่วนเปลือกหอยนางรมนั้นมีประโยชน์ คือ ใช้ทำปูนขาว ใช้ทำวัสดุกรองน้ำ ปั่นละเอียดใช้เป็นอาหารสัตว์ และใช้เป็นเครื่องประดับตกแต่งต่าง ๆ (บรรจง เทียนสงรัสมิ์, 2541) ส่วนคุณค่าทางโภชนาการของหอยนางรมนั้น พบว่า หอยนางรมมีคุณค่าทางโภชนาการดังแสดงในตารางที่ 2 - 1 เมื่อเทียบปริมาณของโปรตีนแล้วอาจจะด้อยกว่าหอยแมลงภู่และไข่ แต่เมื่อเทียบปริมาณเกลือแร่และแร่ธาตุแล้วหอยนางรมสูงกว่าหอยแมลงภู่ (ตารางที่ 2 - 2)

ตารางที่ 2 - 1 คุณค่าทางโภชนาการของหอยนางรม หอยแมลงภู่ และไข่

ประเภทอาหาร	โปรตีน (%)	เกลือแร่ (%)	ไขมัน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	น้ำ (%)
หอยนางรม	10.0-10.12	1.0-2.0	1.0-2.0	6.0-6.14	76.1-80.0
หอยแมลงภู่	12.0	1.0-1.9	1.4	4.0	81.0
ไข่	2.3	0.7	4.0	5.0	88.0

ที่มา : บรรจง เทียนสงรัสมิ์ (2542)

ตารางที่ 2-2 ปริมาณเกลือแร่และวิตามินในหอยนางรมและหอยแมลงภู่

เกลือแร่และวิตามิน	หอยนางรม (มก./กก.น้ำหนักสด)	หอยแมลงภู่ (มก./กก.น้ำหนักสด)
แคลเซียม	370-1790	48-1400
เหล็ก	2.5-55	48-188
โพแทสเซียม	910-2000	1130
ฟอสฟอรัส	100-2350	550-2500
แมกนีเซียม	200-900	1170
ไอโอดีน	0.2-4	1.5
วิตามินซี	8	17
วิตามินบี1	0.3	-
วิตามินบี2	0.15	-

ที่มา : บรรจง เทียนสงฆ์ (2542)

2. คุณภาพสัตว์น้ำ

2.1 การเสื่อมเสียคุณภาพของสัตว์น้ำ

สาเหตุการเน่าเสียของปลาและสัตว์น้ำจะคล้ายกับเนื้อสัตว์ แต่พวกปลาและสัตว์น้ำนั้นจะเสียเร็วกว่า เนื่องจากโปรตีนของสัตว์น้ำย่อยได้ง่ายโดยเอนไซม์ของสัตว์น้ำเอง ความเป็นกรด - ด่างที่มีความเป็นกลางทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ดี และไขมันของสัตว์น้ำมีความไวในการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนมากกว่าไขมันจากสัตว์ชนิดอื่น ซึ่งสาเหตุการเสื่อมเสียคุณภาพของสัตว์น้ำมีดังนี้

2.1.1 เกิดจากน้ำย่อยของสัตว์น้ำเอง (autolysis) สัตว์น้ำที่ตายแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีตามลำดับขั้นตอนดังนี้

- ระยะก่อนการเกร็งตัว (pre – rigor mortis stage) เมื่อสัตว์น้ำตาย การขนส่งออกซิเจนจะหยุดชะงัก ทำให้เนื้อเยื่อขาดออกซิเจน แต่เนื้อเยื่อที่ยังมีชีวิตต้องการพลังงานในรูป ATP (Adenosine triphosphate) จึงเกิดการสร้าง ATP จากกลูโคสแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้ความเป็นกรด - ด่างลดต่ำลง เนื่องจากมี Lactic acid เกิดขึ้น

- ระยะการเกร็งตัว (rigor mortis stage) คือ การเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ภายหลังที่สัตว์น้ำตายลง เกิดจากโปรตีนแอคตินรวมตัวกับไมโอซินเป็นแอคโตไมซิน ซึ่งการรวมตัวกันต้องอาศัยพลังงานจาก ATP และเมื่อปริมาณ ATP ในเนื้อเยื่อของสัตว์เริ่มลดต่ำลง จึงทำให้เกิดการ

รวมตัวกันอย่างถาวรของแอคโตไมโอซิน (actomyosin) ส่งผลให้กล้ามเนื้อเริ่มเกิดการเกร็งแข็ง และสูญเสียความสามารถในการยืดตัว

- ระยะหลังการเกร็งตัว (post – rigor mortis stage) เมื่อสิ้นสุดระยะการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อจะค่อย ๆ อ่อนตัวลงเนื่องจากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่อยู่ในเนื้อนั้นเอง นอกจากนี้ยังพบสารประกอบโมเลกุลเล็ก ๆ เกิดขึ้นมากมาย ซึ่งทำให้เกิดสี กลิ่น และรสแตกต่างกันออกไปตามชนิดของสารนั้นในระยะเวลาการเกร็งตัว

2.1.2 เกิดจากการรวมตัวกับออกซิเจนของไขมัน (oxidation) การเสียของไขมันในสัตว์น้ำทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน (rancidity) เนื่องจากการรวมตัวกับออกซิเจนของไขมัน ซึ่งเกิดขึ้นเร็วกว่าไขมันจากเนื้อสัตว์อื่น ๆ ทำให้สัตว์น้ำเน่าเสียได้ง่ายกว่าเนื้อสัตว์อื่น ๆ

2.1.3 เกิดจากจุลินทรีย์ (microbial spoilage) เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญที่ผิวก่อน หลังจากเกิด autolysis แล้วเกิดสารต่าง ๆ เช่น กรดอะมิโน, เอมีน (ในเนื้อปลาปริมาณไนโตรเจนสูง) และกลูโคส ซึ่งจุลินทรีย์สามารถใช้ในการเจริญเติบโตได้ จากนั้นเชื้อจุลินทรีย์ค่อยแทรกตัวเข้าไปในเนื้อปลา แล้วใช้สารเหล่านี้ในการเจริญและสร้างสารที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งปลาที่มีกลิ่นเหม็นหืนหรือกลิ่นโคลน เนื่องจากเชื้อ *Streptomyces* sp. เจริญเติบโตในโคลนแล้วสร้างสารจีโอสมิน (geosmin) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นดินหรือกลิ่นโคลน นอกจากนี้ยีสต์และราบางชนิดยังเป็นสาเหตุให้เนื้อปลามีสีผิดปกติได้ อย่างไรก็ตามหอยจะยังคงมีสภาพดี ทรายที่ยังมีชีวิตอยู่ในเปลือกที่เก็บแช่เย็นไว้ ถ้าเก็บที่อุณหภูมิห้องเย็น จะเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Acinetobacter* และ *Moraxella* มากที่สุด และบางครั้งอาจเน่าเสียจาก *Flavobacterium* และ *Micrococcus* แต่หากเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องเย็น จะเสื่อมเสียเนื่องจาก *Proteus*, *Clostridium* และ *Serratia* นอกจากนี้อาจเกิดรสเปรี้ยวเนื่องจากการย่อยสลายน้ำตาลแล้วให้กรดออกมาจากเชื้อ *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Coliform bacteria* และยีสต์ (ตรี วาทกิจ, 2552)

หอยนางรมเมื่อเกิดการเน่าเสีย เปลือกหอยจะอ้าออกจากกัน ซึ่งโดยปกติควรจะปิดสนิท เนื้อหอยจะมีสีผิดปกติ การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นต่าง ๆ ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภายนอก เนื่องจากปกติหอยจะมีกลิ่น seaweedy odor ก่อน แล้วจึงเปลี่ยนเป็นกลิ่น sickly sweet odor ต่อจากนั้นจะมีกลิ่นเหม็นตุ ๆ เนื่องจากการสร้างสาร Trimethylamine, NH_3 และ H_2S (ตรี วาทกิจ, 2552)

3. การตรวจวัดคุณภาพสัตว์น้ำสด

นिरชา วงษ์จินดา (2547) ได้แบ่งวิธีการตรวจวัดคุณภาพของสัตว์น้ำสด ดังนี้

3.1 การตรวจวัดทางประสาทสัมผัส (Sensory Methods)

การประเมินคุณภาพด้วยประสาทสัมผัส หมายถึง การใช้คนซึ่งมีประสาทสัมผัสทั้งห้าในการบอกคุณภาพของอาหาร การใช้ประสาทสัมผัสนี้อาจใช้พร้อม ๆ กัน หรืออย่างใดอย่างหนึ่งแล้วแต่คุณลักษณะของคุณภาพที่ต้องการทราบ ความรู้สึกจากการสัมผัสด้วยมือหรือภายในช่องปาก การดมกลิ่น การเคี้ยว การได้ยิน มีความสำคัญในการบอกคุณภาพของอาหาร คือ ใช้บอกลักษณะคุณภาพของอาหารที่เครื่องมือบอกไม่ได้ หรือต้องใช้เครื่องมือที่ยุ่งยาก และใช้บอกความรู้สึกของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารนั้น รวมทั้งใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับของผู้บริโภค กับค่าที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ เพื่อใช้เครื่องมือในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพในโอกาสต่อไป

ผู้ประเมินของการประเมินคุณภาพแบ่งเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ ลักษณะการใช้แทนเครื่องมือ เป็นการหาระดับความเข้มของคุณลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น หวานมาก - หวานน้อย กลิ่นแรงมาก - กลิ่นแรงน้อย และลักษณะการใช้แทนความรู้สึกของผู้บริโภคว่าชอบหรือไม่ชอบ อาหารนี้ ชอบมากแค่ไหน ลักษณะการใช้ที่แตกต่างกันทำให้ต้องใช้ผู้ประเมินต่างกันและแบบสอบถามต่างกันผู้ชิมแบบแรกจะต้องมีการฝึกฝนมาก่อนมีความสามารถในการบอกความแตกต่างของคุณลักษณะต่าง ๆ ได้ และภายในกลุ่มผู้ประเมินมีความเข้าใจในเรื่องกลิ่นรสและระดับของความเข้มเป็นอย่างดีเท่ากัน จำนวนผู้ประเมินอาจมีได้ตั้งแต่ 1 คนขึ้นไป ส่วนผู้ประเมินกลุ่มหลังจะเป็นตัวแทนผู้บริโภค จึงเป็นกลุ่มบุคคลที่ไม่ต้องมีการฝึกฝนมาก่อนและจะต้องมีจำนวนมาก และมีคุณสมบัติตรงกับกลุ่มผู้บริโภคจริง ๆ ข้อมูลที่ได้จึงน่าเชื่อถือ อย่างไรก็ตามผู้ประเมินไม่ว่าจะเป็นการประเมินในลักษณะไหนควรมีคุณสมบัติพื้นฐานคือ มีความเต็มใจในการประเมิน ไม่รังเกียจอาหารที่ชิม กล้าแสดงความคิดเห็นหรือไม่ใช้ผู้เตรียมอาหารหรือผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง

แบบของการทดสอบที่ใช้สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีหลายชนิดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมและวัตถุประสงค์ของการทดสอบโดยต้องการทราบความแตกต่างหรือระดับของความแตกต่าง ความชอบหรือระดับความชอบ แบบให้คะแนน (Scoring Test) ใช้ทดสอบระดับความแตกต่างหรือความชอบ ในกรณีทดสอบความชอบมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า Hedonic test ให้ตัวอย่างอาหารซึ่งอาจเป็นตัวอย่างเดียวหรือหลายตัวอย่าง แล้วให้ผู้ประเมินให้คะแนนตามระดับความเข้มของคุณลักษณะที่ทดสอบ (ซึ่งกำหนดไว้เป็นคะแนนมาตรฐานเป็นที่เข้าใจในกลุ่มของผู้ประเมินแล้ว) หรือให้คะแนนตามความชอบ (แต่ละคนมีความรู้สึกของตนเอง) ถ้าใช้คะแนนที่มีมาตรฐานเดียวกันแล้วก็สามารถนำผลคะแนนของแต่ละตัวอย่างมาเปรียบเทียบกันได้

การประเมินทางประสาทสัมผัสนั้นเป็นการใช้คนทั้งในลักษณะแทนเครื่องมือบอกความแตกต่างและชี้ระดับความแตกต่างของความเข้มของคุณลักษณะและในลักษณะเป็นตัวแทนบอกความรู้สึกของผู้บริโภคนั้น มีโอกาสผิดพลาดได้ง่ายเนื่องจากคนมีอารมณ์เข้ามาเกี่ยวข้องกับความคิดเห็น จึงต้องพยายามรักษาสถานการณ์ให้ผู้ประเมินเกิดความลำเอียงน้อยที่สุดหรือเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด คือ

- สถานที่ประเมิน จะต้องเงียบสงบไม่พลุกพล่าน ไม่เดินผ่านบริเวณเตรียมอาหารไม่มีกลิ่นรบกวน มีความเป็นส่วนตัว
- ความสม่ำเสมอของการประเมิน อาจมีการจัดเตรียมตัวอย่างสำหรับให้ชิมไม่พร้อมกัน จึงต้องมีวิธีการจัดเตรียมที่เป็นมาตรฐาน ทำให้แน่ใจว่าตัวอย่างทุกตัวอย่างไม่มีลักษณะที่แตกต่างกันโดยไม่ได้ตั้งใจ ที่อาจเกิดขึ้นจากวิธีการจัดเตรียมที่ไม่เหมือนกัน ควรทดลองจัดเตรียมตัวอย่างและการประเมินให้ชำนาญก่อน
- ข้อมูลเกี่ยวกับตัวอย่าง ควรให้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวอย่างให้น้อยที่สุด เพราะข้อมูลเหล่านี้อาจมีผลในการชักจูงการตัดสินใจ และควรให้ตัวอย่างอาหารมีความสม่ำเสมอทั้งในตัวอย่างเดียวกันและตัวอย่างต่างกัน เช่น ขนาดชิ้น ปริมาณที่ให้ชิม สี และอุณหภูมิ จำนวนตัวอย่างที่ให้ชิมในแต่ละคราว ไม่มากเกินไปจนผู้ชิมสับสน
- การให้ชิมโดยปกติจะให้ผู้ประเมินนั่งประจำที่และนำตัวอย่างอาหารพร้อมน้ำเปล่ามาให้ แต่ในกรณีที่มีตัวอย่างปริมาณน้อยไม่พอที่จะแบ่งได้อาจให้ผู้ประเมินเดินดักโดยแบ่งอาหารแต่ละตัวอย่างเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งสำหรับคุณลักษณะทั่วไปในสภาพสมบูรณ์ และอีกส่วนหนึ่งให้ดักชิม โดยวิธีนี้ผู้ประเมินมีโอกาสสนทนากันได้ จึงต้องเตือนล่วงหน้าไม่ให้สนทนาแสดงความคิดเห็นระหว่างชิม
- การจัดลำดับอาหารในการให้ชิม ลำดับการให้ชิมมีผลต่อการตัดสินใจ เช่น ตัวอย่างเหมือนกันชิมก่อนจะให้คะแนนดีกว่า หรือชิมตัวอย่างดีก่อน ทำให้ตัวอย่างที่ด้อยกว่าและชิมทีหลังได้คะแนนน้อยลงไปกว่าที่ควร กรณีนี้กับที่ผู้ประเมินมักจะชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา ดังนั้นเราจึงต้องจัดลำดับตัวอย่างลงภาคในลักษณะต่างๆที่ไม่ซ้ำกันโดยใช้ตารางเลขสลับ เพื่อให้ผู้ประเมินแต่ละคนได้ลำดับการชิม (จากซ้ายไปขวา) ไม่เหมือนกัน
- การใช้รหัสตัวเลข ตัวอย่างแต่ละตัวอย่างจะต้องมีชื่อ แต่การเรียกชื่อตัวอย่าง 1 2 3 หรือ ก ข ค อาจทำให้เกิดความรู้สึกลำเอียง เช่น คิดว่าตัวอย่างที่ 1 หรือ ก ต้องเป็นตัวอย่างที่ดีที่สุด จึงนิยมเรียกชื่อเป็นตัวเลข 3 หน่วย เช่น 479, 512 อาจกำหนดตัวเลขขึ้นมาเองหรือใช้ตารางเลขสุ่ม

- แบบสอบถาม จะต้องง่ายและทำให้ผู้ประเมินมีความเข้าใจในแบบสอบถาม ก่อนจึงจะตอบได้ตรงคำถาม อาจมีการทดสอบแบบสอบถามไปพร้อมๆกับการทดลองจัดเตรียมการ ชิม ดูว่าผู้ประเมินมีความเข้าใจแบบสอบถามได้ถูกต้องหรือไม่ (จิตธนา แจ่มเมฆและคณะ, 2540)

3.2 การตรวจวัดทางจุลินทรีย์ (Microbiological Methods)

การตรวจวัดความสดด้วยวิธีนี้จะเป็นการตรวจหาจุลินทรีย์ในตัวอย่างสัตว์น้ำ ตาม มาตรฐานกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กำหนด ดังแสดงในตารางที่ 2 - 3 หากมีมากเกินไปเกินมาตรฐาน กำหนดไว้แสดงว่าสัตว์น้ำไม่สะอาดและมีความสดลดลงตามจำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้น (บัญญัติ สุขศรีงาม และคณะ, 2551)

สุวิมล กิริติพิบูล (2546) ได้อธิบายถึงแบคทีเรียที่ก่อโรคในคนหรือทำให้เกิดอาหาร เป็นพิษนั้นเป็นลักษณะใหญ่ ๆ 2 ลักษณะคือ ลักษณะแรกคือ การติดเชื้อ (infection) จากอาหาร มี สาเหตุมาจากการที่แบคทีเรียที่ก่อโรคปนเปื้อนลงไปในอาหาร แล้วมีการเจริญเติบโต และยิ่งไปกว่า นั้นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคนี้อย่างสามารถเจริญเติบโตในร่างกายของผู้บริโภคอีก ทำให้ผู้บริโภคป่วย และเกิดอาการของโรคติดเชื้อ ได้แก่ *Salmonella* spp., *V. parahaemolyticus* และ *E. coli* ลักษณะต่อมาคือ การบริโภคสารพิษ (intoxication) มีสาเหตุมาจากการที่เชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิด โรคปนเปื้อนลงไปในอาหารแล้วเจริญเติบโตและสร้างสารพิษในผลิตภัณฑ์อาหาร เมื่อบริโภคอาหารที่มี สารพิษปนเปื้อนอยู่ก็จะทำให้ผู้บริโภคป่วยเนื่องจากสารพิษในอาหารนั้น แบคทีเรียกลุ่มนี้ได้แก่ *S. aureus* และ *V. cholerae* เป็นต้น

ลักษณะของแบคทีเรียที่ก่อโรคที่อยู่ในหอยนางรมแกะเปลือก ที่ได้ศึกษา ดังนี้

V. cholerae สามารถเจริญได้ในสภาวะที่ไม่มีอากาศและสร้างน้ำย่อยอะคเตเลส พบมากในน้ำกร่อย บริเวณนาเกลือหรือปากแม่น้ำ ดำรงชีวิตได้ทั้งในน้ำเค็มและน้ำกร่อยโดยจะ ปนเปื้อนมากับแพลงก์ตอนและสัตว์น้ำ สามารถเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 30 - 40 องศาเซลเซียส และ พีเอช 7.4 - 9.6 อาการ คือ ท้องเดินอย่างรุนแรง ถ่ายอุจจาระเป็นสีน้ำข้าวหรือหิวาตกโรคนั่นเอง (มีทนา แสงจินดาวงษ์, 2545)

Salmonella sp. เป็นแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ ไม่ทนต่อความร้อนถูกทำลาย ได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 - 15 นาที สามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำ แม้ อยู่ในอุณหภูมิแช่แข็ง เชื้อแบคทีเรียยังเจริญอยู่ได้เป็นเวลานาน เมื่อเข้าสู่ร่างกายทำให้เกิดอาการ อาหารเป็นพิษเนื่องจากการติดเชื้อ เกิดหลังการบริโภคแล้ว 4 - 48 ชั่วโมง อาการที่พบ คือ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องร่วง และมีไข้ (สุวิมล กิริติพิบูล, 2546)

S. aureus เป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะกลม เรียงตัวเป็นกลุ่มคล้ายพวงอุ้งน หรือ เป็นคู่ หรือเป็นสายสั้น ๆ ไม่เคลื่อนที่ โคโลนีมีสีเหลืองหรือสีทอง เจริญเติบโตได้ดีในสภาพมีออกซิเจน มากกว่าในสภาพไม่มีออกซิเจน อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเติบโตคือ 35 - 40 องศาเซลเซียส

พีเอชที่เหมาะสมในการเติบโตอยู่ที่ 7 - 7.5 ส่วนค่า A_w (ปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่จุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญ) ต่ำสุดสำหรับการเจริญในสภาพมีออกซิเจนประมาณ 0.86 สภาพไม่มีออกซิเจนประมาณ 0.90 สร้างสารพิษ คือ เอนเทอโรทอกซิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ทนต่อความร้อนได้ดี และเป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยในมนุษย์ สารพิษชนิดนี้ทนความร้อนถึงระดับ 143.3 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 9 วินาทีได้ อาการทั่วไปของผู้ได้รับเชื้อที่พบคือ ผู้ป่วยจะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียน เป็นตะคริวในช่องท้องและอ่อนเพลีย ในผู้ป่วยบางรายอาจมีอาการอื่นแทรกซ้อน หลายรายจะมีอาการปวดหัว เป็นตะคริวที่กล้ามเนื้อ และมีการเปลี่ยนแปลงความดันโลหิตเป็นระยะ ๆ รวมทั้งอาจมีการเต้นของชีพจรผิดปกติซึ่งโดยทั่วไปอาการจะดีขึ้นภายใน 2 - 3 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความต้านทานสารพิษของร่างกาย ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อในอาหารและปริมาณสารพิษที่สร้างขึ้นในอาหาร รวมทั้งสภาพร่างกายโดยทั่วไปของผู้ที่ได้รับเชืด้วย (สุมาลี เหลืองสกุล, 2539)

E. coli เป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์ ส่วนใหญ่ไม่ก่อโรคในคนที่แข็งแรง แต่เชื้อ *E. coli* ที่ทำให้เกิดโรคเป็นเชื้อกลุ่มที่ทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษ ทำให้เกิดอาการท้องร่วง แบ่งได้เป็น 4 ประเภท ตามลักษณะอาการป่วย ดังนี้

- EPEC เป็น enteropathogenic ทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษคล้าย *Salmonella* คือ ปวดท้อง มีไข้ และท้องเดิน
 - EIEC เป็น enteroinvasive สามารถรูดผ่านผนังลำไส้ ทำให้ถ่ายเป็นเลือด
 - ETEC เป็น enteropathogenic สร้าง enterotoxin 2 ชนิด (ชนิด ST และ LT) ในลำไส้ทำให้เกิดอาการท้องร่วงคล้ายอหิวาตกโรค
 - EHEC เป็น enterohaemorrhagic ทำให้มีเลือดออกในลำไส้
- อาการเหล่านี้เกิดจากการรับประทานอาหารที่ไม่สุก เพราะเชื้อ *E. coli* อยู่ในของเสีย ไม่ควรอยู่ในอาหาร (สุวิมล กิริติพิบูล, 2546)

กระทรวงสาธารณสุข ได้มีการกำหนดเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารทะเลที่เตรียมเพื่อบริโภคดิบ ดังแสดงในตารางที่ 2 - 3 เพื่อให้ผู้บริโภคได้บริโภคอาหารทะเลสดอย่างปลอดภัย

ตารางที่ 2 - 3 เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารทะเลที่เตรียมเพื่อบริโภค

ประเภทอาหาร	ค่าที่กำหนด	
- อาหารทะเลที่เตรียมเพื่อบริโภค	จุลินทรีย์รวม / กรัม	น้อยกว่า 1×10^6
เช่น ปลา กุ้ง หอยดิบ เป็นต้น	MPN fecal coliform / กรัม	น้อยกว่า 20
	<i>S.aureus</i> / กรัม	น้อยกว่า 100
	<i>B. cereus</i> / กรัม	น้อยกว่า 100
	<i>V. parahaemolyticus</i> / กรัม	น้อยกว่า 100
	<i>C. perfringens</i> / 0.01 กรัม	ไม่พบ
	<i>Salmonellae</i> spp. / 25 กรัม	ไม่พบ
	<i>V. cholerae</i>	ไม่พบ

ที่มา : บุษกร อุตสาหกิจ (2550)

3.3 คุณภาพทางเคมี

3.3.1 ปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base nitrogen: TVB - N)

การสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB - N) จัดเป็นดัชนีคุณภาพทางเคมีค่าหนึ่งที่ใช้วัดความสดของปลา โดยทำการตรวจวัดปริมาณแอมโมเนีย, เอมีน, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายตัวของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจน โดยปริมาณ TVB - N ที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัส, คุณลักษณะปรากฏของเนื้อปลา การเจริญและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ รวมถึงปริมาณ TMA - N ด้วย กำหนดให้มีปริมาณ TVB - N ได้สูงสุดในปลา คือ 25 - 30 มิลลิกรัม /100 กรัม (Ashie et al., 1996; Villarreal & Pozo, 1990)

จันทร์เพ็ญ โตวิยานนท์ และสุธาทิพย์ วิทย์ชัยวุฒิมวงศ์ (2542) กล่าวว่า TVB - N ใช้เป็นดัชนีทั่วไปในการวัดความเสื่อมสภาพของอาหารทะเลได้ เช่นเดียวกับสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหารได้ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ TVB - N โดยวิธีการไตเตรทในตัวอย่างอาหารทะเลส่งออก ระหว่างปี พ.ศ. 2542 - 2546 รวม 2,326 ตัวอย่าง แบ่งเป็นปลากระป๋อง, อาหารทะเลแช่แข็ง ประเภทปลา กุ้ง ปลาหมึก และอาหารทะเลอื่น ๆ (ลูกชิ้น ปูอัด หอยดอง ปูทะเล และอาหารทะเลรวม) ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปลากระป๋องที่ส่งไปจำหน่ายในประเทศอียิปต์ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณ TVB - N ไม่เกิน 40 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม ไม่เข้ามาตรฐาน 4.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตัวอย่างอาหารทะเลแช่แข็งและอาหารทะเลอื่น ๆ ไม่เข้ามาตรฐาน 1.69 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ

TVB - N ที่ตรวจพบขึ้นอยู่กับความสดของวัตถุดิบ ชนิดของวัตถุดิบ และกรรมวิธีการผลิต ซึ่งการรักษาความสดของวัตถุดิบเป็นสิ่งสำคัญในการควบคุมปริมาณ TVB - N ไม่ให้เกินมาตรฐาน ทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของต่างประเทศ

เยวภา ไหวพริบ (2550) ศึกษาผลของน้ำสเตอร์ไรซ์, น้ำประปา, น้ำประปาที่ผ่านการพัก 12 ชั่วโมง, น้ำเกลือ 1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) และน้ำไอโซน 0.5 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และวิธีการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หอยนางรมแกะเปลือกในระหว่างการเก็บ 0 - 21 วัน ที่ 4.0 ± 0.2 องศาเซลเซียสโดยใช้หอยนางรมแกะเปลือกล้างและแช่น้ำ พบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์หอยนางรมแกะเปลือกมีค่าความเป็นกรด - ด่างลดลง ในขณะที่ค่า Thiobarbituric acid (TBA) ปริมาณ TVB - N และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์หอยนางรมแกะเปลือกที่ล้างและแช่ด้วยน้ำไอโซน 0.5 ppm มีอายุการเก็บรักษาสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่า TVB - N สูงกว่า 25 มิลลิกรัมในโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ที่ 10.3 ± 1.85 วัน และ 10.6 ± 0.15 วัน เมื่อบรรจุที่สภาวะบรรยากาศและสภาวะสุญญากาศตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า หอยนางรมแกะเปลือกที่บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศที่ผ่านการล้างและแช่น้ำประเภทต่างๆ ยกเว้นน้ำประปาที่ผ่านการพัก 12 ชั่วโมง มีค่า TBA ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์/ กิโลกรัมตัวอย่าง ตลอดระยะเวลาการเก็บ 21 วัน ที่ 4.0 ± 0.2 องศาเซลเซียส

3.3.2 ความเป็นกรด - ด่าง (pH) หลังจากปลาดตาย จะเกิดการใช้ไกลโคเจน (glycogen) ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic condition) เกิดเป็นกรดแล็กติกขึ้น ทำให้ความเป็นกรด - ด่างของเนื้อสัตว์น้ำลดลง โดยทั่วไปความเป็นกรด - ด่างจะลดลงต่ำที่สุดประมาณ 6.2 เพราะปริมาณของไกลโคเจนในเนื้อปลาน้อย จึงทำให้ปริมาณกรดแล็กติกมีไม่มากนัก และหลังจากนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงหลังจากระยะการเกร็งตัว (post mortem) จะมีการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจน ที่มีคุณสมบัติเป็นเบส ส่งผลให้ความเป็นกรด - ด่างของเนื้อปลาเพิ่มขึ้น โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของความเป็นกรด - ด่างขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Sikorski et al., 1990)

3.3.3 ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA - N) เป็นการสลายตัวของสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนแล้วให้สารระเหยที่ก่อให้เกิดกลิ่นคาวและกลิ่นเหม็นเน่าของสัตว์น้ำ คือ การเปลี่ยนไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ (TMAO) ซึ่งเป็นสารที่ป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากตัวปลา (water logout) พบมากบริเวณผิวหนัง โดย TMAO สามารถเปลี่ยนเป็นไตรเมทิลเอมีน (TMA) ด้วยเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส (trimethylamine oxidase) จากปฏิกิริยารีดักชันของแบคทีเรีย เช่น *Shewanella putrifaciens* ซึ่งจะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญจากการเปลี่ยนแปลง TMAO ไปเป็น TMA ซึ่ง TMA ที่ผลิตขึ้น ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่าและมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนแบคทีเรีย, คุณภาพทางประสาทสัมผัสและความสดของปลา และจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ในตัวปลาจะเปลี่ยน TMAO ไป

เป็น DMA และ formaldehyde ในปลาจะมีปริมาณแตกต่างกัน คือ ในปลาคอดและปลาแซลมอน พบประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปลาฉลามมีประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ TMA - N ที่ผลิตขึ้นสามารถใช้เป็นดัชนีคุณภาพทางเคมี (chemical indicator) เพื่อวัดการเสื่อมเสียของปลา ซึ่งกำหนดว่า ปลาที่มีความสดและยังมียุณภาพดีจะมี TMA - N น้อยกว่า 1.5 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง แต่ถ้ามีปริมาณสูงถึง 10-15 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างจะมีลักษณะเป็นที่ไม่ยอมรับแล้ว เนื่องจากมีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นคาวปลาอย่างรุนแรง (Huss, 1997; Debever & Boskou, 1996; Sleat & Robinson, 1984)

นิชนันท์ เจริญพัฒนวงค์ และคณะ (2551) ศึกษาผลของการใช้สภาพบรรยากาศแบบดัดแปรต่อคุณภาพและอายุการเก็บของหอยแครงลวก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส โดยสภาวะที่ใช้ทดลอง ได้แก่ สภาวะ 20% CO₂ : 20% O₂ : 60% N₂ (M 1), สภาวะ 40% CO₂ : 20% O₂ : 40% N₂ (M 2), สภาวะ 60% CO₂ : 20% O₂ : 20% N₂ (M 3) และสภาพบรรยากาศปกติ (ตัวอย่างควบคุม) ผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของหอยแครงลวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่า หอยแครงลวกที่เก็บในสภาวะ M1, M2, M3 และสภาพบรรยากาศปกติมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 2.57 log cfu/g เป็น 8.95, 8.04, 7.97 และ 9.20 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า หอยแครงลวกทุกสภาวะมีค่าการสูญเสียน้ำหนัก, TMA - N และ TVB - N เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ในขณะที่ค่า A_w, ความแน่นเนื้อ และคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น สี เนื้อสัมผัส การยอมรับโดยรวมมีแนวโน้มลดลง จากผลการทดลองยังพบว่า สภาวะบรรยากาศที่ใช้มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก, A_w, TMA, pH และคะแนนทางประสาทสัมผัสของหอยแครงลวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากคุณสมบัติทางจุลินทรีย์, เคมีและประสาทสัมผัส สรุปได้ว่า หอยแครงลวกที่บรรจุภายใต้สภาวะ M1, M2, M3 และสภาพบรรยากาศปกติมีอายุการเก็บ 12, 15, 21 และ 4 วัน ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส

4. การใช้กรดในการเก็บรักษาความสดของสัตว์น้ำ

4.1 กรดซอร์บิก (Sorbic acid)

กรดซอร์บิกนั้นเป็นกรดคาร์บอกซิลิกที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated carboxylic acid) ที่ละลายน้ำได้ (ที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส) เกลือโซเดียมและโพแทสเซียมสามารถละลายน้ำได้มากกว่ากรดซอร์บิก โดยเกลือโพแทสเซียมของกรดซอร์บิกนั้นถูกใช้ในการถนอมอาหารมากที่สุด กรดซอร์บิกละลายได้ในไขมันหรือน้ำมันได้ดีกว่าในน้ำ เกลือซอร์เบตมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อราได้ดีกว่าแบคทีเรียในที่มีพีเอช 6.5 หรือต่ำกว่า การยับยั้งแบคทีเรียของ

สารกลุ่มนี้เป็นผลจากการแตกตัวและไม่แตกตัว การแตกตัวของกรดจะทำให้พีเอชสูงขึ้น กรดซอร์บิกจะระเหิดได้เมื่อได้รับความร้อน ดังนั้นจึงควรใส่ในอาหารภายหลังการให้ความร้อนแล้ว (ศิวาพร ศิวเวช, 2546)

การใช้กรดซอร์บิกใส่ในอาหารนั้นสามารถใส่ได้โดยตรงและโดยอ้อม วิธีการใส่สารโดยตรง เช่น การจุ่มอาหารในสารละลายซอร์บิกหรือใช้วิธีการฉีดพ่นสารบนอาหาร วิธีการโดยอ้อม ได้แก่ การใช้สารพ่นลงบนวัสดุที่ใช้ห่ออาหาร หรือใส่ในรูปสารละลายผสมกับเอทานอล หรือโพรพิลีนไกลคอล หรือละลายในน้ำมันพืช มีการใช้กรดซอร์บิกและเกลือของกรดชนิดนี้เป็นวัตถุดิบในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำนั้นมีมานานแล้ว ดังเช่น Chung and Lee (1981) พบว่า ประสิทธิภาพของกรดซอร์บิกในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้น การใช้กรดซอร์บิกปริมาณเพียง 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดยจุลินทรีย์มี lag phase เป็น 1 วัน แต่หากใช้ปริมาณสูงถึง 1 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดย lag phase ของจุลินทรีย์จะเป็น 6 วัน Boyd and Tarr (1955) ได้ทดลองนำปลาเทราต์ทั้งตัวและเนื้อปลาเทราต์แล่มาจุ่มทันทีในสารละลายซอร์เบต 5 เปอร์เซ็นต์ ปลาเทราต์ทั้งตัวและเนื้อปลาเทราต์แล่รวมกันแล้วมาจุ่มสารละลายซอร์เบต 5 เปอร์เซ็นต์ และทดลองฉีดพ่นสารละลายซอร์เบต 10 เปอร์เซ็นต์ ในตัวอย่างทั้งสองแบบ พบว่า สามารถยืดอายุของตัวอย่างปลาที่นำมาทดลองได้เป็นอย่างดี ทั้งแบบจุ่มและแบบพ่น ขณะที่ Statham, Bremner and Quarmby (1985) ได้ทดลองนำปลาเทราต์มาจุ่มในสารละลายที่ประกอบด้วย โพแทสเซียมซอร์เบต 1.2 เปอร์เซ็นต์ และโพลิฟอสเฟต 10 เปอร์เซ็นต์ แล้วบรรจุถุงที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 100 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส พบว่า อายุการเก็บรักษาจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ส่วน Bremner and Statham (1983) ได้ทดลองจุ่มหอย scallops ในสารละลายเกลือซอร์เบต 0.1 เปอร์เซ็นต์ แล้วบรรจุแบบสุญญากาศและเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส จะยืดอายุการเก็บรักษาหอยชนิดนี้ได้ถึง 28 วัน มากกว่าหอยที่ไม่ได้จุ่มสารละลายถึง 22 วัน (บุษกร อุตรภูษิต, 2550)

กรดซอร์บิกและเกลือของกรดซอร์บิกจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำได้ โดยการไปควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ หรือทำลายส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือทุกส่วนของเซลล์ของจุลินทรีย์ โดยศิวาพร ศิวเวช (2546) กล่าวถึงกลไกดังนี้

- ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ โดยกรดซอร์บิกหรือเกลือของกรดที่ใช้อาจมีผลทำให้ความสามารถในการให้อาหารซึมผ่านผนังเซลล์เสียไป หรือมีเกิดการฉีกขาดที่ผนังเซลล์เกิดขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้จุลินทรีย์ตายได้
- การทำงานของเอนไซม์ โดยกรดซอร์บิกหรือเกลือของกรดที่ใช้จะไปชะงักหรือทำให้ประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์เสียไป ทำให้การเจริญของจุลินทรีย์หยุดชะงักหรือตายได้

- กลไกทางด้านพันธุกรรม ซึ่งกรดซอร์บิกหรือเกลือของกรดที่ใช้จะไปทำลายหรือมีผลต่อสารที่มีความสำคัญในด้านพันธุกรรม เช่น DNA และ RNA ทำให้กระบวนการแบ่งเซลล์ผิดปกติไป ซึ่งเป็นวิธีการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาได้

ไพโรจน์ วิริยาริ (2526) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาปลาหมึกแห้ง โดยใช้โพแทสเซียมซอร์เบตที่เหมาะสมร่วมกับการฉายรังสี โดยนำปลาหมึกสดลอกเยื่อหุ้มและเอาเครื่องในบางส่วนออก ล้างสะอาด แช่สารละลายเกลือแกงร้อยละ 5 นาน 30 นาที จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต ความเป็นกรด - ด่าง 5.9 ในระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์, 0.2 เปอร์เซ็นต์, 0.4 เปอร์เซ็นต์, 0.6 เปอร์เซ็นต์ และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 นาที แล้วนำไปทำให้แห้งโดยใช้ตู้อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบตที่เคลือบปลาหมึกแห้งไม่เกิน 1,000 ppm คือ ระดับความเข้มข้น 0.1 - 0.6 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการทดลองเพื่อศึกษาของโพแทสเซียมซอร์เบตต่อจำนวนจุลินทรีย์ในปลาหมึกแห้งร่วมกับการฉายรังสีจึงใช้โพแทสเซียมซอร์เบต ที่ระดับความเข้มข้น 0.6 เปอร์เซ็นต์ ก่อนทำแห้ง โพแทสเซียมซอร์เบตมีผลในการลดจำนวนแบคทีเรียไม่มากนัก แต่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งและทำลายเชื้อราอย่างมาก ซึ่งพบว่า ปลาหมึกแห้งที่แช่โพแทสเซียมซอร์เบตร่วมกับการฉายรังสีขนาด 4.5 kGy สามารถยืดอายุการเก็บรักษาปลาหมึกแห้งที่อุณหภูมิ 28 - 31 องศาเซลเซียส ได้นานถึง 3 เดือน และตรวจพบเชื้อราในปริมาณต่ำเพียง 3 MPN/กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับปลาหมึกแห้งไม่ฉายรังสีและไม่ใช้สารกันรา (control) ซึ่งเก็บได้นานเพียง 1 เดือน

พิรุฬห์รัตน์ สิงหนัด (2544) ศึกษาผลของโซเดียมโพรพิโอเนต โพแทสเซียมซอร์เบต กรดทาร์ทาริก กรดแอสติค โซเดียมโพรพิโอเนตร่วมกับกรดทาร์ทาริก และโพแทสเซียมซอร์เบต ร่วมกับกรดแอสติคต่อการยับยั้งการเจริญของ *Salmonella typhi* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ brain heart infusion broth ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 18 - 24 ชั่วโมง พบว่า โซเดียมโพรพิโอเนต โพแทสเซียมซอร์เบต กรดทาร์ทาริก และกรดแอสติค สามารถยับยั้งเชื้อลงได้ 1 log cfu/g เมื่อใช้เป็นสารชนิดเดียวกันในระดับความเข้มข้น 0.5, 0.25, 0.3 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อใช้ในรูปแบบของสารประกอบเกลือกับกรด พบว่า การใช้โซเดียมโพรพิโอเนต 0.5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดทาร์ทาริก 0.3 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 0.1 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดแอสติค 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้ง *S. Typhi*

Sofos et al. (1986) กล่าวว่า กรดซอร์บิกและเกลือของกรดซอร์บิกสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้หลายชนิด รวมทั้งจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ โดยมีผลต่อการแพร่กระจาย, การเจริญเติบโต และการแบ่งเซลล์ของจุลินทรีย์ ด้วยความสามารถในการยับยั้งที่มีความหลากหลายนี้เอง ทำให้ซอร์เบตอาจมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์มากกว่าสารชนิดอื่น ๆ การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของซอร์เบตนั้น เป็นผลมาจากซอร์เบตไปรบกวนเยื่อหุ้มเซลล์ ยับยั้งระบบการขนส่ง

รบกวนประจุบนเซลล์ ซอร์เบตจะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด - ด่างของอาหารลดลง ส่งผลให้สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ได้ อีกทั้งซอร์เบตยังมีผลต่อกระบวนการ post-binding stage โดยมีผลบางประการต่อเยื่อหุ้มสปอร์หรือไปยังยังเอนไซม์ที่ใช้กระบวนการดังกล่าว ทำให้สามารถยับยั้งกระบวนการ connecting reaction ได้

González - Fandos and Dominguez (2006) ศึกษาผลของโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ต่อการยับยั้ง *Listeria monocytogenes* บริสุทธิ์ พบว่า *L. monocytogenes* ลดลง 1.3 log และเก็บรักษาได้นานกว่าชุดควบคุม 2 วัน ส่วน Manju, Srinivasa, Leema, Ravishankar and Kumar (2006) พบว่า การใช้โพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ในการเก็บรักษาปลาจาระเม็ดดําและปลาหมอ สามารถเก็บได้นานถึง 15 - 16 วัน และ Akgun, Gianfranco, Joseph and Amnon (2005) พบว่า การใช้โพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 0.5 หรือ 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งเชื้อราสีเทาบริสุทธิ์ได้ 84 เปอร์เซ็นต์

Fernandez-Segovia (2007) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาและทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา โดยการแช่เย็นของปลาคอดที่ผ่านกระบวนการผสมต่าง ๆ ได้แก่ การล้างน้ำ และการใช้สารเจือปนอาหาร (โพแทสเซียมซอร์เบตและกรดซิตริก) ร่วมกับการดัดแปรสภาวะการบรรจุ (บรรจุแบบธรรมดา, บรรจุแบบสุญญากาศ และบรรจุแบบปรับสภาวะบรรยากาศ ที่ $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{O}_2$ เท่ากับ 60:30:10) พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และ TVB - N สามารถตรวจวัดได้ตลอด 42 วัน ในทุกกระบวนการผสม ส่วนจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Aeromonas* และ *Clostridium* ก็ถูกตรวจสอบในทุกกระบวนการผสมเช่นกัน โดยพบจำนวน mesophilic, psychrotrophic, *Pseudomonas* ราและยีสต์ในตัวอย่างปลาคอดที่ใช้สารเจือปนอาหารในทุกสภาวะการบรรจุ ในขณะที่ปลาคอดที่บรรจุแบบสุญญากาศและปรับสภาวะบรรยากาศ มีจำนวนจุลินทรีย์ในกลุ่ม mesophilic, psychrotrophic ต่ำกว่า 4 log cfu/g ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 42 วัน แต่หากบรรจุแบบธรรมดาก็จะมีจำนวนจุลินทรีย์ กลุ่มดังกล่าว มากกว่า 5 log cfu/g ในวันที่ 21 - 28 ดังนั้นการบรรจุปลาคอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ และการปรับสภาวะบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ ช่วยรักษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี TVB - N ใน ตัวอย่างปลาคอดที่ใช้เจือปนอาหารและการบรรจุทุกสภาวะมีค่าน้อยกว่า 25 มิลลิกรัม/100 กรัม ในขณะที่จำนวนจุลินทรีย์ และ TVB - N ของตัวอย่างที่บรรจุแบบสุญญากาศและดัดแปรสภาวะมีค่าต่างกัน ส่วนลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า การเติมโพแทสเซียมซอร์เบตและกรดซิตริกไม่มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของปลาคอดดิบและปลาคอดที่ปรุงสุกแล้ว

Manju et al. (2007) ศึกษาการการแตกตัวของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ในปลาจาระเม็ดดำ (*Parastromateus ninger*) และปลาหมอโครมายเขียว (*Eetroplus suratensis*) ที่จุ่มในสารละลายโซเดียมอะซีเตท เข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต เข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ แล้วบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศและนำไปเก็บรักษาโดยการแช่เย็น พบว่า ปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมดของปลาที่จุ่มในสารละลายทั้ง 2 ชนิด เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษาในขณะที่ ค่า K - value ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน ซึ่งค่า K - value เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราส่วนของผลรวมของปริมาณอินโนซีน และไฮโปแซนทีนต่อสารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวของ ATP ทั้งหมดนั้น นอกจากนี้ยังพบว่า ปลาจาระเม็ดที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศสามารถเก็บรักษาได้ 16 วัน ในขณะที่ปลาหมอโครมายเขียวที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศสามารถเก็บรักษาได้ 15 วัน แต่ปลาจาระเม็ดและปลาหมอโครมายเขียว ที่บรรจุแบบธรรมดาสามารถเก็บรักษาได้แค่ 10 และ 8 วัน ตามลำดับ

Sallam (2007b) ได้ศึกษาคุณภาพทางเคมีและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและอายุการเก็บรักษาของเนื้อปลาแซลมอนแล้ ที่จุ่มในสารละลายเกลือของกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ สารละลายโซเดียมอะซีเตท โซเดียมแล็กเตต และโซเดียมซิเตรท และเก็บรักษาที่ 1 องศาเซลเซียส พบว่า ค่า K - value, ปริมาณไฮโปแซนทีน, TVB - N และ TMA - N ของเนื้อปลาแซลมอนแล้ที่จุ่มในสารละลายทั้ง 3 ชนิด มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ส่วนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ ความชุ่มน้ำของเนื้อและความยืดหยุ่นของเนื้อปลา พบว่า ผู้ทดสอบบางคนสามารถรับรู้ได้ว่าการเอาปลาไปจุ่มในกรด ในตัวอย่างที่จุ่มในสารละลายโซเดียมอะซีเตท โซเดียมแล็กเตต และโซเดียมซิเตรท สามารถเก็บรักษาได้ 12, 12 และ 15 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมสามารถเก็บรักษาได้ 8 วัน ซึ่งการใช้เกลือของกรดอินทรีย์นั้น สามารถใช้เก็บรักษาปลาสดแช่เย็นได้

เกลือซอร์เบต หากใช้ตามที่กฎหมายกำหนด หรือใช้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้ ในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค แต่หากใช้ในปริมาณมากเกินไป หรือนำไปใช้ไม่เหมาะสม ก็จะทำให้เกิดอันตรายได้ แต่อันตรายที่ได้จากเกลือซอร์เบตนั้น มีพิษต่อผู้บริโภคค่อนข้างน้อย เนื่องจากร่างกายสามารถ กำจัดออกไปได้ (ศิวาพร ศิวเวช, 2546)

4.2. กรดแล็กติก (Lactic acid)

กรดแล็กติกเป็นกรดที่พบในธรรมชาติโดยพบว่าเป็นองค์ประกอบในอาหารบางชนิด นิยมใช้กรดแล็กติกในการชำระล้างสัตว์ หรือใช้ฉีดพ่นบนซากสัตว์ เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์ให้น้อยลง ผลการยับยั้งจุลินทรีย์โดยกรดแล็กติกพบว่า สามารถยับยั้งการเจริญแบคทีเรีย

แกรมลบและแกรมบวกได้ โดยการยับยั้งมาจากกรดที่ไม่แตกตัว กรดแล็กติกเป็นสารที่ช่วยในการปรับค่าความเป็นกรด - ด่างในอาหารได้ มีส่วนช่วยในการป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการงอกของสปอร์ ช่วยเสริมประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียและวัตถุกันเหิน ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด - ด่างต่ำ จะทำลายจุลินทรีย์ได้ง่ายกว่า และในกรณีที่มีการใช้วัตถุกันเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุกันเสียประเภทที่เป็นกรด ถ้าอาหารที่จะใช้มีความเป็นกรด ปริมาณวัตถุกันเสียที่ใช้ก็จะต้องมีปริมาณลดลง ทำให้ลดอันตรายจากวัตถุกันเสียได้ และยังเป็นกรดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *S. aureus* ได้ ประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและชนิดของจุลินทรีย์ กรดแล็กติกเข้มข้น 1 - 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดจำนวนของ Enterobacteriaceae ในเนื้อหมูและเนื้อวัวได้ (ศิวิพร ศิวเวช, 2546) กรดแล็กติกเป็นกรดที่มีพิษน้อย เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ มีคุณสมบัติเป็นสารให้กลิ่นรส จึงไม่มีกฎหมายบังคับการใช้กรดนี้ (ศิริโฉม พุงเก้า, 2551)

กนกอร อินทราพิเชฐ และสมเกียรติ เอี้ยวเหล็ก (2535) ศึกษาการใช้สารฆ่าเชื้อเพื่อผลิตกุ้งแห้ง โดยใช้กุ้งสดขนาดเล็กต้มจนสุกแล้วนำมาแช่ในสารฆ่าเชื้อ 3 ชนิด ได้แก่ กรดแล็กติก และกรดอะซิติก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์, 2 เปอร์เซ็นต์, 3 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์ และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 100, 150, 200 และ 250 ppm แช่นาน 1 และ 5 นาที นำกุ้งไปตากจนเหลือความชื้นประมาณ 16 - 25 เปอร์เซ็นต์ เก็บในถุงผ้าดิบที่อุณหภูมิห้องผลการศึกษาพบว่า การแช่ในโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 250 ppm เวลาแช่ 5 นาที ลดจำนวนแบคทีเรียได้ 93 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การแช่ในกรดอะซิติก เข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที ลดจำนวนแบคทีเรียได้ 57 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับกุ้งแห้งที่แช่สารฆ่าเชื้อทั้ง 3 ชนิดตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 21 วัน

พ่ายัพ มาศนิยม และอมมี เบญจมะ (2549) ศึกษาผลของกรดแล็กติก กรดอะซิติก และกรดซิตริกต่อคุณภาพและการยืดอายุของหอยแมลงภู่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์มีความแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของกรดแล็กติก กรดอะซิติก และกรดซิตริก หอยแมลงภู่งที่ผ่านการแช่ด้วยกรดอินทรีย์มีปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมดน้อยกว่าตัวอย่างชุดควบคุม และมีค่า Thiobarbituric acid - reactive substance (TBARS) เพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้น ส่วนการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า หอยแมลงภู่งที่ผ่านการแช่ด้วยกรดแล็กติกที่ระดับความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ มีการยอมรับทางด้านความชอบโดยรวมสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ตลอดระยะเวลา 27 วัน เปรียบเทียบกับตัวอย่างชุดควบคุมที่มีอายุการเก็บรักษานาน 6 วัน

ณัฐพล ฟ่ำภิญโญ (2550) ศึกษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาปูน้ำจืด โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่หนึ่ง ศึกษาการลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยการแช่น้ำเย็น กรดอะซิติกเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์, 0.2 เปอร์เซ็นต์ และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ กรดแล็กติก เข้มข้น

1.0 เปอร์เซ็นต์, 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ กรดแอสคอร์บิก เข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์, 0.75 เปอร์เซ็นต์ และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ และน้ำไอโซนเข้มข้น 0.5, 0.75 และ 1.0 ppm นาน 10, 15 และ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส บรรจุถุงพลาสติกชนิด Polyethylene (PE)/ Polyvinylidene chloride (PVDC)/ Polyethylene polymer/ Nylon แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า การแช่ปูนี้มด้วยน้ำไอโซน 1.0 ppm นาน 20 นาที สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีที่สุด คือ นาน 9 วัน ขั้นตอนที่สอง ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปูนี้มซึ่งเก็บรักษาภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศ โดยศึกษาผลของอัตราส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ต่อ ไนโตรเจน (N₂) 60:40 และ 80:20 และสภาวะสุญญากาศ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาโดยบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Polyethylene (PE)/ Polyvinylidene chloride (PVDC)/ Polyethylene polymer/ Nylon เปรียบเทียบการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในสภาวะบรรยากาศปกติ ผลการทดลองพบว่า การเก็บปูนี้มที่ 80 % CO₂:20 % N₂ และภายใต้สภาวะสุญญากาศ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 7 วัน ขณะที่การเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ 60% CO₂:40% N₂ เก็บได้เพียง 3 และ 4 วัน ตามลำดับ การทดลองในขั้นตอนสุดท้าย การแช่ปูนี้มด้วยน้ำไอโซน 1.0 ppm นาน 20 นาที ก่อนบรรจุในถุงพลาสติก เปรียบเทียบการเก็บรักษาจากการใช้ 80% CO₂:20 % N₂ สภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ ปริมาณก๊าซในภาชนะที่บรรจุ การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความเป็นกรด - ด่าง และทดลองทางประสาทสัมผัส พบว่า ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสภาวะสุญญากาศ และการล้างด้วยน้ำไอโซนมีผลต่อการเก็บรักษาปูนี้ม โดยที่สภาวะ 80% CO₂:20% N₂ และสภาวะสุญญากาศ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีที่สุด โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 11 วัน โดยพิจารณาจากเกณฑ์คุณภาพทางจุลินทรีย์ เคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติเก็บได้เพียง 8 วัน

Castillo, Lucia, Roberson, Stevenson, Mercado and Acuff (2001) พบว่า การพ่นล้างชิ้นส่วนวัวฆ่าหาละด้วยกรดแล็กติกเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 250 มิลลิลิตร เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ทำให้เชื้อ *E. coli* 0157:H7 และ *Salmonella typhimurium* ที่เติมลงบนผิวของชิ้นส่วนเนื้อวัวลดลง 5.2 log cfu/g ในขณะที่การล้างด้วยน้ำอย่างเดียวทำให้เชื้อทั้งสองชนิดลดลงเพียง 3.3 - 3.4 log cfu/g และแบคทีเรียก่อโรคทั้งสองชนิดไม่เพิ่มจำนวนขึ้นเมื่อนำเนื้อวัวไปบด ส่วน Ibrahim (2006) ศึกษาผลของการยับยั้งจุลินทรีย์ของโซเดียม-แล็กเตตในเนื้อปลาเซลมอนสด พบว่า สามารถเก็บได้นานกว่าชุดควบคุม 7 วัน ณัฐพล ฟาภิญญ (2550) พบว่า ปูนี้มที่แช่กรดแล็กติกเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บได้ 7 วัน แต่ปูนี้มที่แช่น้ำเย็นเก็บได้เพียง 3 วัน ส่วนอรภียา สาดแพง (2548) พบว่า โซเดียมแล็กเตตมีผลทำให้ระยะเวลาการ

แบ่งตัว (Generation time) ของเชื้อ *Salmonella enterica* Weltevreden DMST 17375 นานที่สุด

Sallam (2007a) ศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์และการรวมตัวกันของออกซิเจนและไขมันในเนื้อปลาแช่หมอนแล้วที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย ได้แก่ สารละลายโซเดียมอะซิเตท โซเดียม-แล็กเตต และโซเดียมซิเตรท 2.5 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาที่ 1 องศาเซลเซียส พบว่า ผลของการจุ่มเนื้อปลาแลในสารละลายเกลือของกรดมีประสิทธิภาพต่อต้านการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ รวมถึงแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน และ Psychrotrophic, *Pseudomonas* spp., แบคทีเรียที่ผลิต H_2S , แบคทีเรียที่สร้างกรดแล็กติก และ Enterobacteriaceae โดยทั่วไปเกลือของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดสามารถต้านฤทธิ์ของแบคทีเรียได้แตกต่างกัน ซึ่งประสิทธิภาพในการต้านแบคทีเรียจากมากไปน้อย คือ สารละลายโซเดียมอะซิเตท โซเดียมแล็กเตต และโซเดียมซิเตรท ตามลำดับ โดยเมื่อจุ่มเนื้อปลาแช่หมอนลงในสารละลายโซเดียมอะซิเตท และโซเดียมซิเตรท พบว่า ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) และค่า thiobarbituric acid (TBA) รวมถึงการรวมตัวกันของออกซิเจนและไขมันต่ำกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยพบว่า โซเดียมซิเตรทมีอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานกว่าโซเดียมอะซิเตทและโซเดียมแล็กเตต คือ 4 - 7 วัน ในตัวอย่างควบคุม ดังนั้นโซเดียมอะซิเตท โซเดียมแล็กเตต และโซเดียมซิเตรทจึงปลอดภัยและสามารถใช้เป็นสารกันบูด ในการเก็บรักษาปลาแช่เย็นได้

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ได้มีเกณฑ์การใช้โซเดียมแล็กเตต ในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ยกเว้นสัตว์น้ำสดและสัตว์น้ำเยือกแข็งโดยไม่จำกัดปริมาณการใช้เนื่องจากเป็นกรดที่ผลิตได้จากธรรมชาติ ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค แต่ให้ใช้ปริมาณที่เหมาะสม หมายถึง ปริมาณที่น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดผลที่ต้องการ ภายใต้กระบวนการผลิตที่ดี (GMP) (คณะกรรมการอาหารและยา, 2547)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

1. วัตถุดิบและอุปกรณ์ในการเก็บรักษา

- 1.1 หอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) สด
- 1.2 โซเดียมแล็กเตต (Sodium lactate) ชนิดที่ใช้ในอาหาร (Food grade)
- 1.3 โพแทสเซียมซอร์เบต (Potassium sorbate) ชนิดที่ใช้ในอาหาร (Food grade)
- 1.4 น้ำประปาเย็นอุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส
- 1.5 ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส
- 1.6 ถุงพลาสติกทนความเย็นขนาด 5×8 นิ้ว

2. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- 2.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์จุลินทรีย์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
- 2.2 หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) (ยี่ห้อ TOMY รุ่น SS-325)
- 2.3 ตู้อบความร้อน อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส (ยี่ห้อ BINDER รุ่น BDIEDIFDI)
- 2.4 ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ (ยี่ห้อ NUVE รุ่น FN 500 P)
- 2.5 ตู้ถ่ายเชื้อ (Laminar flow) (ยี่ห้อ Super Clean รุ่น 150 VC)
- 2.6 เครื่องตีผสมอาหาร (Stomacher) (ยี่ห้อ AES รุ่น 35270)
- 2.7 เครื่องให้ความร้อน (Hot plate) (ยี่ห้อ Jenway 1000)
- 2.8 อุปกรณ์เครื่องครัว
- 2.9 เครื่องแก้วที่จำเป็นในการวิเคราะห์
- 2.10 แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3. อาหารเลี้ยงเชื้อ

- 3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด คือ
 - 3.1.1 แผ่นเพาะเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M PetrifilmTM Aerobic Count Plate (AC)
 - 3.1.2 Saline solution (0.85 เปอร์เซ็นต์)
- 3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ชนิด *E. coli*/Coliform คือ
 - 3.2.1 แผ่นเพาะเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M PetrifilmTM E.coli/Coliform Count Plate (EC)
 - 3.2.2 Saline solution (0.85 เปอร์เซ็นต์)

- 3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ชนิด *S. aureus* คือ
 - 3.3.1 แผ่นเพาะเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M PetrifilmTM Staph Express Count (STX)
 - 3.3.2 Saline solution (0.85 เปอร์เซ็นต์)
- 3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ชนิด *Salmonella* spp. คือ
 - 3.4.1 Lactose broth (LB)
 - 3.4.2 Tetrathionate (TT) broth
 - 3.4.3 Iodine-Potassium Iodide (I₂-KI) solution
 - 3.4.4 Bismuth sulfite (BS) agar
 - 3.4.5 Xylose lysine desoxycholate (XLD) agar
 - 3.4.6 Hektoen Enteric (HE) agar
 - 3.4.7 Brilliant green solution
 - 3.4.8 Rappaport-Vassiliadis Medium (RV)
 - 3.4.9 Triple sugar iron (TSI) agar
 - 3.4.10 Lysine iron (LIA) agar
 - 3.4.11 Urea broth
 - 3.4.12 Semisolid Indole Motility Test Medium (SIM)
- 3.5 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ชนิด *V. cholerae*
 - 3.5.1 Alkaline peptone water (APW)
 - 3.5.2 Thiosulfate-Citrate-Bile Salts-Sucrose (TCBS) agar
 - 3.5.3 2% NaCl Tryptic soy agar (TSA)
 - 3.5.4 0% และ 8% NaCl peptone
 - 3.5.5 Ornithine decarboxylase (ODC)
 - 3.5.6 น้ำตาล Cellubiose

4. สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 4.1 สารเคมีและอุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณ TVB - N ตามวิธีของ Hasegawa (1987)
- 4.2 สารเคมีและอุปกรณ์วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างตามวิธีของ AOAC (2000)
- 4.3 สารเคมีและอุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณ TMA - N ตามวิธีของ Hasegawa (1987)
- 4.4. สารเคมีและอุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณเกลือ ตามวิธีของ FAO (1981)

๖๔๑.๓๙๔

๖๔๖๖

๑.๓

302508

5. วิธีดำเนินการทดลอง

5.1 การเตรียมตัวอย่าง

ซื้อหอยนางรมปากจีบสดทั้งเปลือก ที่เลี้ยงแบบพวงอุบะแขวน ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2553 จากสะพานปลาอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี โดยการบรรจุกระสอบ แล้วพรมน้ำและขนย้ายมายังห้องปฏิบัติการภาควิชาวาริชศาสตร์ ภายใน 20 นาที จากนั้นแกะเอาเนื้อหอยออกมาโดยใช้แท่งเหล็กที่สะอาดและต้องระวังไม่ให้หอยฉีกขาดและอยู่ในสภาพสมบูรณ์

5.2 การทดลองสภาวะการแช่

นำเนื้อหอยนางรมสดที่แกะได้ไปล้างด้วยน้ำเย็นอุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส ทั้งให้สะเด็ดน้ำในตะแกรงพลาสติกนาน 5 นาที จากนั้นบรรจุหอยลงในถุงขนาด 5×8 นิ้ว ถุงละ 20 ตัว เติมสารละลายที่ใช้ในการดัดแปรสภาวะการบรรจุที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันในอัตราส่วนน้ำหนักหอยต่อสารละลายเท่ากับ 1:1.5 (w/v) ปิดปากถุงให้สนิทโดยให้น้ำในถุงท่วมตัวหอยและนำหอยไปเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส โดยสารละลายที่ใช้ในการดัดแปรสภาวะการบรรจุได้แก่

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

นำตัวอย่างหอยมาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณภาพทางจุลชีววิทยา และคุณภาพทางเคมี ดังนี้

5.2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 20 คน ที่ผ่านการฝึกโดยให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบ 3 ครั้ง ครั้งแรกทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยนางรมในแต่ละวันโดยไม่แช่กรด หลังจากนั้นครั้งที่สองและครั้งที่สาม ทดสอบความแตกต่างของหอยที่แช่กรดและไม่แช่กรดที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวัน แล้วให้คะแนนในแบบประเมินซึ่งใช้การทดสอบแบบ Hedonic scale (9 Point) โดย 9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 ไม่ชอบมากที่สุด โดยคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม หลังจากฝึกผู้ทดสอบด้วยกระบวนการดังกล่าว แล้วคัดเลือกผู้ทดสอบให้เหลือ 15 คน สำหรับทดสอบจริง โดยก่อนที่ผู้ทดสอบจะทำการทดสอบชิมรสชาติและเนื้อสัมผัส และความชอบรวมนั้น จะมีการเติมน้ำจิ้ม

(ส่วนผสมของน้ำจิ้ม 1 ช้อนชา ยอดกระถิน 1 ช้อนชา และหอมแดงซอยเจียว 1 ช้อนชา) เพื่อให้ใกล้เคียงกับรูปแบบ การบริโภคเนื้อหอยนางรมสดจริง ซึ่งการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสนี้ ทำการวิเคราะห์ทุก ๆ วัน เป็นเวลา 8 วัน

5.2.2 การวิเคราะห์การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count หรือ TPC) (AOAC, 1994) และจำนวนจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ได้แก่ *V. cholera* (กรมประมง, 2549) *Salmonella* spp. (กรมประมง, 2549) *E. coli*/coliform (AOAC, 1994) และ *S. aureus* (AOAC, 2003) โดยทำการวิเคราะห์ทุก ๆ 2 วัน เป็นเวลา 8 วัน และทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

5.2.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base nitrogen: TVB - N) (Hasegawa, 1987) ความเป็นกรด ต่าง (pH) (AOAC, 2000) ปริมาณไนโตรเจนอะมิโน (TMA - N) (Hasegawa, 1987) และปริมาณเกลือ (FAO, 1981) โดยทำการวิเคราะห์ทุก ๆ วัน เป็นเวลา 8 วัน และทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

6. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ออกแบบการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD: Randomized Complete Block Design) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์และคุณภาพทางเคมี ออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD: Completely Randomized Design) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

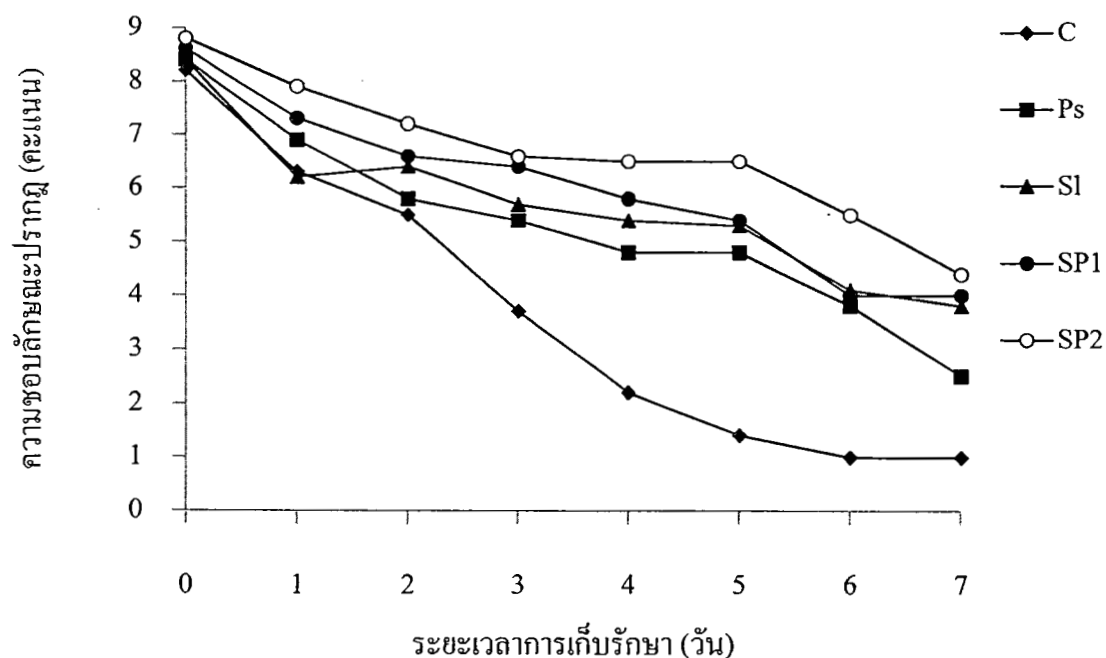
บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายทุกชนิด มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏในระดับชอบมาก (8 คะแนน) โดยเนื้อหอยจะมีลักษณะสีขาวอมเหลือง หรือสีเหลืองนวลมีเมือกเล็กน้อย มีอวัยวะสมบูรณ์ ไม่ฉีกขาด ไม่มีตำหนิ เช่น รอยจุดสีเขียว รอยคล้ำ เป็นต้น รวมทั้งมีหอยยังมีลักษณะอวบแน่น เนื่องจากเกิดแรงดันออสโมซิส (osmosis) น้ำที่มีความเค็มต่ำจะไหลสู่น้ำที่มีความเค็มสูง ซึ่งในตัวหอยนางรมมีความเค็มสูงกว่าสารละลายที่แช่หอย น้ำจึงแพร่เข้าสู่ตัวหอย และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่าคะแนนความชอบลักษณะปรากฏจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกสภาวะการแช่ (ภาพที่ 4 - 1) ทั้งนี้เนื่องจากหอยนางรมมีลักษณะสีเข้มขึ้นจนถึงเขียว มีเมือกและ อวัยวะไม่สมบูรณ์ มีการหลุด ฉีกขาด ของอวัยวะรอบนอก ซึ่งลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงไปดังกล่าวเกิดจากกระบวนการเสื่อมคุณภาพโดยน้ำย่อย เมื่อหอยนางรมตายลงน้ำย่อยที่เคยย่อยอาหารต่าง ๆ ที่กินเข้าไปก็เริ่มย่อยอาหารและส่วนต่าง ๆ การย่อยสลายตัวเองเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในตัวของหอยนางรม โดยน้ำย่อยจะย่อยเนื้อจนนับเป็นการเตรียมสภาพของซากให้แบคทีเรียเข้ามาทำลายได้ง่ายและกระบวนการเสื่อมสภาพโดยแบคทีเรีย แบคทีเรียจะอาศัยอาหารจากน้ำย่อยของหอยนางรมเองที่ย่อยได้เพื่อการดำรงชีวิตในระยะแรกๆ ต่อมาจึงสร้างน้ำย่อยของแบคทีเรียเอง เพื่อใช้ย่อยหอยนางรมต่อไป ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้อาศัยเกาะอยู่ตามส่วนต่างๆ ของหอยรวมถึงปนเปื้อนมากับกระบวนการต่าง ๆ ในการผลิตที่ไม่สะอาด (นิรชา วงษ์จินดา, 2547) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏสูงกว่าหอยนางรมที่แช่ในสารละลายอื่น (C, Ps, Sl และ SP1) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4 - 1, ตารางที่ 4 - 1) รองลงมาได้แก่ หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (Sl) หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps) และตัวอย่างควบคุม (C) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกรดไปทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย จึงทำให้กระบวนการเสื่อมสภาพโดยแบคทีเรียหยุดลง (ศิวาพร ศิวเวช, 2546) ลักษณะโครงสร้างของเนื้อเยื่อจึงถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นได้ช้าลงไปด้วย



ภาพที่ 4 - 1 คะแนนความชอบลักษณะปรากฏของยอยางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

ตารางที่ 4 - 1 คะแนนความชอบลักษณะปรากฏของหนามสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	C	Ps	Sl	SP1	SP2
0 ^{NS}	8.2 _e ±0.79	8.4 _e ±0.52	8.4 _d ±0.52	8.6 _f ±0.52	8.8 _e ±0.42
1	6.3 _d ^A ±1.25	6.9 _d ^{AB} ±1.37	6.2 _c ^A ±1.14	7.3 _e ^{BC} ±1.16	7.9 _d ^C ±0.74
2	5.5 _d ^A ±1.27	5.8 _c ^{AB} ±1.14	6.4 _{bc} ^{ABC} ±1.43	6.6 _{de} ^{BC} ±0.52	7.2 _{cd} ^C ±0.92
3	3.7 _c ^A ±1.64	5.4 _c ^B ±1.17	5.7 _{bc} ^{BC} ±0.48	6.4 _{cd} ^{BC} ±0.97	6.6 _c ^C ±1.35
4	2.2 _b ^A ±0.42	4.8 _{bc} ^B ±1.62	5.3 _b ^B ±1.34	5.8 _{bc} ^{BC} ±0.63	6.5 _c ^C ±1.18
5	1.4 _{ab} ^A ±0.52	4.8 _{bc} ^B ±0.92	5.4 _{bc} ^B ±1.71	5.4 _b ^B ±1.07	6.5 _c ^C ±0.71
6	1.0 _a ^A ±0.00	3.9 _b ^B ±1.19	4.1 _a ^B ±0.99	4.0 _a ^B ±0.82	5.5 _b ^C ±0.71
7	1.0 _a ^A ±0.00	2.5 _a ^B ±0.97	3.8 _a ^C ±0.79	4.0 _a ^C ±0.67	4.4 _a ^C ±0.97

A, B, C,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a, b, c,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

หมายเหตุ :

C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4±1 องศาเซลเซียส)

Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%

SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

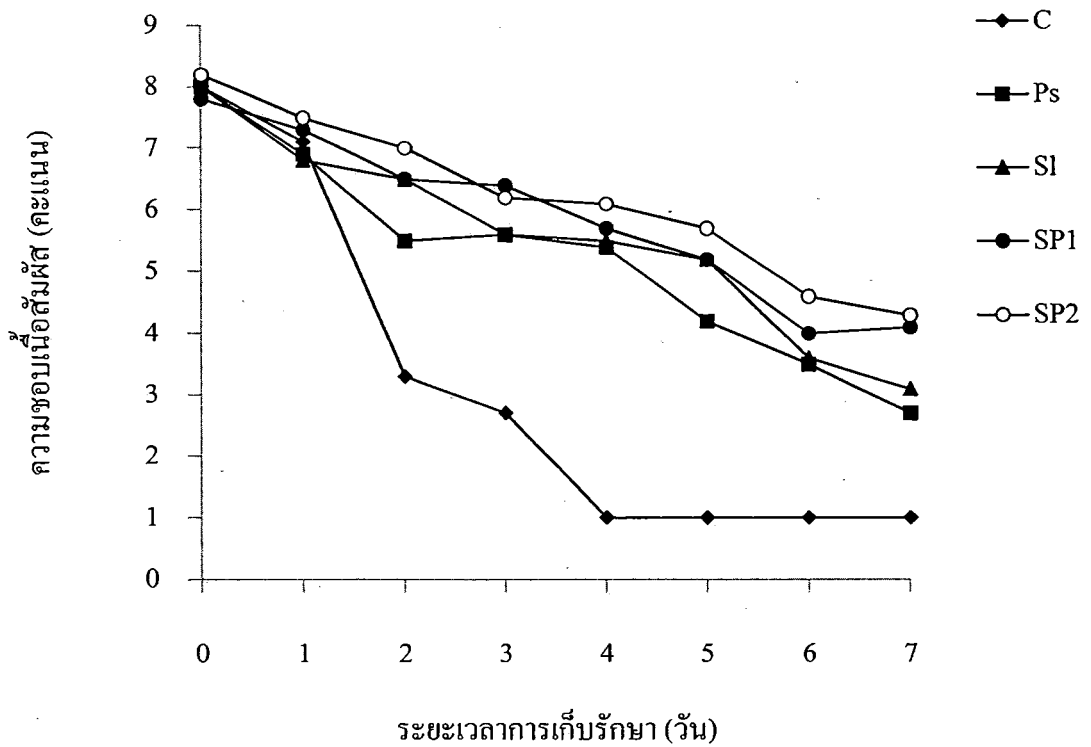
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%

SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

1.2 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายทุกชนิด มีคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสในระดับชอบมาก (8 คะแนน) โดยเนื้อหอยจะมีลักษณะนุ่ม มีความนุ่ม ยืดหยุ่น ไม่เละ มีความฉ่ำน้ำ เนื่องจากเกิดแรงดันออสโมซิส โดยน้ำที่มีความเค็มต่ำจะไหลสู่น้ำที่มีความเค็มสูง ซึ่งในตัวหอยนางรมมีความเค็มสูงกว่าสารละลายที่แช่หอย น้ำจึงแพร่เข้าสู่ตัวหอย ในวันที่ 0 และ 1 ของการเก็บรักษา จะเห็นได้ว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของทุกสภาวะการแช่ รวมทั้งตัวอย่างควบคุมในระดับใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าว ปฏิบัติการเน่าเสียยังไม่ได้เกิดขึ้นมากนัก และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่า คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกสภาวะการแช่ (ภาพที่ 4 - 2) ทั้งนี้เนื่องจากหอยนางรมมีลักษณะนุ่มมากจนถึงเละ มีน้ำมาก โดยตัวอย่างหอยนางรมกลุ่มควบคุม (C) นั้นมีเนื้อสัมผัสนุ่มและในระดับไม่ชอบปานกลาง (3 คะแนน) ตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา เนื่องจากเกิดการเสื่อมคุณภาพโดยน้ำย่อยของตัวหอยเองจึงทำให้เกิดการเน่าเสีย โดยเอนไซม์ในกลุ่มของโปรติเอสเกิดการย่อยโปรตีนที่มีโครงสร้างเป็นโพลีเปปไทด์ และยังคงเกาะตัวกันเป็นโครงสร้างเนื้อเยื่อที่ยังคงมีความยืดหยุ่นและเกาะตัวกันด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันให้กลายเป็นเปปไทด์สายสั้นลง การเกาะตัวกันของโครงสร้างโปรตีนจึงน้อยลงด้วย รวมถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้หอยมีกลิ่นเหม็น (บุษกร อุดรรักษาดี, 2550) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียม แล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) มีคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสสูงกว่าหอยนางรมที่แช่ในสภาวะอื่น ๆ (C, Ps, Sl และ SP1) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4 - 2, ตารางที่ 4 - 2) รองลงมาได้แก่ หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียม แล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (Sl) และหอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps) ที่มีคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกัน และตัวอย่างควบคุม (C) ที่มีคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากกรดไปทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย จึงทำให้กระบวนการเสื่อมสภาพโดยแบคทีเรียหยุดลง (ศิวาพร ศิวเวาข, 2546) ทำให้หอยนางรมถูกย่อยโดยกระบวนการเสื่อมคุณภาพโดยน้ำย่อยซึ่งเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการย่อยสลายตัวเองคือ เอนไซม์โปรติเอสเกิดขึ้นอย่างช้าๆ จึงชะลอการเสื่อมเสียของหอยนางรม ทำให้โครงสร้างของโปรตีนยังไม่ถูกทำลายมากนัก ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนจึงยังดีอยู่ อันส่งผลให้เนื้อสัมผัสของหอยนางรมที่แช่ในสารละลาย และสารละลายผสมดีกว่าตัวอย่างควบคุม



ภาพที่ 4 - 2 คะแนนความชอบน้ำของวัสดุหอยนางรมสดและเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดและเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดและเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดและเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดและเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดและเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

ตารางที่ 4 - 2 คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่
แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	C	Ps	Sl	SP1	SP2
0 ^{NS}	$8.0_c \pm 0.67$	$8.0_e \pm 0.47$	$8.0_e \pm 0.47$	$7.8_d \pm 0.79$	$8.2_e \pm 0.79$
1 ^{NS}	$7.1_c \pm 0.88$	$6.9_d \pm 0.74$	$6.8_d \pm 0.79$	$7.3_d \pm 1.16$	$7.5_{de} \pm 0.71$
2	$3.3_b^A \pm 2.21$	$5.5_c^B \pm 0.97$	$6.5_{cd}^{BC} \pm 0.85$	$6.5_c^{BC} \pm 0.53$	$7.0_{cd}^C \pm 0.82$
3	$2.7_b^A \pm 1.70$	$5.6_c^B \pm 1.34$	$5.6_{bc}^B \pm 2.01$	$6.4_c^B \pm 1.07$	$6.2_{bc}^B \pm 0.92$
4	$1.0_a^A \pm 0.00$	$5.4_c^B \pm 1.65$	$5.5_{bc}^B \pm 0.85$	$5.7_{bc}^B \pm 0.67$	$6.1_{bc}^B \pm 1.19$
5	$1.0_a^A \pm 0.00$	$4.2_b^B \pm 1.03$	$5.2_b^{BC} \pm 1.14$	$5.2_b^{BC} \pm 1.32$	$5.7_b^C \pm 1.49$
6	$1.0_a^A \pm 0.00$	$3.5_b^B \pm 1.08$	$3.6_a^B \pm 0.69$	$4.0_a^{BC} \pm 0.81$	$4.6_a^C \pm 0.52$
7	$1.0_a^A \pm 0.00$	$2.7_a^B \pm 0.95$	$3.1_a^B \pm 1.10$	$4.1_a^C \pm 0.57$	$4.3_a^C \pm 0.67$

A, B, C,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a, b, c,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

หมายเหตุ :

C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่น้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)

Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%

SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%

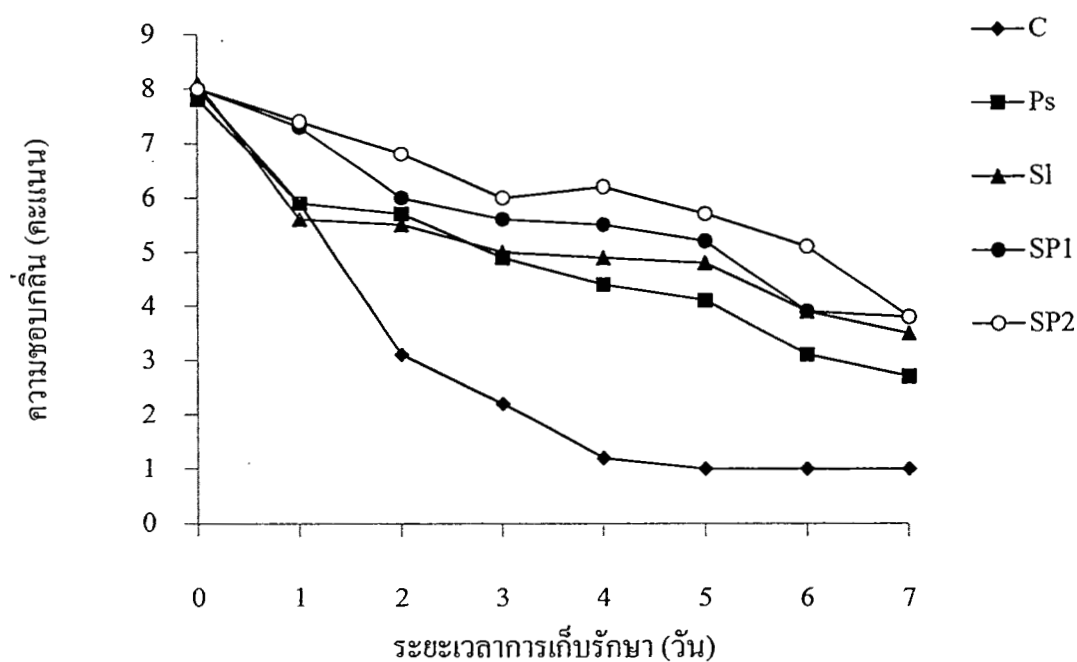
SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

1.3 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายทุกชนิด มีคะแนนความชอบกลิ่นในระดับชอบมาก (8 คะแนน) โดยเนื้อหอยจะมีกลิ่นตามธรรมชาติของหอย ไม่มีกลิ่นแปลกปลอมอื่น โดยทั่วไปแล้วสัตว์ทะเลที่สดจะมีกลิ่นหอมหวานคล้ายกลิ่นแตงกวา หรือกลิ่นของน้ำทะเล ซึ่งเป็นกลิ่นที่คนทั่วไปจะคุ้นเคยกันเป็นอย่างดี (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2554) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่าคะแนนความชอบกลิ่นจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกสภาวะการแช่ (ภาพที่ 4-3) ทั้งนี้เนื่องจากหอยนางรมมีกลิ่นเน่า กลิ่นเหม็นหืน กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรงมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งกลิ่นผิดปกติเหล่านี้เกิดจากการเสื่อมสภาพโดยการเติมออกซิเจน การเกิดออกซิเดชัน เนื่องจากการดัดไขมันไม่อิ่มตัวรับออกซิเจนเข้าไปเกิดเป็นสารเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะเกิดการสลายตัวต่อไปเป็นสารระเหยง่าย มีกลิ่นเหม็นหืน นอกจากกลิ่นที่ผิดปกติแล้ว ยังทำให้วิตามินที่ละลายอยู่ในไขมันถูกทำลายตามไปด้วย (บุษกร อุตรวิชาติ, 2550) นอกจากนี้กลิ่นผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นได้อีก คือ กลิ่นของไตรเมทิลามีน (trimethylamine-TMA) เป็นต้น

แต่อย่างไรก็ตามพบว่าหอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) มีคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสสูงกว่าหอยนางรมที่แช่ในสภาวะอื่นๆ (C, Ps, Sl และ SP1) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4-3, ตารางที่ 4 - 3) รองลงมาได้แก่ หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (Sl) หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps) และตัวอย่างควบคุม (C) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกรดมีผลไปทำให้กระบวนการเสื่อมคุณภาพโดยน้ำย่อยเกิดขึ้นช้าลง และหยุดกระบวนการเสื่อมสภาพโดยแบคทีเรีย (ศิวาพร ศิวเวช, 2546) และกรดยังไปมีผลต่อกระบวนการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการย่อยสลายตัวเองในสัตว์น้ำ (autolysis) จึงทำให้หอยเกิดการเสื่อมเสียได้ช้าลง สารให้กลิ่นรสของสัตว์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป โดยสัตว์น้ำจำพวกหอยจะมีสารประกอบนิวคลีโอไซด์ ในปริมาณที่สูงกว่าปลา ส่วนสารระเหยที่ให้กลิ่นรสในหอยนางรมที่อยู่ในกลุ่มแอลกอฮอล์ ได้แก่ 1-octone-3-ol, 1,5-octadien-3-ol, 2,5-octadiene-1-ol และ Cyclopentanol (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2548) กลิ่นสารประกอบเหล่านี้จะลดลงหากเกิดการเน่าเสียมากขึ้น อาจเนื่องจากกลิ่นผิดปกติ กลิ่นเหม็นเน่าที่เป็นผลลัพธ์ของปฏิกิริยาการเน่าเสียมีความเข้มข้นมากจนไปบดบังกลิ่นรสของสารระเหยที่มีอยู่ในหอยนางรมตามธรรมชาติ



ภาพที่ 4 - 3 คะแนนความชอบกลิ่นหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

ตารางที่ 4 - 3 คะแนนความชอบกลิ่นหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกัน
ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	C	Ps	Sl	SP1	SP2
0 ^{NS}	8.0 _d ±0.94	7.8 _e ±1.23	8.1 _c ±0.57	8.0 _c ±0.94	8.0 _f ±1.16
1	5.9 _c ^A ±1.37	5.9 _d ^A ±0.99	5.6 _b ^A ±0.69	7.3 _c ^B ±1.06	7.4 _{ef} ^B ±0.84
2	3.1 _b ^A ±1.19	5.7 _d ^B ±0.95	5.5 _b ^B ±0.71	6.0 _b ^{BC} ±1.25	6.8 _{de} ^C ±0.79
3	2.2 _b ^A ±1.93	4.9 _{cd} ^B ±1.66	5.0 _b ^B ±0.82	5.6 _b ^B ±1.08	6.0 _{cd} ^B ±1.25
4	1.2 _a ^A ±0.42	4.4 _c ^B ±0.97	4.9 _b ^{BC} ±1.45	5.5 _b ^{CD} ±1.08	6.2 _{cd} ^D ±0.79
5	1.0 _a ^A ±0.00	4.1 _{bc} ^B ±1.19	4.8 _b ^{BC} ±1.62	5.2 _b ^C ±1.23	5.7 _{bc} ^C ±0.68
6	1.0 _a ^A ±0.00	3.1 _{ab} ^B ±1.10	3.5 _a ^B ±1.08	3.9 _a ^B ±1.10	5.1 _b ^C ±0.99
7	1.0 _a ^A ±0.00	2.7 _a ^B ±1.42	3.2 _a ^B ±1.03	3.8 _a ^C ±0.92	3.8 _a ^C ±1.03

A, B, C,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a, b, c,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

หมายเหตุ :

C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)

Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%

SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

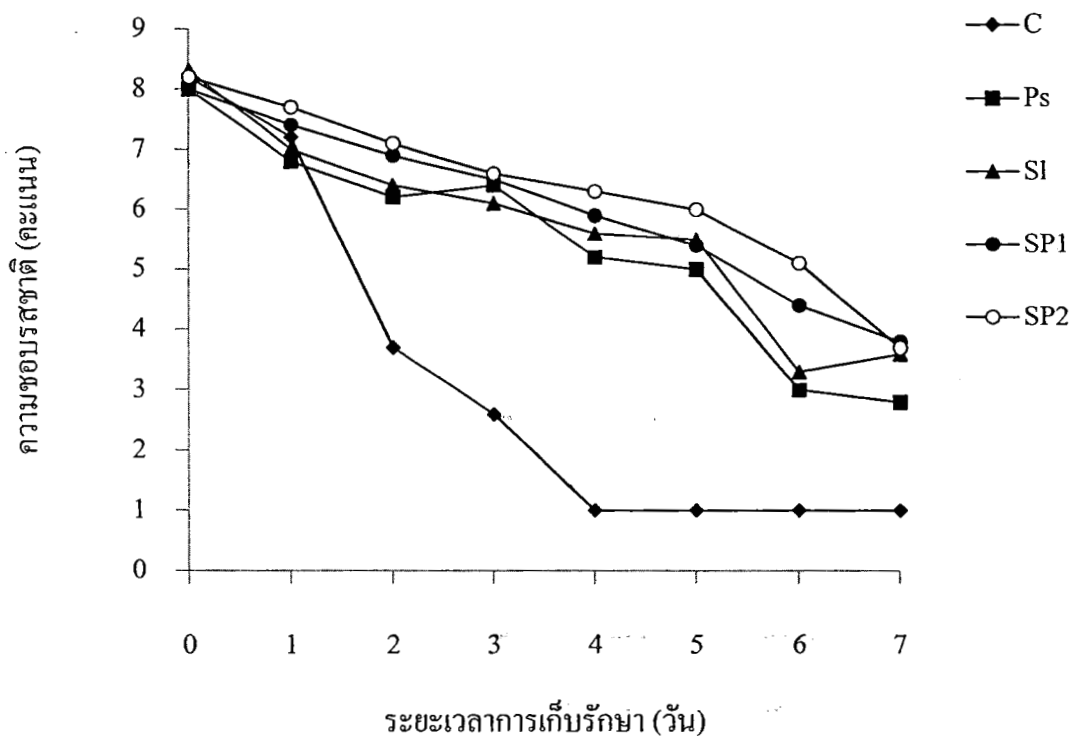
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%

SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

1.4 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายทุกชนิด มีคะแนนความชอบรสชาติในระดับชอบมาก (8 คะแนน) โดยเนื้อหอยจะมีรสหวาน คาวเล็กน้อย และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่า คะแนนความชอบรสชาติจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทุกสภาวะการแช่ (ภาพที่ 4 - 4) ทั้งนี้เนื่องจากหอยนางรมเริ่มเสื่อมเสีย จึงมีรสขม คาวมาก ซึ่งรสชาติที่ผิดปกติเหล่านี้เกิดจากการย่อยสลายของโปรตีนในตัวหอยจนได้สารประกอบเอมีนต่างๆ ซึ่งสารประกอบเอมีนให้รสขม (บุษกร อุตรักษาติ, 2550) โดยทั่วไปหอยจะมีรสชาติต่างจากเนื้อสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้ความแตกต่างในด้านรสชาติของสัตว์น้ำนั้นเกิดจากการที่หอยมีปริมาณไกลโคเจนมากกว่าสัตว์น้ำชนิดอื่น ซึ่งไกลโคเจน (Glycogen) เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกาย เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสหลายแสนโมเลกุลขึ้นไปมาเชื่อมต่อกันในลักษณะเป็นสายยาวมีกิ่งก้านสาขา ไกลโคเจนเป็นรูปแบบการเก็บสะสมอาหารที่พบในมนุษย์และสัตว์เท่านั้น โดยที่สามารถนำไปใช้งานได้โดยตรงในทันทีเมื่อร่างกายต้องการ และกรดอะมิโนในหอยนั้นจะอยู่ในรูปกรดอะมิโนอิสระ หรือรวมกันเป็นเปปไทด์สายสั้นๆ มากกว่าในสัตว์น้ำอื่น ซึ่งปรากฏชัดเจนในตัวอย่างหอยกลุ่มควบคุม (C) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแกล้กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) มีคะแนนความชอบรสชาติสูงกว่าหอยนางรมที่แช่ในสภาวะอื่นๆ (C, Ps, Sl และ SP1) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4 - 4, ตารางที่ 4 - 4) รองลงมาได้แก่ หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแกล้กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายโซเดียมแกล้กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (Sl) และหอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps) ที่มีคะแนนความชอบรสชาติใกล้เคียงกัน และตัวอย่างควบคุม (C) ที่มีคะแนนความชอบราชาติน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากกรดที่เติมลงไปมีผลต่อปฏิกิริยาสำหรับความรู้สึกในลิ้น ทำให้ผู้บริโภคได้รับรสชาติของสารเคมีทำให้ผู้ทดสอบชอบรสชาติของหอยมากขึ้น ซึ่งกรดนอกจากให้รสเปรี้ยวแล้ว ยังให้รสหวานด้วย (ศิวาพร ศิวเวช, 2546) อีกทั้งเกลือของกรดไปมีผลต่อความเข้มข้นของไอออนในตัวหอยซึ่งส่งผลไปรบกวนการทำงานของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสียของหอยนางรม ดังนั้นในกรณีของหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแกล้กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียมากยิ่งขึ้น ทำให้คะแนนความชอบรสชาติสูงกว่าสภาวะการแช่อื่น ๆ



ภาพที่ 4 - 4 คะแนนความชอบรสชาติหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่น้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

ตารางที่ 4 - 4 คะแนนความชอบรสชาติหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แชง
ต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	C	Ps	Sl	SP1	SP2
0 ^{NS}	8.2 _c ±0.63	8.0 _e ±0.47	8.3 _d ±0.48	8.0 _f ±0.94	8.2 _f ±0.42
1	7.2 _c ^{AB} ±0.63	6.8 _d ^A ±0.79	7.0 _c ^A ±1.05	7.4 _{ef} ^{AB} ±0.69	7.7 _{ef} ^B ±0.68
2	3.7 _b ^A ±2.31	6.2 _{cd} ^B ±1.13	6.4 _{bc} ^B ±0.84	6.9 _{de} ^B ±0.32	7.1 _{de} ^B ±0.88
3	2.6 _b ^A ±2.31	6.4 _d ^B ±1.27	6.1 _{bc} ^B ±2.18	6.5 _{cd} ^B ±0.97	6.6 _{cd} ^B ±0.97
4	1.0 _a ^A ±0.00	5.2 _{bc} ^B ±1.81	5.6 _b ^B ±1.17	5.9 _{bc} ^B ±1.19	6.3 _c ^B ±0.68
5	1.0 _a ^A ±0.00	5.0 _b ^B ±1.16	5.5 _b ^{BC} ±0.53	5.4 _b ^{BC} ±1.17	6.0 _c ^C ±0.47
6	1.0 _a ^A ±0.00	3.0 _a ^B ±0.94	3.3 _a ^B ±0.95	4.4 _a ^C ±0.52	5.1 _b ^D ±0.57
7	1.0 _a ^A ±0.00	2.8 _a ^B ±1.39	3.6 _a ^{BC} ±0.84	3.8 _a ^C ±0.63	3.7 _a ^C ±0.82

A, B, C,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a, b, c,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

หมายเหตุ :

C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4±1 องศาเซลเซียส)

Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%

SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%

SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

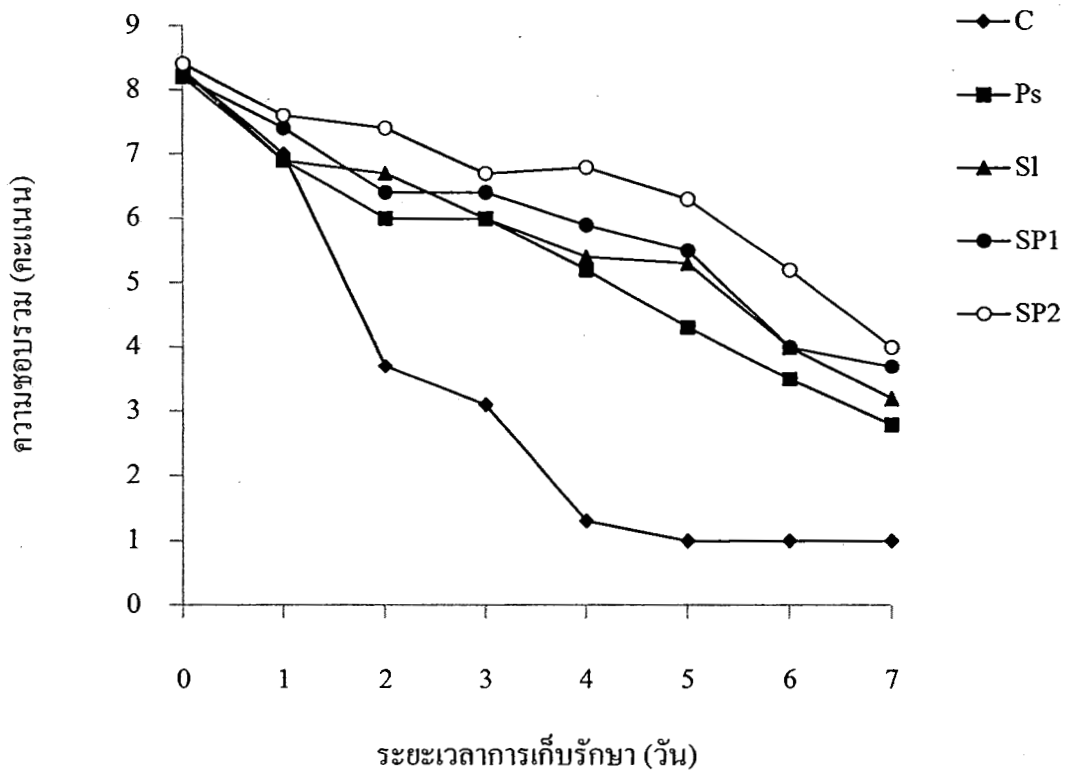
1.5 ความชอบรวม

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายทุกชนิด มีคะแนนความชอบรวมในระดับชอบมาก (8 คะแนน) โดยความชอบรวมนี้เป็นการประเมินเนื้อหอยทุกด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และกลิ่น จึงให้คะแนนออกมาเป็นภาพรวมของเนื้อหอยนางรมสดและเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นในทุกสภาวะการแช่ (C, Ps, Sl, SP1 และ SP2) พบว่า คะแนนความชอบรวมจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทุกสภาวะการแช่ (ภาพที่ 4 - 5) ทั้งนี้เนื่องจากคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ทำการประเมินมีคะแนนความชอบลดต่ำลง เพราะหอยนางรมเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพตามระยะเวลาการเน่าเสียที่มากขึ้น โดยเนื้อหอยนางรมจากเดิมที่ยังมีความสดอยู่ จะมีสีขาวอมเหลืองนวล มีอวัยวะสมบูรณ์ ไม่มีกลิ่นเหม็น ไม่มีตำหนิ เช่น รอยจุดสีเขียว รอยคล้ำ เนื้อหอยมีความยืดหยุ่น มีความฉ่ำน้ำ มีกลิ่นตามธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นผิดปกติอื่น ๆ และรสชาติหวานเล็กน้อย แต่เมื่อการเสื่อมเสียเพิ่มมากขึ้น เนื้อหอยนางรมจะมีสีคล้ำ อวัยวะฉีกขาด เนื้อหอยนิ่มและ ไม่มีความฉ่ำน้ำ มีกลิ่นเหม็นเน่า และรสชาติผิดปกติ จึงทำให้คะแนนความชอบรวมลดต่ำลงไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามพบว่า หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) มีคะแนนความชอบรวมสูงกว่าหอยนางรมที่แช่ในสภาวะอื่นๆ (C, Ps, Sl และ SP1) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4 - 5, ตารางที่ 4 - 5) รองลงมาได้แก่ หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (Sl) และหอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps) และตัวอย่างควบคุม (C) ที่มีคะแนนความชอบรวมน้อยที่สุดตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากคุณลักษณะอื่นๆ มีระดับคะแนนที่สูงในชุดที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) ดังนั้นความชอบรวมจึงมีคะแนนสูงตามไปด้วยเช่นกัน

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าคะแนนความชอบรวมของหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายเกลือของกรด และสารละลายผสม มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากกรดไปทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย จึงทำให้กระบวนการเสื่อมสภาพโดยแบคทีเรียหยุดลง (ศิวาพร ศิวเวช, 2546) ลักษณะโครงสร้างของเนื้อเยื่อจึงถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นได้ช้าลงไปด้วย ทำให้กระบวนการเสื่อมคุณภาพโดยน้ำย่อยซึ่งเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการย่อยสลายตัวเองคือ เอนไซม์โปรตีเอสเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ จึงชะลอการเสื่อมเสียของหอยนางรมที่มีผลต่อเนื้อสัมผัสได้ และกรดที่เติมลงไปมีผลต่อปฏิกิริยาสำหรับความรู้สึกในลิ้น ทำให้ผู้บริโภคได้รับรสชาติของสารเคมีทำให้ผู้ทดสอบชอบรสชาติของหอยมากขึ้น ซึ่งกรดนอกจากให้รสเปรี้ยวแล้ว ยังให้รสหวานด้วย (ศิวาพร ศิวเวช, 2546) เมื่อทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหอยทุกด้าน จึงให้คะแนนออกมาเป็นภาพรวมของเนื้อหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่

ในสารละลายทุกชนิดที่ใช้ในการทดลองนี้จึงสูงกว่าตัวอย่างควบคุม และพบว่าหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ใน SP2 มีคะแนนความชอบในทุกสภาวะการเก็บรักษาสูงกว่าหอยนางรมที่แช่ในสภาวะอื่น ๆ (C, Ps, SI และ SP1) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนหอยนางรมสดที่แช่ในน้ำเย็น (C) มีคะแนนความชอบต่ำที่สุดในทุกสภาวะการเก็บรักษา เนื่องจากหอยนางรมมีลักษณะสีเข้มขึ้นจนถึงเขียว มีเมือกและ อวัยวะไม่สมบูรณ์ มีการหลุด ฉีกขาด ของอวัยวะรอบนอก ซึ่งลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงไปดังกล่าวเกิดจากกระบวนการเสื่อมคุณภาพโดยน้ำย่อย เมื่อหอยนางรมตายลงน้ำย่อยที่เคยย่อยอาหารต่าง ๆ ที่กินเข้าไปก็เริ่มย่อยอาหารและส่วนต่าง ๆ การย่อยสลายตัวเองเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในตัวของหอยนางรม โดยน้ำย่อยจะย่อยเนื้อจนนับเป็นการเตรียมสภาพของซากให้แบคทีเรียเข้ามาทำลายได้ง่ายและกระบวนการเสื่อมสภาพโดยแบคทีเรีย แบคทีเรียจะอาศัยอาหารจากน้ำย่อยของหอยนางรมเองที่ย่อยได้เพื่อการดำรงชีวิตในระยะแรกๆ ต่อมาจึงสร้างน้ำย่อยของแบคทีเรียเอง เพื่อใช้ย่อยหอยนางรมต่อไป ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้อาศัยเกาะอยู่ตามส่วนต่างๆ ของหอยรวมถึงปนเปื้อนมากับกระบวนการต่าง ๆ ในการผลิตที่ไม่สะอาด (นิรชา วงษ์จินดา, 2547) รวมถึงเกิดการเสื่อมคุณภาพโดยน้ำย่อยของตัวหอยเอง ทำให้เกิดการเน่าเสีย รวมถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้หอยมีกลิ่นเน่า กลิ่นเหม็นหืน กลิ่นแอมโมเนียที่รุนแรงมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งกลิ่นผิดปกติเหล่านี้เกิดจากการเสื่อมสภาพโดยการเติมออกซิเจน การเกิดออกซิเดชัน เกิดจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวรับออกซิเจน เข้าไปเกิดเป็นสารเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะเกิดการสลายตัวต่อไปเป็นสารระเหยง่าย มีกลิ่นเหม็นหืน ทำให้วิตามินที่ละลายอยู่ในไขมันถูกทำลายไปด้วย และหอยนางรมเริ่มเสื่อมเสีย จึงมีรสขม ความมาก มีกลิ่นรสของสารเคมี ซึ่งรสชาติผิดปกติเหล่านี้เกิดจากการย่อยสลายของโปรตีนในตัวหอยจนได้สารประกอบเอมีนต่าง ๆ ซึ่งสารประกอบเอมีนให้รสขม (บุษกร อุดรภิชาดิ, 2550)

เมื่อพิจารณาระดับความชอบรวมที่ใช้เปรียบเทียบในการกำหนดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมสดแกะเปลือก ที่มีระดับคะแนนต่ำกว่า 5 (เฉย ๆ) พบว่า หอยนางรมที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 3 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SP2) เก็บได้ 6 วัน ขณะที่สารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) และโซเดียมแล็กเตต (SI) 2.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บได้ 5 วัน ส่วนโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps) และหอยนางรมสดที่แช่ในน้ำประปาเย็น 4 ± 1 องศาเซลเซียส (C) เก็บรักษาได้ 4 วัน และ 2 วัน ตามลำดับ



ภาพที่ 4 - 5 คะแนนความชอบรวมหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

ตารางที่ 4 - 5 คะแนนความชอบรวมหอยนางรมสดแกะเปลือกที่ใช้สภาวะการแช่แตกต่างกัน
ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	C	Ps	Sl	SP1	SP2
0 ^{NS}	8.3 _d ±0.82	8.2 _e ±0.42	8.3 _f ±0.68	8.2 _e ±0.79	8.4 _f ±0.52
1	7.0 _c ^A ±0.47	6.9 _d ^A ±0.88	6.9 _e ^A ±0.74	7.4 _d ^{AB} ±0.84	7.6 _e ^B ±0.69
2	3.7 _b ^A ±2.16	6.0 _{cd} ^B ±0.67	6.7 _{de} ^{BC} ±0.82	6.4 _c ^{BC} ±0.52	7.4 _{de} ^C ±0.69
3	3.1 _b ^A ±2.13	6.0 _{cd} ^B ±0.94	6.0 _{cd} ^B ±1.25	6.4 _c ^B ±0.69	6.7 _c ^B ±0.95
4	1.3 _a ^A ±0.48	5.2 _c ^B ±1.62	5.4 _c ^B ±1.17	5.9 _b ^{BC} ±0.99	6.8 _{cd} ^C ±0.42
5	1.0 _a ^A ±0.00	4.3 _b ^B ±0.82	5.3 _c ^C ±0.48	5.5 _b ^C ±0.53	6.3 _c ^D ±0.68
6	1.0 _a ^A ±0.00	3.5 _{ab} ^B ±0.97	4.0 _b ^B ±1.05	4.0 _a ^B ±0.82	5.2 _b ^C ±0.63
7	1.0 _a ^A ±0.00	2.8 _a ^B ±1.14	3.2 _a ^{BC} ±0.79	3.7 _a ^{CD} ±0.68	4.0 _a ^D ±0.82

A, B, C,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a, b, c,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

หมายเหตุ :

C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)

Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแกล็กเตตเข้มข้น 2.5%

SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

โซเดียมแกล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%

SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

โซเดียมแกล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยา

2.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count หรือ TPC)

จากการทดลองพบว่า ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา จำนวนแบคทีเรียในหอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายทุกชนิด คือ 1.0×10^7 cfu/g (ภาพที่ 4 - 6) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ในหอยนางรมสดที่แช่ในน้ำเย็น (C) มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์ทุกชนิดต้องการความชื้นในการเจริญเติบโตและเจริญได้ดีเมื่อมีความชื้นเพียงพอ น้ำอิสระที่นำไปใช้หลุดออกมาจากเซลล์เพราะหากมีตัวถูกละลายละลายอยู่ในน้ำทำให้เกิดแรงดันออสโมซิส ทำให้น้ำในเซลล์แพร่ซึมออกมา ยิ่งน้ำอิสระออกมาจากเซลล์มาก ความชื้นก็สูงขึ้น จึงเหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ยังสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสารอาหารต่าง ๆ ในหอยนางรม และใช้สารอาหารที่ถูกย่อยให้เล็กลงในการเจริญเติบโต (สุมาลี เหลืองสกุล, 2539)

ในขณะที่หอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายชนิดอื่น ไม่ว่าจะเป็นการแช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต (Ps) สารละลายโซเดียมแล็กเตต (SL) สารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) รวมทั้งหอยนางรมที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 3 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SP2) มีจำนวนจุลินทรีย์ค่อนข้างคงที่ในจำนวน 1.05×10^6 cfu/g ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4 - 6) ทั้งนี้เนื่องจากโซเดียมแล็กเตต ช่วยควบคุมความเป็นกรดต่างของอาหารทำให้สภาพความเป็นกรดต่างที่ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตและความเป็นกรดจะไปทำลายผนังเซลล์ ส่งผลให้คุณสมบัติของผนังเซลล์เปลี่ยนแปลงไป ความสามารถในการให้สารต่าง ๆ แทรกซึมผ่านของผนังเซลล์เปลี่ยนแปลงไป นั้น จะเป็นสาเหตุให้เส้นทางของอาหารจากภายนอกเซลล์เข้าสู่ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์เกิดการขัดข้องไปด้วย เป็นสาเหตุให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ชะงักและตายในที่สุด (ศิวาพร ศิวเวช, 2546) Lappe et al. (2009) ศึกษาพบว่า โซเดียมแล็กเตต (เข้มข้น 200 มิลลิโมลต่อลิตร) ทำให้เกิดความเสียหายต่อผนังเซลล์ สูญเสียความสามารถในการแลกเปลี่ยนของผนังเซลล์ จึงสามารถควบคุมเซลล์ของ *Salmonella* spp. ได้ และเมื่อรวมกับประสิทธิภาพของโพแทสเซียมซอร์เบต ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายยีสต์และราได้มากกว่าแบคทีเรีย โดยโพแทสเซียมซอร์เบตมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ และผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ รวมทั้งยังไปชะงักการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ (ศิวาพร ศิวเวช, 2546) ก็ยังมีผลให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Blocher et. al. (1982) พบว่า กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตสามารถยับยั้งการสร้างสปอร์ของ *Clostridium botulinum* และ *Bacillus cereus* ได้ Minor and Marth (1970), อ้างถึงใน ศิวาพร ศิวเวช, 2546, หน้า 49 พบว่า กรดแล็กติกสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรคได้ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ และ 99 เปอร์เซ็นต์ ใน

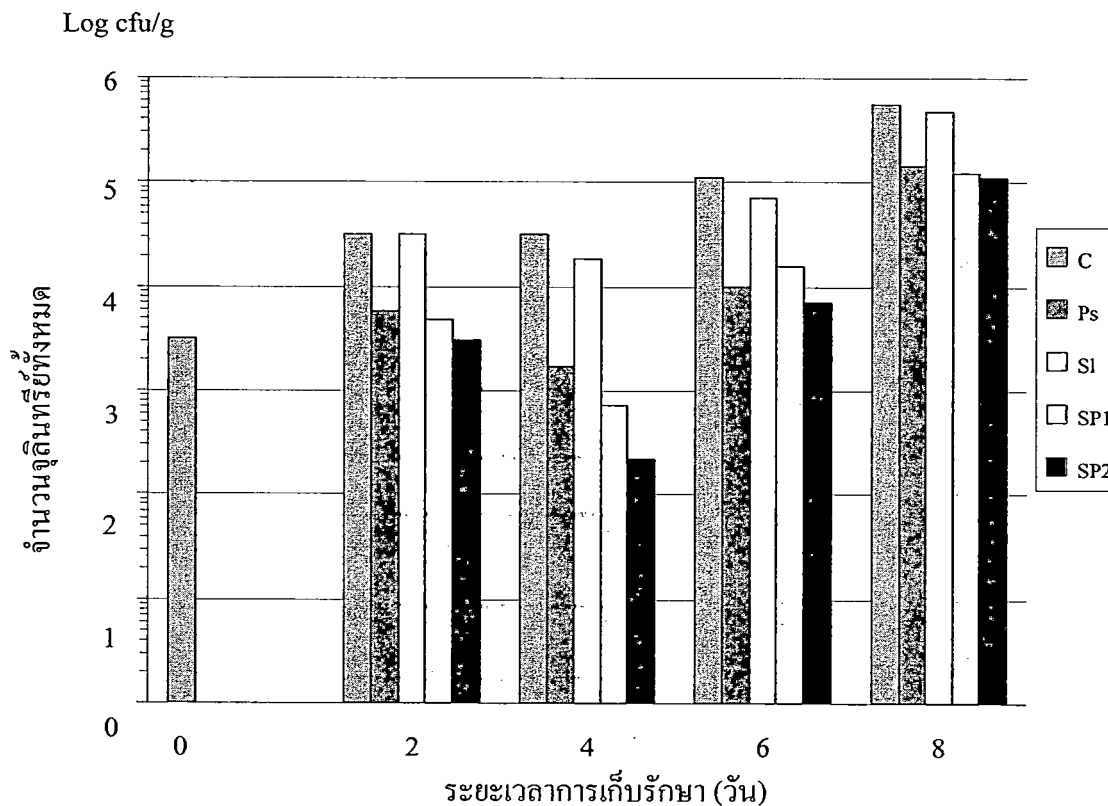
12 ชั่วโมง ส่วนเกลือแกล็กเตตมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดที่สามารถสร้างสปอร์ได้ จุลินทรีย์ชนิดที่ก่อโรคในอาหาร และจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียได้เช่นกัน (ศิวาพร ศิวเวช, 2546) González - Fandos and Dominguez (2006) ศึกษาผลของโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ต่อการยับยั้ง *Listeria monocytogenes* บริสุทธิ์ พบว่า *L. monocytogenes* ลดลง 1.3 log cfu/g และเก็บรักษาได้นานกว่าชุดควบคุม 2 วัน นอกจากนั้นแล้ว เกลือของกรดทั้งสองชนิด (โซเดียมแกล็กเตต และโพแทสเซียมซอร์เบต) ยังไปลดแรงดันออสโมซิสเพราะกรดส่งผลให้ความเข้มข้นของสารละลายภายนอกเซลล์ของหอยเพิ่มมากขึ้น จนมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นของสารละลายที่อยู่ในตัวหอย ทำให้น้ำอิสระที่แพร่เข้ามาจากเซลล์ของหอยลดลง ดังนั้นปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตจึงลดลงด้วย ส่งผลให้ช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ และยังมีการเพิ่มความเข้มข้นของเกลือของกรดทั้ง 2 ชนิด (สารละลายผสมระหว่างโซเดียมแกล็กเตต 3 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SP2)) ประสิทธิภาพดังกล่าวมาทั้งหมดจึงยิ่งสูงขึ้นตามไปด้วย จึงส่งผลให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ใน SP2 น้อยกว่าการแช่ในสารละลายอื่น (Ps, Sl และ SP1)

ส่วนหอยนางรมสดที่แช่ในน้ำเย็น (C) มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากเกิดแรงดันออสโมซิสในหอยมีความเข้มข้นของเกลือสูงกว่าน้ำประปา ทำให้น้ำประปาไหลเข้าสู่ตัวหอยและแพร่เข้าสู่เซลล์ต่างๆ ทำให้เซลล์ของหอยแตก น้ำอิสระในเซลล์จึงออกมามาก ซึ่งจุลินทรีย์ทุกชนิดต้องการความชื้นในการเจริญเติบโตและเจริญได้ดีเมื่อมีความชื้นเพียงพอ ยิ่งน้ำอิสระออกมาจากเซลล์มาก ความชื้นก็สูงขึ้น จึงเหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ยังปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายอาหารต่าง ๆ ในหอยนางรม และใช้สารอาหารที่ถูกย่อยให้เล็กลงในการเจริญเติบโต (สุมาลี เหลืองสกุล, 2539)

2.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

พบว่า ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา จำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ในหอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายทุกชนิด คือ 1×10^3 cfu/g (ภาพที่ 4 - 7) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่า จำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในหอยนางรมสดที่แช่สารละลายทุกชนิดมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 8 วัน ไม่พบ *E. coli* ในตัวอย่างหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายทุกชนิด (Ps, Sl, SP1 และ SP2) รวมทั้งตัวอย่างควบคุม (C) ด้วย ซึ่งโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* นั้นเป็นแบคทีเรียที่บ่งบอกถึงสุขลักษณะว่าหอยนางรมมีการปนเปื้อนเนื่องจากปนเปื้อนจากแหล่งเลี้ยง ปนเปื้อนจากกระบวนการผลิต เช่น การขนส่งหอยนางรม การเก็บรักษาก่อนแกะ กระบวนการแกะ การล้างเนื้อหอยนางรมสด การบรรจุหอยนางรมสดแกะเปลือก ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิที่เพียงพอและไม่ถูกสุขลักษณะ (สุวรรณ

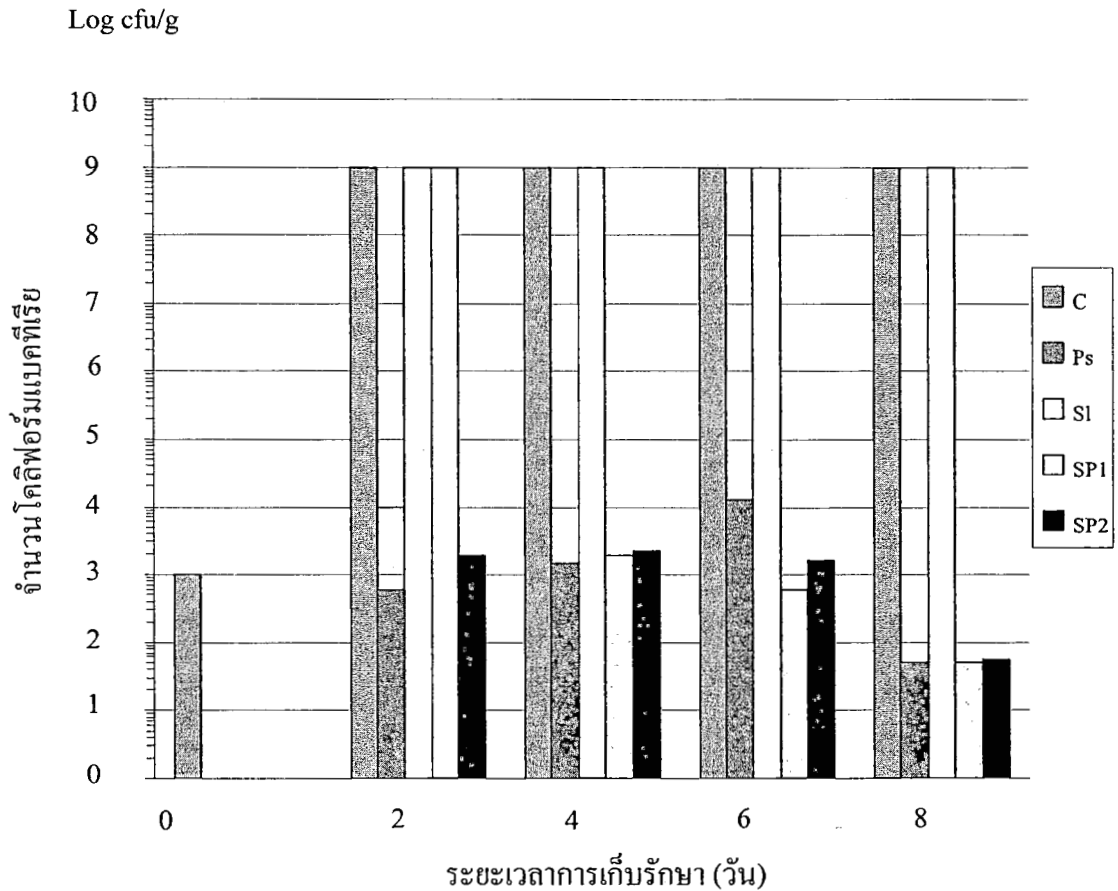
ภาณุตระกูลและคณะ, 2550) ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้จะก่อให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษ ทำให้เกิดอาการท้องร่วง (สุวิมล กิริติพิบูล, 2546) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าจำนวนโคลิฟอร์มและ *E. coli* ที่พบในหอยนางรมในทุกสภาวะการแช่ มีค่าน้อยกว่า 20, 50 cfu/g ตามลำดับ ซึ่งเป็นจำนวนที่มาตรฐานกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กระทรวงสาธารณสุข ยังยอมรับให้มีในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลสดได้ จึงอาจกล่าวได้ว่าหอยนางรมสดแกะเปลือกที่นำมาทำการทดลองในครั้งนี้ ไม่มีการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* จากกระบวนการผลิต Byrne et al. (2002) พบว่า ผลของโซเดียม-แล็กเตต เข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ *E. coli* O157:H7 ลดลง 6.0–7.0 $10 \log \text{cfu/g}$ ส่วน Anang et al. (2006) พบว่า กรดแล็กติก เข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ *E. coli* ในเนื้อไก่ลดลง 2.27 $\log \text{cfu/g}$



ภาพที่ 4 - 6 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- SL คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%



ภาพที่ 4 - 7 จำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกัน ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่น้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

2.3 *Salmonella* spp., *C. perfringens* และ *V. cholerae*

ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ไม่พบ *C. perfringens* และ *V. cholerae* ในตัวอย่างหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายทุกชนิด (Ps, Sl, SP1 และ SP2) รวมทั้งชุดควบคุมด้วย (C) จึงอาจกล่าวได้ว่า *C. perfringens* ซึ่งพบทั่วไปในดิน ลำไส้คนและสัตว์ มีการปนเปื้อนของดิน มูลสัตว์ต่างๆ รวมทั้งอุจจาระจากคนลงสู่แหล่งเลี้ยง ส่วน *V. cholerae* ดำรงชีวิตอยู่เป็นอิสระในน้ำทะเล รวมทั้งการปนเปื้อนเชื้อจากอุจจาระคนลงสู่แหล่งเลี้ยง (วิทยาศาสตร์การแพทย์, 2541) ซึ่งหากผู้บริโภครับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ดังกล่าวเกินมาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ที่ไม่ยอมรับให้จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดในอาหารทะเลสดและผลิตภัณฑ์อาหารทะเล จะก่อให้เกิดอันตราย โดย *C. perfringens* จะปล่อยสารพิษ (enterotoxin) ทำให้เกิดอาการปวดท้องอย่างรุนแรง ท้องเสีย มีก๊าซ มีไข้ คลื่นไส้ และอาเจียน (สุมาลี เหลืองสกุล, 2539) และ *V. cholerae* ทำให้เกิดโรคอหิวาตกโรค (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2545) Vijay (2005) พบว่า โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 3.0-4.8 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ *C. perfringens* ในเนื้อไก่ ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 648 ชั่วโมง ส่วน Necla (2001) พบว่า โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ *C. perfringens* เจริญเติบโตช้าลงถึง 7 วัน

ส่วนจำนวน *Salmonella* spp. ในตัวอย่างหอยนางรมสดแกะเปลือกที่เป็นกลุ่มควบคุม (C) นั้น พบว่า มีการปนเปื้อนในวันที่ 0, 2 และ 4 ของการเก็บรักษา (0 วัน) และไม่พบ *Salmonella* spp. ในวันที่ 6 และ 8 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4 - 6) ทั้งนี้เนื่องจาก *Salmonella* spp. ปนเปื้อนมาจากแหล่งเลี้ยง และปนเปื้อนจากกระบวนการผลิต เช่น น้ำที่ใช้ล้างหอยนางรม เป็นต้น (สุวรรณ ภาณุตระกูลและคณะ, 2550) ซึ่ง *Salmonella* spp. ทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษ มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องร่วง และมีไข้ (สุวิมล กิริติพิบูล, 2546) ตามมาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ไม่ยอมรับให้มีในอาหารทะเลสดและผลิตภัณฑ์อาหารทะเล Mbandi and Shelef (2002) พบว่า โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ *Salmonella* spp. ในโบลน่า เหลือ 3 log cfu/g ส่วน Lappe et al. (2009) พบว่า โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 200 ไมโครโมลต่อลิตร ทำให้เกิดความเสียหายต่อผนังเซลล์ สูญเสียความสามารถในการแลกเปลี่ยนของผนังเซลล์ จึงสามารถควบคุมเซลล์ของ *Salmonella* spp. ได้

ตารางที่ 4 - 6 การตรวจพบ *Salmonella* spp. ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่
แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	<i>Salmonella</i> spp. (พบ/ไม่พบ)				
	C	Ps	SL	SP1	SP2
0	พบ*	พบ*	พบ*	พบ*	พบ*
2	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
4	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
6	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
8	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

* หมายถึง ทำการตรวจเชื้อจากชุดตัวอย่างเดียวกัน

หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4±1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- SL คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

2.4 *Staphylococcus aureus*

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาจำนวนแบคทีเรียในหอยนางรมสดที่แช่ในสารละลาย
ทุกชนิด คือ 150 cfu/g (ตารางที่ 4 - 7) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ไม่พบ *S. aureus*
ในหอยนางรมสดที่แช่สารละลายทุกชนิด (Ps, SL, SP1 และ SP2) เนื่องจากปริมาณเชื้อที่ปนเปื้อนมี
น้อย ทำให้เมื่อแช่ในสารละลายทุกชนิด (Ps, SL, SP1 และ SP2) รวมทั้งชุดควบคุม (C) เชื้อ
S. aureus จึงถูกทำลายหมด (ศิวาพร ศิวเวช, 2546) ซึ่งหากหอยนางรมมีการปนเปื้อน *S. aureus*
จะสร้างสารพิษเอนเทอโรทอกซินขึ้น ทำให้มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียน เป็นตะคริวในช่องท้อง
และอ่อนเพลีย (สุมาลี เหลืองสกุล, 2539) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าจำนวน *S. aureus* ที่พบในหอย
นางรมในทุกสภาวะการแช่ มีค่าน้อยกว่า 100 cfu/g ซึ่งเป็นจำนวนที่มาตรฐานกรมวิทยาศาสตร์ -

การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ยอมรับให้มีในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลสดได้ แสดงว่าสามารถบริโภค หอยนางรมสดแกะเปลือกได้อย่างปลอดภัยจากอันตรายของ *S. aureus* งานวิจัยของ Campos, Stella and Lia (2000) พบว่า โฟแทสเซียมซอร์เบต (ไม่บอกความเข้มข้น) ทำให้ *S. aureus* ใน โมเดลระบบน้ำจืดลดลงเหลือ 10^4 cfu/ml

ตารางที่ 4 - 7 จำนวน *S. aureus* ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตาม ระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)				
	C	Ps	Sl	SP1	SP2
0	150*	150*	150*	150*	150*
2	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
4	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
6	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
8	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

* หมายถึง ทำการตรวจเชื้อจากชุดตัวอย่างเดียวกัน

หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่น้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโฟแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโฟแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโฟแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

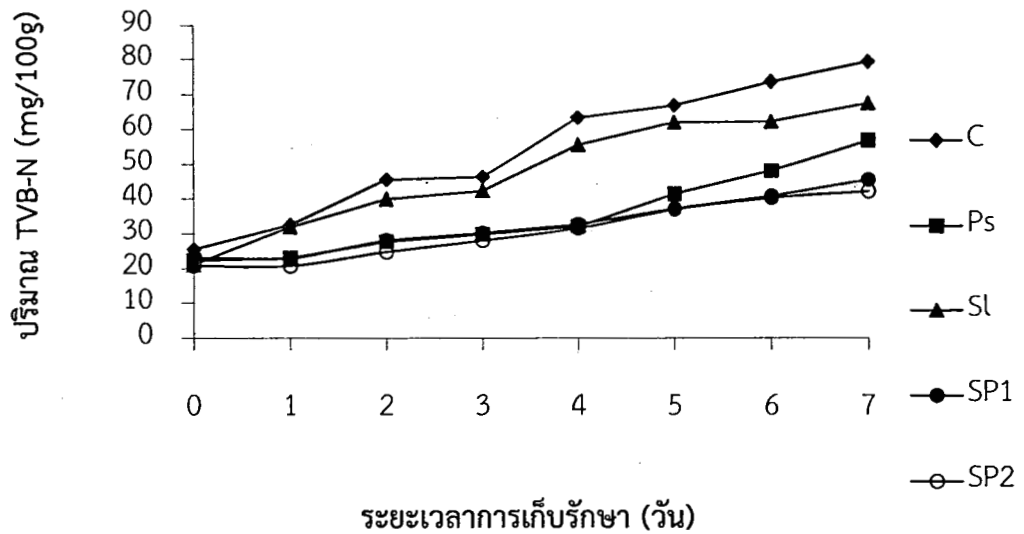
3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี

3.1 ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)

ผลของค่า TVB - N พบว่า การแช่หอยนางรมสดแกะเปลือกในสารละลายโซเดียม-แล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SL), โพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps), สารละลายโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) และโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) มีผลทำให้ค่า TVB-N (ภาพที่ 4 - 8, ตารางที่ 4 - 8) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกสภาวะการแช่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และพบว่า ค่า TVB - N มีแนวโน้มสูงเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่น้ำเย็นซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุม (C) มีค่า TVB - N สูงที่สุดเท่ากับ 79.32 มิลลิกรัม/ 100 กรัม รองลงมาคือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่สารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SL), สารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps), สารละลายโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) และหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่สารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) มีค่า TVB - N ต่ำที่สุดเท่ากับ 42.14 มิลลิกรัม/ 100 กรัม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน ตามลำดับ

TVB - N นั้นคือ การสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมดโดยทำการตรวจวัดปริมาณแอมโมเนีย, เอมีน, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ เป็นดัชนีชี้วัดความสดของสัตว์น้ำ โดยกำหนดให้มีปริมาณ TVB - N ได้สูงสุดในปลา คือ 25 - 30 มิลลิกรัม/100 กรัม จากการที่ผลการทดลอง พบว่า ค่า TVB - N มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกตัวอย่งนั้น เนื่องมาจากจุลินทรีย์ในหอยนางรมใช้สารประกอบโมเลกุลง่าย ๆ เริ่มต้นจากแบคทีเรียมีการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตให้หมดไป จากนั้นจึงใช้กรดอะมิโนอิสระ สารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ และโปรตีน การย่อยสลายตัวเองของโปรตีนในระหว่างการเน่าเสียทำให้หอยนางรมเกิด Volatile base โดยเฉพาะสาร trimethylamine (TMA), dimethylamine (DMA), แอมโมเนียและกรดที่ระเหยได้ ซึ่งรวมเรียกว่า Total volatile base nitrogen (TVB - N) (ตรี วาทกิจ, 2552) อีกทั้งสารประกอบที่เกิดขึ้นระหว่างการเน่าเสียจะถูกรีดิวซ์โดยแบคทีเรียได้เป็น TMA และแอมโมเนีย การศึกษาโดย Sallam (2007a) พบว่า เมื่อจุ่มเนื้อปลาแซลมอนแช่ลงในโซเดียมแล็กเตต ในช่วงแรกมีค่า TVB - N เท่ากับ 9.23 มิลลิกรัม/100 กรัมและเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นมีค่า TVB - N เท่ากับ 22.7 มิลลิกรัม/100 กรัม จากการศึกษาโดย Manju et al. (2007) ที่พบว่า เมื่อจุ่มปลาจาระเม็ดดำ (*Parastromateus ninger*) และปลาหมอโครมายเขียว (*Etrophus suratensis*) ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตแล้วบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ ค่า TVB - N เพิ่มขึ้นในช่วงแรกและค่อย ๆ ต่ำลง ซึ่งอาจมีค่าแตกต่างกันกับผลการทดลองนี้ เนื่องมาจากชนิดของสัตว์น้ำที่แตกต่างกัน

กัน แต่จะเห็นได้ว่า ค่า TVB - N เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเหมือนกัน และจากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่า ทั้งหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียม-แล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ กับโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) และหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ กับโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) มีค่า TVB - N ต่ำกว่าหอยนางรมที่แช่ในสารละลายอื่น (Sl และ Ps) เนื่องจากโซเดียมแล็กเตตและโพแทสเซียมซอร์เบตมีประสิทธิภาพสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดที่สร้างสปอร์ได้ (Grau, 1980; Mass et al., 1989; Brewer et al., 1991; Miller & Acuff, 1994; Stekelenburg & Kant - Muermans, 2001) รวมทั้งยับยั้งการเจริญ หรือทำลายยีสต์และรา อีกทั้งมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ และผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ รวมทั้งยังไประงับการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ (Luck, 1986 & Rehm, 1961) ดังนั้นจึงส่งผลให้ค่า TVB - N ต่ำกว่าหอยนางรมที่แช่ในสารละลายอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และยังแสดงถึงว่าสามารถใช้ค่า TVB - N เป็นดัชนีในการบอกถึงความสดของหอยนางรมได้เช่นกัน ซึ่งมีงานวิจัยหลายชิ้นที่บ่งบอกถึงความสดของสัตว์น้ำโดยใช้ค่า TVB - N เช่นในผลการทดลองของ Munju et al. (2007) ที่พบว่า ค่า TVB - N สามารถใช้เป็นดัชนีในการบอกถึงความสดของปลาทูทะเลดำ (*Parastromateus ninger*) และ ปลาหมอโครมายเขียว (*Etroplus suratensis*) ได้เช่นกัน อีกทั้งการทดลองชิ้นนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ พายัพ และอมมี (2549) พบว่า TVB - N ของหอยแมลงภู่ที่ผ่านการแช่ด้วยกรดอินทรีย์ทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TVB - N น้อยกว่าชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่ากรดอินทรีย์สามารถยับยั้งหรือชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย และให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ Fernandez - Segovia (2007) ที่พบว่า เมื่อมีการล้างน้ำและการใช้สารเจือปนอาหาร (โพแทสเซียมซอร์เบตและกรดซิตริก) ร่วมกับการดัดแปรสภาวะการบรรจุพบว่า TVB - N ในตัวอย่างปลาคอดที่ใช้สารเจือปนอาหารและการบรรจุทุกสภาวะมีค่าน้อยกว่า 25 มิลลิกรัม/100 กรัม เช่นกัน



ภาพที่ 4 - 8 ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB - N) ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

ตารางที่ 4 - 8 ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB - N) ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่
สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1
องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการ เก็บรักษา(วัน)	ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB - N) Mean $\pm$ SD				
	C	Ps	Sl	SP1	SP2
0	25.43 ^B _a $\pm$ 0.05	22.17 ^A _a $\pm$ 0.08	21.08 ^A _a $\pm$ 0.53	23.09 ^{AB} _a $\pm$ 2.92	20.76 ^A _a $\pm$ 0.04
1	32.67 ^A _b $\pm$ 0.16	23.03 ^B _a $\pm$ 0.98	31.84 ^A _b $\pm$ 0.69	20.77 ^B _a $\pm$ 1.52	22.63 ^A _a $\pm$ 0.76
2	45.09 ^D _c $\pm$ 0.08	24.65 ^B _a $\pm$ 0.65	39.92 ^C _c $\pm$ 0.12	29.87 ^B _b $\pm$ 0.47	27.99 ^A _b $\pm$ 2.01
3	46.29 ^C _c $\pm$ 2.77	27.68 ^A _{bc} $\pm$ 0.67	42.29 ^B _c $\pm$ 0.94	30.25 ^A _{bc} $\pm$ 1.39	28.15 ^A _c $\pm$ 1.69
4	63.27 ^C _d $\pm$ 0.36	32.21 ^A _c $\pm$ 2.78	55.63 ^B _d $\pm$ 2.75	32.86 ^A _c $\pm$ 1.07	31.39 ^A _d $\pm$ 1.34
5	66.85 ^D _e $\pm$ 2.04	41.41 ^B _d $\pm$ 2.97	61.98 ^C _e $\pm$ 2.11	37.04 ^A _d $\pm$ 3.91	37.04 ^A _e $\pm$ 0.39
6	73.65 ^D _f $\pm$ 0.99	48.11 ^B _e $\pm$ 1.35	62.18 ^C _e $\pm$ 1.61	40.75 ^A _e $\pm$ 0.09	40.24 ^A _f $\pm$ 0.01
7	79.32 ^D _g $\pm$ 3.15	56.86 ^B _f $\pm$ 1.09	67.65 ^C _e $\pm$ 8.18	45.47 ^A _f $\pm$ 1.37	42.14 ^A _f $\pm$ 0.11

A, B, C,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a, b, c,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

หมายเหตุ :

C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่น้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)

Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%

SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%

SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

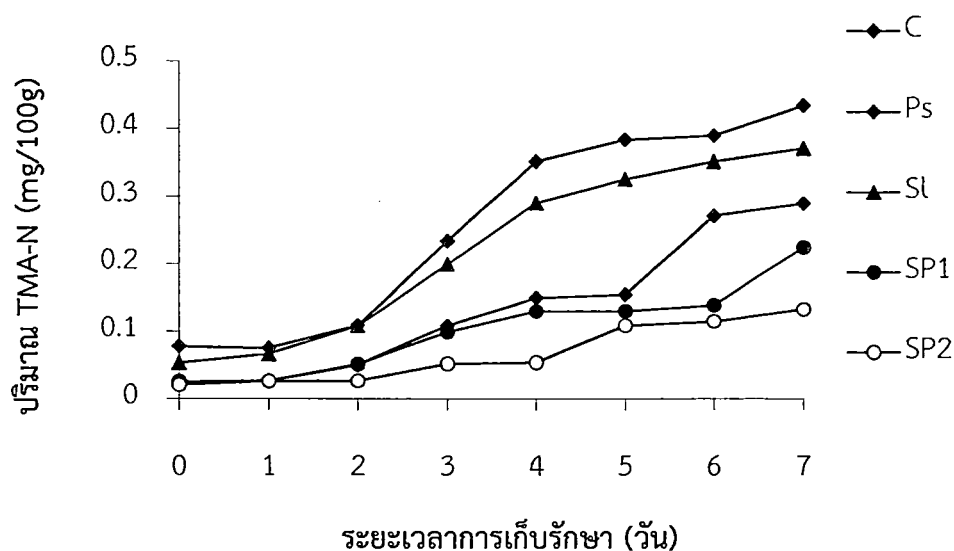
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

3.2 ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA - N)

ผลของค่า TMA - N พบ สอดคล้องกับ TVB - N โดยพบว่า การแช่หอยนางรมสดแกะเปลือกในสารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SL), โฟแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps), สารละลายโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับโฟแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) และโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับโฟแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) มีผลทำให้ค่า TMA - N (ภาพที่ 4 - 9, ตารางที่ 4 - 9) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกสภาวะการแช่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และพบว่า ค่า TMA - N มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำเย็นมีค่า TMA - N สูงที่สุดเท่ากับ 0.43 มิลลิกรัม/ 100 กรัม รองลงมาคือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่สารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SL), สารละลายโฟแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps), สารละลายโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับโฟแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) และหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่สารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับโฟแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) มีค่า TMA - N ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.14 มิลลิกรัม/ 100 กรัม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน ตามลำดับ

การวัดปริมาณ TMA - N นั้น คือการวัดการสลายตัวของสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนแล้วให้สารระเหยที่ก่อให้เกิดกลิ่นคาวและกลิ่นเหม็นเน่าของสัตว์น้ำ ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดการเน่าเสียของสัตว์น้ำได้ค่าหนึ่ง โดยในสัตว์น้ำสดกำหนดให้มีปริมาณ TMA - N น้อยกว่า 1.5 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง แต่ถ้ามีปริมาณสูงถึง 10 - 15 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง จะมีลักษณะเป็นที่ไม่ยอมรับ จากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณ TMA - N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกตัวอย่างนั้น เกิดเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในเนื้อหอยและจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน (Antonios & Michael, 2007) เนื่องจากหอยนางรมเมื่อเน่าเสียจะเกิดการสลายตัวของสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนแล้วได้สารระเหยที่ก่อให้เกิดกลิ่นคาวและเหม็นเน่าของสัตว์น้ำซึ่งคือ ปริมาณ TMA - N เพิ่มมากขึ้นโดยกลไกนั้นเกิดจาก TMAO ถูกเปลี่ยนเป็น TMA - N โดยแบคทีเรียที่มีชีวิตอยู่ได้ทั้งในที่ที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ดังนั้นจึงสามารถใช้ TMA - N เป็นดัชนีชี้วัดการเน่าเสียของสัตว์น้ำ ระดับของ TMAO ที่มีในอาหารทะเลนั้นจะแตกต่างกันไปตามชนิด อายุ ขนาด ที่อยู่อาศัย สิ่งแวดล้อมและช่วงเวลา จึงทำให้ระดับ TMAO เริ่มต้นและ TMA - N จะเกิดขึ้นแตกต่างกันไปด้วย อย่างไรก็ตาม ทั้งหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ กับโฟแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) และหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ กับโฟแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) มีปริมาณ TMA - N น้อยกว่าสภาวะอื่น (SL และ Ps) เนื่องจากประสิทธิภาพร่วมกันของสารทั้งสองชนิดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้หลายชนิด

อีกทั้งยังช่วยปรับความเป็นกรด - ด่างได้อีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาโดย Sallam (2007a) พบว่า เมื่อจุ่มเนื้อปลาแซลมอนแช่ลงในโซเดียมแล็กเตต ในช่วงแรกมี TMA - N 0.65 - 0.73 มิลลิกรัม/ 100 กรัม และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาและยังสอดคล้องกับการศึกษาโดย นิชนันท์ เจริญพัฒนวงค์ และคณะ (2551) พบว่า ค่า TMA - N ของหอยนางรมสดมีค่าสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เช่นกัน



ภาพที่ 4 - 9 ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA - N) ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่น้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

ตารางที่ 4 - 9 ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA - N) ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะ
การแช่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการ เก็บรักษา(วัน)	ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA - N) Mean $\pm$ SD				
	C	Ps	SL	SP1	SP2
0 ^{NS}	0.08 _a $\pm$ 0.03	0.02 _a $\pm$ 0.02	0.05 _a $\pm$ 0.00	0.03 _a $\pm$ 0.02	0.03 _a $\pm$ 0.03
1 ^{NS}	0.08 _a $\pm$ 0.02	0.05 _a $\pm$ 0.00	0.07 _a $\pm$ 0.03	0.03 _a $\pm$ 0.03	0.03 _a $\pm$ 0.00
2	0.11 _a ^B $\pm$ 0.00	0.05 _a ^B $\pm$ 0.00	0.11 _a ^B $\pm$ 0.00	0.06 _{bc} ^B $\pm$ 0.01	0.02 _{ab} ^A $\pm$ 0.02
3	0.23 _b ^{BC} $\pm$ 0.01	0.27 _{ab} ^A $\pm$ 0.06	0.19 _{ab} ^B $\pm$ 0.03	0.05 _b ^A $\pm$ 0.00	0.27 _d ^C $\pm$ 0.06
4	0.35 _c ^D $\pm$ 0.02	0.13 _b ^B $\pm$ 0.02	0.29 _{bc} ^C $\pm$ 0.04	0.09 _{bc} ^B $\pm$ 0.01	0.05 _{ab} ^A $\pm$ 0.00
5	0.38 _c ^C $\pm$ 0.00	0.15 _b ^B $\pm$ 0.04	0.33 _{bcd} ^C $\pm$ 0.01	0.13 _{bc} ^{AB} $\pm$ 0.02	0.10 _{abc} ^A $\pm$ 0.00
6	0.39 _c ^B $\pm$ 0.02	0.17 _{ab} ^A $\pm$ 0.08	0.47 _d ^B $\pm$ 0.23	0.14 _c ^A $\pm$ 0.02	0.12 _{bc} ^A $\pm$ 0.08
7	0.43 _d ^D $\pm$ 0.06	0.29 _c ^{BC} $\pm$ 0.09	0.37 _{cd} ^{CD} $\pm$ 0.03	0.23 _d ^{AB} $\pm$ 0.03	0.14 _c ^A $\pm$ 0.03

A, B, C,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a, b, c,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

หมายเหตุ :

C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)

Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

SL คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%

SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%

SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย

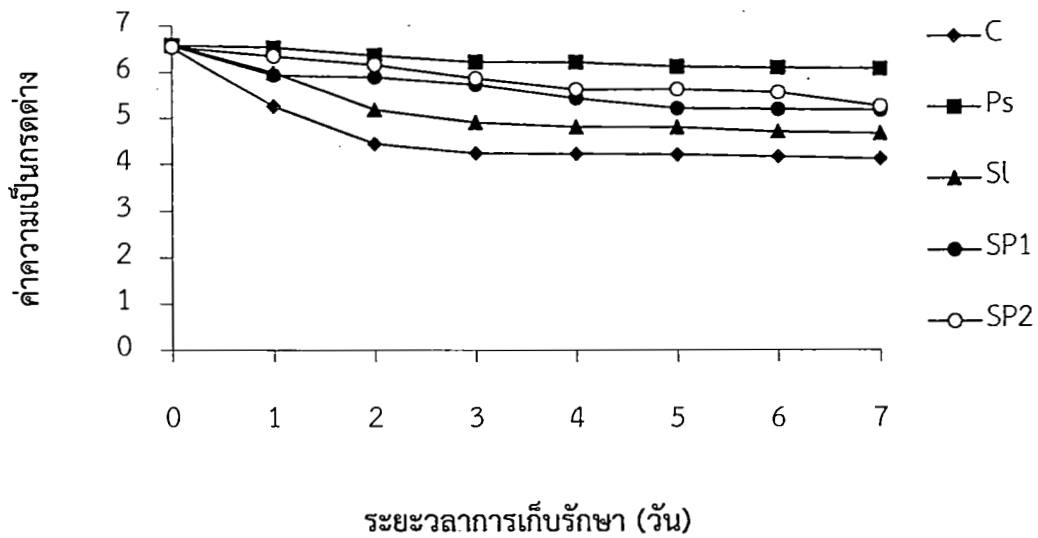
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

3.3 ความเป็นกรด - ด่าง

ผลการวัดค่าความเป็นกรด - ด่างของหอยนางรมสดแกะเปลือก แสดงให้เห็นว่า การแช่หอยนางรมสดแกะเปลือกในสารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SI) โพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps), สารละลายโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) และโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) ส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่าง (ภาพที่ 4 - 10, ตารางที่ 4 - 10) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกสภาวะการแช่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และยังพบว่าค่าความเป็นกรด - ด่างมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยหอยนางรมแกะเปลือกที่แช่น้ำเย็น (C) มีค่าความเป็นกรด - ด่างต่ำที่สุด คือ 4.11 และหอยนางรมแกะเปลือกที่แช่สารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps) ค่าความเป็นกรด - ด่างสูงที่สุด คือ 6.07 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน

ความเป็นกรด - ด่างนั้นใช้ในการบ่งบอกถึงความสดของสัตว์น้ำได้โดย หลังจากสัตว์น้ำตาย จะเกิดการใช้ไกลโคเจนภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic condition) เกิดผลิตภัณฑ์เป็นกรดแล็กติกขึ้น ทำให้ความเป็นกรด - ด่างของสัตว์น้ำลดลง จากนั้นเมื่อปริมาณของไกลโคเจนมีลดลง จึงทำให้ปริมาณเนื่องจากการเน่าเสียที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้กรดแล็กติกมีปริมาณลดลงตามไปด้วย จากนั้นจึงค่อยเกิดกระบวนการในขั้นต่อมา คือ การสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจน ที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง ส่งผลให้ความเป็นกรด - ด่างของสัตว์น้ำเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเน่าเสีย สำหรับข้อกำหนดมาตรฐานค่าความเป็นกรด - ด่างที่บ่งบอกถึงคุณภาพของหอยนางรมสดนั้น ได้แก่ ค่าความเป็นกรด - ด่าง 6.2 - 5.9 แสดงถึงลักษณะหอยนางรมสด ค่าความเป็นกรด - ด่าง 5.8 แสดงถึงลักษณะหอยนางรมไม่ค่อยสด ค่าความเป็นกรด - ด่าง 5.5 - 5.7 แสดงถึงลักษณะหอยนางรมไม่สด และค่าความเป็นกรด - ด่างต่ำกว่า 5.2 แสดงถึงคุณลักษณะกลิ่นเหม็นเปรี้ยว และกลิ่นเหม็นเน่าไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Pottinger, 1948 cited in Manousaridis, 2005 ; Hunter & Linden, 1923 cited in He, Adams, Farkas & Morrissey) ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาหอยนางรมสดในทุกสภาวะการแช่ มีค่าความเป็นกรด - ด่างที่ค่อยลดลงช้า ๆ เมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากในหอยนางรมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต ซึ่งอยู่ในรูปของไกลโคเจนสูงกว่าสัตว์ทะเลชนิดอื่น ๆ โดยค่าความเป็นกรด - ด่างจะค่อย ๆ ลดลงจากการสลายตัวของไกลโคเจนและได้เป็นกรดแล็กติก นอกจากนี้ยังเกิดจากผลผลิตจากการย่อยสลายเนื้อหอยนางรมของ *Pseudomonas* spp. ทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่างลดลง (Sikorski et al., 1990) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เยาวภา ไหวพริบ (2551) พบว่า การล้างผลิตภัณฑ์หอยนางรมแกะเปลือกด้วยน้ำโอโซนที่พ่นก๊าซโอโซนนาน 10 นาที และแช่ผลิตภัณฑ์หอยนางรมแกะเปลือกในน้ำสเตริไรซ์ มีค่าเป็นกรด - ด่าง 5.91 และค่อย ๆ ลดลง ซึ่งยังสอดคล้องกับอีกหนึ่งการทดลองของ เยาวภา ไหวพริบ (2551) โดยพบว่า การแช่ผลิตภัณฑ์หอย

นางรมเกาะเปลือกที่แช่น้ำประปา, น้ำกลั่นสเตอริไรซ์, สารละลายกรดอะซิติก 0.2 เปอร์เซ็นต์ (w/v), สารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ที่มีระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 81.74 เปอร์เซ็นต์ และสารผสมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ เก็บที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่า เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์หอยนางรมเกาะเปลือกมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ หอยนางรมสดที่แช่ในสารเคมีทุกชนิด (Ps, Sl, SP1 และ SP2) มีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม (C) ทั้งนี้เนื่องจาก สารละลายโซเดียมแล็กเตตและสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต ไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์และผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ รวมทั้งยังไประงับการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ ทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่างมีการเปลี่ยนแปลงน้อย อีกทั้งแนวโน้มการลดลงของค่าความเป็นกรด - ด่าง ในหอยนางรมที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ นั้นต่ำกว่าสภาวะการแช่อื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจาก ค่าความเป็นกรด - ด่างของสารละลายที่ใช้ในการแช่มีความแตกต่างกันตั้งแต่เริ่มต้น โดยสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด - ด่าง สูงที่สุด คือ 8.16 รองลงมา คือ สารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์, สารละลายโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ สารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 6.89, 6.54 และ 5.92 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 - 10 ความเป็นกรด - ต่างในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตาม
ระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

ตารางที่ 4 - 10 ความเป็นกรด - ด่างในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกัน
ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการ เก็บรักษา(วัน)	ความเป็นกรด - ด่าง Mean $\pm$ SD				
	C	Ps	Sl	SP1	SP2
0 ^{NS}	6.53 _g $\pm$ 0.03	6.58 _g $\pm$ 0.01	6.24 _c $\pm$ 0.05	6.57 _e $\pm$ 0.04	6.54 _f $\pm$ 0.06
1	5.25 _f ^A $\pm$ 0.02	6.53 _f ^E $\pm$ 0.02	5.99 _c ^C $\pm$ 0.01	5.94 _d ^B $\pm$ 0.01	6.35 _e ^A $\pm$ 0.01
2	4.45 _e ^A $\pm$ 0.0	6.36 _e ^E $\pm$ 0.00	5.18 _b ^B $\pm$ 0.01	5.89 _d ^C $\pm$ 0.00	6.16 _d ^D $\pm$ 0.00
3	4.24 _d ^A $\pm$ 0.00	6.22 _d ^E $\pm$ 0.00	4.91 _{ab} ^B $\pm$ 0.00	5.77 _c ^C $\pm$ 0.08	5.87 _c ^D $\pm$ 0.00
4	4.23 _{cd} ^A $\pm$ 0.01	6.22 _d ^E $\pm$ 0.00	4.82 _{ab} ^B $\pm$ 0.00	5.43 _b ^C $\pm$ 0.00	5.63 _b ^D $\pm$ 0.00
5	4.21 _c ^A $\pm$ 0.00	6.12 _c ^E $\pm$ 0.00	4.80 _{ab} ^B $\pm$ 0.00	5.20 _a ^C $\pm$ 0.01	5.62 _b ^D $\pm$ 0.00
6	4.16 _b ^A $\pm$ 0.00	6.09 _c ^E $\pm$ 0.00	4.71 _{ab} ^B $\pm$ 0.00	5.18 _a ^C $\pm$ 0.01	5.64 _b ^D $\pm$ 0.14
7	4.11 _a ^A $\pm$ 0.00	6.07 _a ^E $\pm$ 0.00	4.67 _a ^B $\pm$ 0.01	5.17 _a ^C $\pm$ 0.00	5.25 _a ^D $\pm$ 0.01

A, B, C,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a, b, c,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

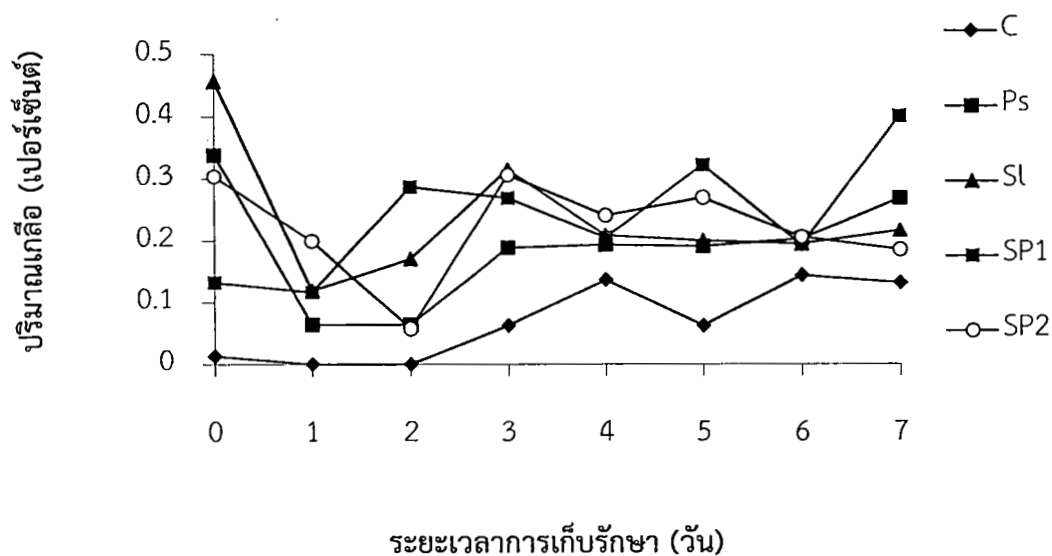
หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่น้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

3.4 ปริมาณเกลือ

ปริมาณเกลือ พบว่า การแช่หอยนางรมสดแกะเปลือกในสารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SI) โพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps), สารละลายโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) และโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (SP2) ให้ปริมาณเกลือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4 - 11) ในทุกสภาวะการแช่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ไม่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงที่ชัดเจน (ภาพที่ 4 - 11)

เนื่องจากการที่ปริมาณเกลือในหอยนางรมสดแกะเปลือกในทุกสภาวะการแช่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงที่ชัดเจน จึงไม่สามารถใช้ปริมาณเกลือเพื่อบ่งบอกถึงความสดของหอยนางรมในการทดลองนี้ได้ อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปแล้วในบางครั้งสามารถใช้ปริมาณเกลือ ในการบ่งบอกถึงการสูญเสียในสัตว์น้ำ เนื่องจากเมื่อสัตว์น้ำยังคงสดอยู่โปรตีนในโครงสร้างของกล้ามเนื้อจะยังสมบูรณ์ ซึ่งทำให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำ รวมถึงแร่ธาตุต่าง ๆ ได้ดี และเมื่อการเสื่อมเสียเพิ่มมากขึ้น โครงสร้างของโปรตีนดังกล่าวถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ในสัตว์น้ำเอง รวมทั้งเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นจึงส่งผลให้สูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำและแร่ธาตุต่าง ๆ ไป และเมื่อการเสื่อมเสียมากขึ้นโครงสร้างของโปรตีนดังกล่าวถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ในสัตว์น้ำเอง รวมทั้งเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นจึงอาจส่งผลให้การสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ และแร่ธาตุต่าง ๆ ไปได้



ภาพที่ 4 - 11 ปริมาณเกล็ดในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตามระยะเวลา
การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย
โซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

ตารางที่ 4 - 11 ปริมาณเกลือในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่สภาวะการแช่แตกต่างกันตาม
ระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการ เก็บรักษา(วัน)	ปริมาณเกลือ Mean ± SD				
	C _{NS}	Ps	Sl	SP1	SP2 _{NS}
0	0.01 ^A ±0.00	0.34 _c ^C ±0.02	0.46 _c ^C ±0.15	0.13 _{ab} ^{AB} ±0.00	0.31 ^{BC} ±0.18
1	0.00 ^A ±0.00	0.06 _a ^{AB} ±0.07	0.12 _a ^{BC} ±0.01	0.12 _a ^{BC} ±0.00	0.19 ^C ±0.08
2	0.00 ^A ±0.00	0.14 _{ab} ^B ±0.14	0.17 _{ab} ^{BC} ±0.05	0.29 _{cd} ^C ±0.00	0.06 ^{AB} ±0.06
3	0.06 ^A ±0.07	0.19 _{ab} ^{AB} ±0.06	0.31 _{bc} ^B ±0.17	0.27 _{cd} ^B ±0.01	0.31 ^B ±0.07
4 ^{NS}	0.13±0.01	0.19 _{ab} ±0.05	0.21 _{ab} ±0.47	0.20 _{bc} ±0.07	0.25±0.04
5 ^{NS}	0.14±0.07	0.19 _{ab} ±0.06	0.21 _{ab} ±0.06	0.20 _{ab} ±0.08	0.16±0.01
6 ^{NS}	0.14±0.14	0.20 _{abc} ±0.07	0.19 _{ab} ±0.06	0.32 _{de} ±0.08	0.21±0.07
7	0.13 ^A ±0.13	0.27 _{bc} ^{AB} ±0.07	0.22 _a ^A ±0.00	0.40 _e ^B ±0.01	0.18 ^A ±0.06

A, B, C,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

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

NS แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

หมายเหตุ :

- C คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในน้ำประปาเย็น (4±1 องศาเซลเซียส)
- Ps คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%
- Sl คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5%
- SP1 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 1.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 1.5%
- SP2 คือ หอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายโซเดียมแล็กเตตเข้มข้น 2.5% และสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 3%

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการทดลอง

1.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 3 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SP2) มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสในทุกคุณลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบร่วนน้อยที่สุด (พิจารณาจากคะแนนความชอบร่วนที่ต่ำกว่า 5 คะแนน) โดยสามารถเก็บรักษาได้ 7 วัน รองลงมาได้แก่ สารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) และหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SL) ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้ 5 วันเท่ากัน ส่วนหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps) และหอยนางรมสดที่แช่ในน้ำเย็น (C) นั้นสามารถเก็บรักษาได้ 4 วันและ 2 วัน ตามลำดับ

1.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 3 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SP2) มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์น้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ สารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต 3 เปอร์เซ็นต์ (Ps) สารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบต 1.5 เปอร์เซ็นต์ (SP1) สารละลายโซเดียมแล็กเตต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SL) และหอยนางรมสดที่แช่ในน้ำเย็น (C) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป 8 วันพบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในหอยนางรมที่แช่ในทุกสภาวะการบรรจุยังมีค่าไม่เกิน 6 log cfu/g และจำนวนโคลิฟอร์มและ *E. coli* ที่พบในหอยนางรมในทุกสภาวะการแช่ มีค่าอยู่ระหว่าง 20 - 50 cfu/g และไม่พบ *C. perfringens* และ *V. cholerae* ในตัวอย่างหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายทุกชนิด รวมทั้งชุดควบคุมด้วย และในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบ *S. aureus* ในหอยนางรมสดที่แช่ในสารละลายทุกชนิด คือ 150 cfu/g ซึ่งเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ไม่พบ *S. aureus* ในหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายทุกชนิดเช่นเดียวกัน แสดงว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 วัน คุณภาพทางจุลชีววิทยายังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ยอมรับให้มีในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลสดได้ แม้ว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสจะไม่ใช่ที่ยอมรับก็ตาม

1.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของตัวอย่างหอยนางรมสดแกะเปลือกที่แช่ในสารละลายกรดที่สภาวะต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณ TVB - N , TMA - N, ความเป็นกรด - ด่าง โดยหอยนางรมสดที่แช่ในสารเคมีทุกชนิด (Ps, Sl, SP1 และ SP2) มีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางเคมีทั้ง 3 ค่าได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแช่หอยนางรมสดในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมแล็กเตต 3 เปอร์เซ็นต์ และ โพแทสเซียมซอร์เบต 2.5 เปอร์เซ็นต์ (SP2) มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ในขณะที่ปริมาณเกลือในหอยนางรมสดแกะเปลือกในทุกสภาวะการแช่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีแนวโน้มการเพิ่มหรือลดที่ชัดเจน จึงไม่สามารถใช้ปริมาณเกลือเพื่อบ่งบอกถึงความสดของหอยนางรมในการทดลองนี้ได้

2. ข้อเสนอแนะ

2.1.ควรมีการศึกษาการใช้สารเคมีหรือสมุนไพรชนิดอื่น ๆ ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ร่วมในการแช่หอยนางรมสด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมเสียของหอยนางรมสด

2.2 ควรมีการปรับสภาวะบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ด้วยก๊าซชนิดต่าง ๆ ร่วมกับการใช้โพแทสเซียมซอร์เบตและโซเดียมแล็กเตต เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมสดให้นานยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กนกอร อินทราพิเชฐ และสมเกียรติ เอี้ยวเหล็ก. (2535). *การใช้สารฆ่าเชื้อเพื่อผลิตกุ้งแห้ง*. สงขลา: รายงานการวิจัยโครงการนักศึกษา, ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กรมประมง. (2549). *กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์*. วันที่สืบค้นข้อมูล 24 ธันวาคม 2552, เข้าถึงได้จาก <http://www.fisheries.go.th/quality/analyse/Trational.pdf>.
- คเชนทร เฉลิมวัฒน์. (2544). *การเพาะเลี้ยงหอย*. กรุงเทพฯ : รุ่งเรือง.
- คณะกรรมการอาหารและยา. (2547). *ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร*. วันที่ค้นข้อมูล 10 มกราคม 2553, เข้าถึงได้จาก <http://www.fda.moph.go.th/fdanet/html/product/food/ntf/DirtyFood3Attach.html>.
- จิตธนา แจ่มเมฆ, สายสนม ประดิษฐ์ดวง, ทะนง ภัคทรัพย์ และปรียา วิบูลย์เศรษฐ์. (2540). *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จันทร์เพ็ญ ไตรยานนท์ และสุธาทิพย์ วิทย์ชัยวุฒิมงคล. (2549). *ปริมาณด่างที่ระเหยได้ในอาหารทะเลส่งออก ปีพ.ศ. 2542-2546*. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาผลิตภัณฑ์ประมง, ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐพล พ้าภิญโญ. (2550). *คุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาปูม้า (Scylla serrata Forskal) โดยใช้โอโซน กรดแอสซิดิก กรดแลคติก กรดแอสคอร์บิก และการเก็บรักษาภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศ*. ปริญญาดุษฎีบัณฑิต (ผลิตภัณฑ์ประมง), สาขาผลิตภัณฑ์ประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ตรี วาทกิจ. (2552). *ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ (Fishery Product)*. ม.ป.ท.: คณะวิชาอุตสาหกรรมเกษตร, วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครพนม, มหาวิทยาลัยนครพนม. เอกสารประกอบการสอน
- นิพนธ์ ศิริพันธ์. (2543). *คู่มือการเลี้ยงหอยทะเลเศรษฐกิจ*. นนทบุรี: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- นิพนธ์ เอี่ยมพัฒน์วงศ์, พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ และมณฑิรา นพรัตน์. (2551). *การยืดอายุการเก็บหอยแครง (Anadara granosa) ลวกโดยใช้สภาพบรรยากาศดัดแปร*. ใน *เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 : สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2551 (หน้า 414-421) กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*.

- นิรชา วงษ์จินดา. (2547). *คู่มือการดูแลรักษาสัตว์น้ำที่สถานแปรรูปเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- บุษกร อุตระภักติ. (2550). จุลชีววิทยาทางอาหาร (พิมพ์ครั้งที่3). สงขลา: โครงการส่งเสริมการผลิต เอกสารวิชาการ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- บรรจง เทียนสงรัสมิ. (2541). *โครงการเพิ่มช่องทางการตลาดหอยนางรมที่ได้จากการเพาะเลี้ยง*. ม.ป.ท.: โรงพิมพ์.
- บรรจง เทียนสงรัสมิ. (2542). *การเลี้ยงหอยเศรษฐกิจในประเทศไทย*. ม.ป.ท.: สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บัญญัติ สุขศรีงาม, กาญจนา หริมเพ็ง, นิสา ไกรรักษ์, ปรียา นุพาสันต์, พรรณิกา ศิริเพิ่มพูล, ศิริโฉม พุ่งแก้ว, ศิริพร เอื้ออังกูร, สุดสายชล หอมทอง, สุบัณฑิต นิมรัตน์, สุดารัตน์ สวนจิตร, อภิรดี ปิลันธนาภักย์ และวรรณภา จงโยธา. (2551). *สถานการณ์การปนเปื้อนและการพัฒนาเทคนิคในการตรวจวัดจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารทะเลแห่งเพื่อมุ่งสู่การเป็นศูนย์ตรวจจุลินทรีย์และการรับรองมาตรฐานสินค้าอาหารแห่ง*. พุทธศักราช 2550-2551 ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, หน้า 47-61.
- พิรุฬห์รัตน์ สิงหนัด. (2544). *ผลของโซเดียมไพรฟิโอะเนต ไปแทสเซียมซอร์เบต กรดทาร์ทอริก และกรดแอสซิติคต่อการเจริญของเชื้อ Salmonella typhi*. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- พ่ายพ์ มาศนิยม และอมมี เบญจมะ. (2006). *การยืดอายุการเก็บของหอยแมลงภู่แช่เย็นโดยใช้กรดแล็กติก อะซิติค และซิตริก*. ปัญหาพิเศษทางการเพาะเลี้ยง, วิทยาศาสตร์เกษตร, ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. (2526). *การยืดอายุการเก็บรักษาปลาหมึกแห้งโดยวิธีร่วมระหว่างการฉายรังสี และ การใช้สารกันเชื้อรา*. วิทยาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการอาหาร), สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เยาวภา ไหวพริบ. (2550). *ผลของกระบวนการบรรจุ ต่อคุณภาพ ความปลอดภัย และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์หอยนางรมแกะเปลือกจำหน่ายบริโภค ตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี*. โครงการวิจัยทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดิน, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- มัทนา แสงจินดาวงษ์. (2545). *ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- วิทยาศาสตร์การแพทย์. 2541. คู่มือการตรวจทางห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (พิมพ์ครั้งที่ 1). สงขลา. ม.ป.ท.
- ศิริโฉม หุ่นแก้ว. (2551). การลดจำนวน *Vibrio parahaemolyticus* และ *V. cholerae* ที่ปนเปื้อนในเนื้อหอยนางรมในขบวนการแปรรูปโดยการใช้กรดที่บริโภคได้. ชลบุรี: ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, หน้า 1 - 26.
- ศิวาพร ศิวเวสข. (2546). วัตถุเจือปนอาหาร เล่ม1. นครปฐม: ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. (2548). เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- สุวรรณ ภาณุตระกูล, วันศุกร์ เสนานาญ, ทศวรรณ ขาวสีจัน, เยาวภา ไหวพริบ และคเชนทร เฉลิมวัฒน์. (2550). คู่มือการลดการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในหอยนางรมสดและเปลือก. ชลบุรี: ภาควิชาไวรัสศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุวิมล กิรติพิบูล. (2546). จุลินทรีย์กับการควบคุมสุขลักษณะการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร. กรุงเทพฯ: ส.ส.ท.
- สมาลี เหลืองสกุล. (2539). จุลชีววิทยาทางอาหาร (FOOD MICROBIOLOGY) (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ชัยเจริญ.
- อรภียา สาดแพง. (2548). ผลร่วมกันของโซเดียมแลคเตต โซเดียมคลอไรด์ และสภาวะกรด-เบส ที่มีต่อการเจริญของ *Salmonella* spp. ณ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส. ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Akgun, K. O., Gianfranco, R., Joseph, L. S. & Amnon, L. (2005). Postharvest ethanol and potassium sorbate treatments of table grapes to control gray mold. *J. Postharvest Biology and Technology*, 37(2), 129-134.
- Anang, D.M., Rusul, G., Bakar, J. & Ling, F.H. (2006). Effects of lactic acid and lauricidin on the survival of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli* O157:H7 in chicken breast stored at 4°C. *J. Food Sci.*, 18(8), 961-969.
- Antonios, E.G. & Michael, G.K. (2007). Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf life of sea bream (*Sparus aurata*) : Biochemical and sensory attributes. *J. Food Chemistry*, 100(1), 287-296.
- AOAC. (1994). AOAC Official Method 990.12 Aerobic Plate Count in Foods. *J. AOAC*, 73, 242.

- AOAC. (1994). AOAC Official Method 991.14 Coliforms and *Escherichia coli* Counts in Foods. Day Rehydratable Film (Petrifilm™ *E. coli* Coliform Count Plate™ and Petrifilm™ Coliform Count Plate™) Methods. *Journal of AOAC*, 74, 635.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. 16th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.
- AOAC. (2003). AOAC Official Method 2003.11 Enumeration of *Staphylococcus aureus* in Selected Meat, Seafood, and Poultry. *J.AOAC Int*, 86, 947.
- Ashie, A., Smith, P. & Simpson, K. (1996). Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish.. *J. Food Sci.*, 36(2), 87-121.
- Bremner, H.A. & Statham, J.A. (1983). Effect of potassium sorbate on refrigerated storage on vacuum packed scallops. *J. Food Sci.*, 48, 842-846.
- Brewer, M.S., Mckeninth, F., Martin, S.E., Dallmier, A.W., & Meyer, J. (1991). Sodium lactate effects on shelf- life, sensory, and physical characteristics of fresh sausage. *J. Food Sci.*, 56, 1176-1178
- Boyd, J.W. & Tarr, H.L.A. (1955). Inhibition of mold and yeast development in fish products. *Food Tech.*, 9, 411.
- Byrne, C. M., Bolton, D. J., Sheridan, J. J., Blair and, I. S. & McDowell, D. A. (2002). Determination of the effect of sodium lactate on the survival and heat resistance of *Escherichia coli* O157:H7 in two commercial beef patty formulations. *J. Food Micro.*, 82(1), 211-219.
- Bigbury Bay Oysters. (n.d.). Message posted to new:
<http://www.bigburybayoysters.co.uk/page2.html>
- Campos, C. A., Stella, M. A. & Lia, N. G. (2000). Inhibitory action of potassium sorbate degradation products against *Staphylococcus aureus* growth in laboratory media. *J. Food Micro*, 54(1-2), 117-122.
- Castillo, A., Lucia, L.M., Roberson, D.B., Stevenson, T.H., Mercado, I. & Acuff , G.R. (2001). Lactic acid sprays reduced bacterial pathogens on cold beef carcass surfaces and in subsequently produced ground beef. *J. Food Protect.*, 64, 58-62.

- Chung, J.S. & Lee, J.S. (1981). Inhibition of microbial growth in English sole (*Parophrys xetulus*). *J. Food Protect.*, 44-66.
- Debevere, J. & Boskou, G. (1996). Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA producing microflora of cod fillets. *J. Food Micro.*, 31(9), 221-229.
- FAO. (1981). *The prevention of losses in cured fish*. FAO Fisheries Technical Paper. 219.
- Fernandez-Segovia, I., Escriche, I., Fuentes, A., & Serra, J.A. (2007). Microbial and sensory changes during refrigerated storage of desalted cod (*Gadus morhua*). *J. Food Micro.*, 3, 1-17.
- González-Fandos E. & Domínguez J.L. (2006). Effect of potassium sorbate washing on the growth of *Listeria monocytogenes* on fresh poultry. *J. Food Technology*, 18(7), 842-846.
- Grau, F.H. (1980). Inhibition of the anaerobic growth of *Brochothrix thermosphactis* by lactic acid. *J. Micro.*, 40, 433-438.
- Hasegawa, H. (1987). Laboratory manual on analytical stored at different temperatures. *J. methods and procedures for fish and fish Food Sci.* 55: 1201 - 1205, 1242; 1990. Marine fisheries research department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Singapore.
- He, H., Adam, R.M., Farkas, D.F. & Morrissey, M.T. (2000). Use of high-pressure processing for oyster shucking and shelf-life extension. *J. Food Sci.*, 67, 640-645.
- Huss, H.H. (1997). Microbiology of fish and fish product, pp.413-430. cited in Luten, J.B., Borresen T. and Oehlenschläger J., Seafood from producer to consumer, Integrated approach to quality. *J.Elsevier Sci.*, 54(8), 232-247.
- Ibrahim, S.K. 2006. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *J. Food Sci.*, 18(5), 566-575.
- Lappe, R., Amanda, S. M., Voltaire, S. A. & Adriano, B. (2009). Inhibition of *Salmonella enteritidis* by cerein 8A, EDTA and sodium lactate. *J. Food Micro.*, 135(3), 183-187.

- Luck, E. (1986). Sobic acid as food preservatives. *J. Flavors Food Additives*, 7(3), 122-124.
- Manju, S., Srinivasa, T.K., Leema, J., Ravishankar, C.N. & Kumar, K. A. (2007). Nucleotide degradation of sodium acetate and potassium sorbate dip treated and vacuum packed Black Pomfret (*Parastromateus niger*) and Pearlspot (*Etroplus suratensis*) during chill storage. *J. Food Sci.*, 102(3), 699-706.
- Manousaridis, G., Nerantzaki, A., Paleogos, E.K., Tsiotsias, A., Savvaidis, I.N. and Kontominas, M.G. (2005). Effect of ozone on microbial, chemical and sensory attributes of shucked mussels. *J. Food Micro.*, 22, 1-9.
- Mass, M.R., Glass, K.A., Dan Doyle, M.P. (1989). Sodium lactate delays toxin production by *Clotridium botulinum* in cook-in-bag turkey product. *J. Environ Micro.*, 55, 2226-2232.
- Mbandi, E. & Shelef, L. A. (2002). Enhanced antimicrobial effects of combination of lactate and diacetate on *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. In beef bologna. *J. Nutrition and Food Science*, 76(3), 191-198.
- Minor, T.E. & Marth, E. H. (1970). Growth of *Staphylococcus aureus* in acidified pasteurized milk. *J. Milk Food Technol*, 33, 516-522.
- Miller, R.K. & Acuff, G.R. (1994). Effect of sodium lactate on pathogens of cooked beef. *J. Food sci.*, 59, 15-19.
- Necla, A. (2001). The effect of calcium and sodium lactates on growth from spores of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* in a 'sous-vide' beef goulash under temperature abuse. *J. Food Micro.*, 63(1-2), 117 - 123.
- Sallam, K.I. (2007a). Chemical, sensory and shelf life evaluation of sliced salmon treated with salts of organic acids. *J. Food chemistry*, 101, 590 - 600.
- Sallam, K.I. (2007b). Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *J. Food Control*, 18, 566 - 575.
- Sikorski, Z.E., Kolakowska, A. & Pan, B.S. (1990). The nutritive composition of the major groups of marine food organism. *J. Nutritional composition, and preservation*. 17, 29-54.

- Sleat, R. & Robinson, J.P. (1984). A Review the bacteriology of anaerobic degradation of aromatic compounds. *J. Applied Bacteriol*, 57 (2), 381-394.
- Sofos , J.N., Pierson, M.D., Blocher, J.C. & Busta, F.F. (1986). Mode of action of sorbic acid on bacterial cells and spores. *J. Food Micro.*, 3(1), 1-17.
- Statham, J.A., Bxemner, H.A. & Quarmby, A.R. (1985). Storage of morwong (*Nemadactylus macropterus*) in combinations of polyphosphate, potassium sorbate and carbon dioxide at 4 °C. *J. Food Sci.*, 50, 284-293.
- Stekelenburg, F.K. & Kant-Muermans, M.L.T. (2001). Effect of sodium lactate and the other addittiver in a cooked ham product on sensory quality and development if strain of *Lactobaillus curatus* and *Listeria monocytogenus* *J. Food micro.*, 66, 197-203.
- Vijay, K. J. (2005). Delayed *Clostridium perfringens* growth from a spore inoculate by sodium lactate in sous-vide chicken products. *J. Food Micro.*, 23(2), 105-111.
- Villarreal, B. & Pozo, R. (1990). Chemical composition and ice spoilage of albacore (*Thunnus alalunge*). *J. Food Sci*, 55 (4), 678-682.

ภาคผนวก

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส
ของหอยนางรมสดแกะเปลือกภายใต้การแช่ในสภาวะต่าง ๆ ตามระยะเวลา
ของการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส	SOV	SS	df	MS	F
0	ลักษณะปรากฏ	Blocks	4.080	9	.453	1.581
		Treatment	2.080	4	.520	1.814
		Error	10.320	36	.287	
		Total	16.480	49		
	เนื้อสัมผัส	Blocks	8.000	9	.889	2.857
		Treatment	.800	4	.200	.643
		Error	11.200	36	.311	
		Total	20.000	49		
	กลิ่น	Blocks	19.380	9	2.153	3.086
		Treatment	.480	4	.120	.172
		Error	25.120	36	.698	
		Total	44.980	49		
	รสชาติ	Blocks	4.020	9	.447	1.211
		Treatment	.720	4	.180	.488
		Error	13.280	36	.369	
		Total	18.020	49		
	ความชอบรวม	Blocks	10.080	9	1.120	4.148
		Treatment	.280	4	.070	.259
		Error	9.720	36	.270	
		Total	20.080	49		

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	SOV	SS	df	MS	F
1	ลักษณะปรากฏ	Blocks	30.880	9	3.431	4.301
		Treatment	20.080	4	5.020	6.292*
		Error	28.720	36	.798	
		Total	79.680	49		
	เนื้อสัมผัส	Blocks	16.080	9	1.787	3.589
		Treatment	3.280	4	.820	1.647
		Error	17.920	36	.498	
		Total	37.280	49		
	กลิ่น	Blocks	25.380	9	2.820	4.762
		Treatment	29.480	4	7.370	12.445*
		Error	21.320	36	.592	
		Total	76.180	49		
	รสชาติ	Blocks	12.180	9	1.353	3.139
		Treatment	4.880	4	1.220	2.830*
		Error	15.520	36	.431	
		Total	32.580	49		
	ความชอบรวม	Blocks	11.120	9	1.236	3.300
		Treatment	4.120	4	1.030	2.751*
		Error	13.480	36	.374	
		Total	28.720	49		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	SOV	SS	df	MS	F
2	ลักษณะปรากฏ	Blocks	14.100	9	1.567	1.396
		Treatment	18.000	4	4.500	4.010*
		Error	40.400	36	1.122	
		Total	72.500	49		
	เนื้อสัมผัส	Blocks	14.320	9	1.591	1.075
		Treatment	87.520	4	21.880	14.784*
		Error	53.280	36	1.480	
		Total	155.120	49		
	กลิ่น	Blocks	16.580	9	1.842	2.325
		Treatment	77.080	4	19.270	24.324*
		Error	28.520	36	.792	
		Total	122.180	49		
	รสชาติ	Blocks	6.420	9	.713	.381
		Treatment	74.920	4	18.730	9.992*
		Error	67.480	36	1.874	
		Total	148.820	49		
	ความชอบรวม	Blocks	4.720	9	.524	.348
		Treatment	78.920	4	19.730	13.085*
		Error	54.280	36	1.508	
		Total	137.920	49		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	SOV	SS	df	MS	F
3	ลักษณะปรากฏ	Blocks	23.520	9	2.613	2.359
		Treatment	52.920	4	13.230	11.943*
		Error	39.880	36	1.108	
		Total	116.320	49		
	เนื้อสัมผัส	Blocks	27.700	9	3.078	1.601
		Treatment	89.600	4	22.400	11.653*
		Error	69.200	36	1.922	
		Total	186.500	49		
	กลิ่น	Blocks	16.020	9	1.780	.879
		Treatment	88.720	4	22.180	10.956*
		Error	72.880	36	2.024	
		Total	177.620	49		
	รสชาติ	Blocks	38.720	9	4.302	1.846
		Treatment	116.920	4	29.230	12.545*
		Error	83.880	36	2.330	
		Total	239.520	49		
	ความชอบรวม	Blocks	29.120	9	3.236	2.517
		Treatment	84.120	4	21.030	16.359*
		Error	46.280	36	1.286	
		Total	159.520	49		

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	SOV	SS	df	MS	F
4	ลักษณะปรากฏ	Blocks	8.880	9	.987	.732
		Treatment	108.280	4	27.070	20.085*
		Error	48.520	36	1.348	
		Total	165.680	49		
	เนื้อสัมผัส	Blocks	5.620	9	.624	.532
		Treatment	177.720	4	44.430	37.831*
		Error	42.280	36	1.174	
		Total	225.620	49		
	กลิ่น	Blocks	11.920	9	1.324	1.441
		Treatment	149.320	4	37.330	40.625*
		Error	33.080	36	.919	
		Total	194.320	49		
	รสชาติ	Blocks	5.600	9	.622	.419
		Treatment	187.000	4	46.750	31.517*
		Error	53.400	36	1.483	
		Total	246.000	49		
	ความชอบรวม	Blocks	7.680	9	.853	.751
		Treatment	179.080	4	44.770	39.387*
		Error	40.920	36	1.137	
		Total	227.680	49		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	SOV	SS	df	MS	F
5	ลักษณะปรากฏ	Blocks	6.100	9	.678	.540
		Treatment	151.200	4	37.800	30.106*
		Error	45.200	36	1.256	
		Total	202.500	49		
	เนื้อสัมผัส	Blocks	3.220	9	.358	.240
		Treatment	144.720	4	36.180	24.264*
		Error	53.680	36	1.491	
		Total	201.620	49		
	กลิ่น	Blocks	16.320	9	1.813	1.723
		Treatment	138.520	4	34.630	32.911*
		Error	37.880	36	1.052	
		Total	192.720	49		
	รสชาติ	Blocks	4.980	9	.553	.833
		Treatment	165.280	4	41.320	62.187*
		Error	23.920	36	.664	
		Total	194.180	49		
	ความชอบรวม	Blocks	6.480	9	.720	3.115
		Treatment	171.680	4	42.920	185.712*
		Error	8.320	36	.231	
		Total	186.480	49		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	SOV	SS	df	MS	F
6	ลักษณะปรากฏ	Blocks	4.500	9	.500	.647
		Treatment	108.200	4	27.050	35.029*
		Error	27.800	36	.772	
		Total	140.500	49		
	เนื้อสัมผัส	Blocks	2.820	9	.313	.551
		Treatment	75.920	4	18.980	33.363*
		Error	20.480	36	.569	
		Total	99.220	49		
	กลิ่น	Blocks	2.480	9	.276	.256
		Treatment	89.680	4	22.420	20.845*
		Error	38.720	36	1.076	
		Total	130.880	49		
	รสชาติ	Blocks	4.720	9	.524	1.132
		Treatment	98.120	4	24.530	52.942*
		Error	16.680	36	.463	
		Total	119.520	49		
	ความชอบรวม	Blocks	6.020	9	.669	1.091
		Treatment	96.320	4	24.080	39.261*
		Error	22.080	36	.613	
		Total	124.420	49		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	SOV	SS	df	MS	F
7	ลักษณะปรากฏ	Blocks	5.620	9	.624	1.077
		Treatment	77.520	4	19.380	33.414*
		Error	20.880	36	.580	
		Total	104.020	49		
	เนื้อสัมผัส	Blocks	3.120	9	.347	.545
		Treatment	69.920	4	17.480	27.503*
		Error	22.880	36	.636	
		Total	95.920	49		
	กลิ่น	Blocks	11.700	9	1.300	1.410
		Treatment	53.600	4	13.400	14.530*
		Error	33.200	36	.922	
		Total	98.500	49		
	รสชาติ	Blocks	3.780	9	.420	.505
		Treatment	55.280	4	13.820	16.628*
		Error	29.920	36	.831	
		Total	88.980	49		
	ความชอบรวม	Blocks	4.820	9	.536	.858
		Treatment	55.520	4	13.880	22.228*
		Error	22.480	36	.624	
		Total	82.820	49		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของ
 หอยนางรมสดแกะเปลือกตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ภายใต้
 การแช่ที่สภาวะต่าง ๆ

สภาวะกาแช่	ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	SOV	SS	df	MS	F
C (น้ำประปาเย็น)		Blocks	7.263	9	.807	.924
		Day	523.588	7	74.798	85.620*
		Error	55.038	63	.874	
		Total	585.888	79		
	เนื้อสัมผัส	Blocks	10.863	9	1.207	1.083
		Day	578.388	7	82.627	74.113*
		Error	70.238	63	1.115	
		Total	659.488	79		
	กลิ่น	Blocks	5.800	9	.644	.604
		Day	492.550	7	70.364	65.967*
		Error	67.200	63	1.067	
		Total	565.550	79		
	รสชาติ	Blocks	5.013	9	.557	.356
		Day	609.688	7	87.098	55.602*
		Error	98.688	63	1.566	
		Total	713.388	79		
	ความชอบรวม	Blocks	10.800	9	1.200	.917
		Day	587.600	7	83.943	64.180*
		Error	82.400	63	1.308	
		Total	680.800	79		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สภาวะกาแซ่	ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	SOV	SS	df	MS	F
Ps (สารละลาย โพแทสเซียมซอร์เบต เข้มข้น 3%)	ลักษณะปรากฏ	Blocks	10.563	9	1.174	.866
		Day	227.288	7	32.470	23.971*
		Error	85.338	63	1.355	
		Total	323.188	79		
	เนื้อสัมผัส	Blocks	12.700	9	1.411	1.240
		Day	211.550	7	30.221	26.554*
		Error	71.700	63	1.138	
		Total	295.950	79		
	กลิ่น	Blocks	9.300	9	1.033	.675
		Day	189.750	7	27.107	17.697*
		Error	96.500	63	1.532	
		Total	295.550	79		
	รสชาติ	Blocks	19.550	9	2.172	1.684
		Day	230.750	7	32.964	25.560*
		Error	81.250	63	1.290	
		Total	331.550	79		
	ความชอบรวม	Blocks	9.613	9	1.068	1.109
		Day	224.188	7	32.027	33.247*
		Error	60.688	63	.963	
		Total	294.488	79		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สภาวะการแช่	ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	SOV	SS	df	MS	F
SI (สารละลาย โซเดียมแล็กเตต เข้มข้น 2.5%)		Blocks	14.763	9	1.640	1.347
		Day	144.388	7	20.627	16.934*
		Error	76.738	63	1.218	
		Total	235.888	79		
	เนื้อสัมผัส	Blocks	8.263	9	.918	.765
		Day	183.988	7	26.284	21.892*
		Error	75.638	63	1.201	
		Total	267.888	79		
	กลิ่น	Blocks	13.050	9	1.450	1.356
		Day	157.150	7	22.450	21.000*
		Error	67.350	63	1.069	
		Total	237.550	79		
	รสชาติ	Blocks	13.700	9	1.522	1.244
		Day	193.150	7	27.593	22.547*
		Error	77.100	63	1.224	
		Total	283.950	79		
	ความชอบรวม	Blocks	9.450	9	1.050	1.330
		Day	186.750	7	26.679	33.784*
		Error	49.750	63	.790	
		Total	245.950	79		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สภาวะการแช่	ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	SOV	SS	df	MS	F
SP1		Blocks	7.363	9	.818	1.229
(สารละลายผสม	ลักษณะปรากฏ	Day	173.688	7	24.813	37.274*
ระหว่าง		Error	41.938	63	.666	
โซเดียมแล็กเตต		Total	222.988	79		
เข้มข้น 1.5%		Blocks	9.250	9	1.028	1.296
โพแทสเซียมซอร์เบต	เนื้อสัมผัส	Day	135.550	7	19.364	24.423*
เข้มข้น 1.5%)		Error	49.950	63	.793	
		Total	194.750	79		
		Blocks	5.513	9	.613	.485
	กลิ่น	Day	150.788	7	21.541	17.052*
		Error	79.588	63	1.263	
		Total	235.888	79		
		Blocks	10.513	9	1.168	1.728
	รสชาติ	Day	147.788	7	21.113	31.232*
		Error	42.588	63	.676	
		Total	200.888	79		
		Blocks	5.313	9	.590	1.063
	ความชอบรวม	Day	166.388	7	23.770	42.801*
		Error	34.988	63	.555	
		Total	206.688	79		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สภาวะการแช่	ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	SOV	SS	df	MS	F
SP2		Blocks	5.550	9	.617	.708
(สารละลายผสม	ลักษณะปรากฏ	Day	129.150	7	18.450	21.191*
ระหว่าง		Error	54.850	63	.871	
โซเดียมแล็กเตต		Total	189.550	79		
เข้มข้น 2.5%		Blocks	3.300	9	.367	.386
โพแทสเซียมซอร์เบต	เนื้อสัมผัส	Day	127.600	7	18.229	19.172*
เข้มข้น 3%)		Error	59.900	63	.951	
		Total	190.800	79		
		Blocks	19.250	9	2.139	2.870
	กลิ่น	Day	122.550	7	17.507	23.492*
		Error	46.950	63	.745	
		Total	188.750	79		
		Blocks	4.013	9	.446	.875
	รสชาติ	Day	145.788	7	20.827	40.891*
		Error	32.088	63	.509	
		Total	181.888	79		
		Blocks	5.800	9	.644	1.410
	ความชอบรวม	Day	137.200	7	19.600	42.875*
		Error	28.800	63	.457	
		Total	171.800	79		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าทางเคมีในหอยนางรมสดแกะเปลือก
ภายใต้การแช่ที่สภาวะต่าง ๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษา

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	ค่าทางเคมี	SOV	SS	df	MS	F
0	TVB - N	Treatment	42.380	4	10.595	6.017*
		Error	17.608	10	1.761	
		Total	59.988	14		
	TMA - N	Treatment	.007	4	.002	3.037
		Error	.005	10	.001	
		Total	.012	14		
	กรด - ต่าง	Treatment	.236	4	.059	.856
		Error	.690	10	.069	
		Total	.926	14		
	เกลือ	Treatment	.373	4	.093	8.607*
		Error	.108	10	.011	
		Total	.482	14		
1	TVB - N	Treatment	377.799	4	94.450	108.878*
		Error	8.675	10	.867	
		Total	386.474	14		
	TMA - N	Treatment	.007	4	.002	3.065
		Error	.006	10	.001	
		Total	.013	14		
	กรด - ต่าง	Treatment	2.902	4	.725	3657.905*
		Error	.002	10	.000	
		Total	2.904	14		
	เกลือ	Treatment	.066	4	.016	7.328*
		Error	.022	10	.002	
		Total	.088	14		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	ค่าทางเคมี	SOV	SS	df	MS	F
2	TVB - N	Treatment	.012	4	.003	826.457*
		Error	3.61E-005	10	3.61E-006	
		Total	.012	14		
	TMA - N	Treatment	946.632	4	236.658	415.136*
		Error	5.701	10	.570	
		Total	952.333	14		
	กรด - ต่าง	Treatment	7.455	4	1.864	56364.861*
		Error	.000	10	3.31E-005	
		Total	7.456	14		
	เกลือ	Treatment	.145	4	.036	7.238*
		Error	.050	10	.005	
		Total	.196	14		
	TVB - N	Treatment	833.744	4	208.436	66.251*
		Error	31.461	10	3.146	
		Total	865.205	14		
	TMA - N	Treatment	.079	4	.020	18.885*
		Error	.011	10	.001	
		Total	.090	14		
	กรด - ต่าง	Treatment	7.839	4	1.960	1417.421*
		Error	.014	10	.001	
		Total	7.853	14		
	เกลือ	Treatment	.133	4	.033	3.908*
		Error	.085	10	.008	
		Total	.218	14		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	ค่าทางเคมี	SOV	SS	df	MS	F
4	TVB - N	Treatment	2772.695	4	693.174	188.704*
		Error	36.733	10	3.673	
		Total	2809.428	14		
	TMA - N	Treatment	.179	4	.045	63.295*
		Error	.007	10	.001	
		Total	.186	14		
	กรด - ต่าง	Treatment	7.010	4	1.752	91592.200*
		Error	.000	10	1.91E-005	
		Total	7.010	14		
	เกลือ	Treatment	.011	4	.003	.407
		Error	.069	10	.007	
		Total	.081	14		
5	TVB - N	Treatment	2479.929	4	619.982	175.849*
		Error	35.256	10	3.526	
		Total	2515.186	14		
	TMA - N	Treatment	.200	4	.050	36.350*
		Error	.014	10	.001	
		Total	.214	14		
	กรด - ต่าง	Treatment	6.494	4	1.624	67462.632*
		Error	.000	10	2.41E-005	
		Total	6.495	14		
	เกลือ	Treatment	8.462	4	2.116	1.107
		Error	19.107	10	1.911	
		Total	27.569	14		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	ค่าทางเคมี	SOV	SS	df	MS	F
6	TVB - N	Treatment	2542.006	4	635.502	153.354*
		Error	41.440	10	4.144	
		Total	2583.446	14		
	TMA - N	Treatment	.415	4	.104	8.289*
		Error	.125	10	.013	
		Total	.540	14		
	กรด - ต่าง	Treatment	6.915	4	1.729	402.766*
		Error	.043	10	.004	
		Total	6.958	14		
	เกลือ	Treatment	.052	4	.013	1.565
		Error	.082	10	.008	
		Total	.134	14		
7	TVB - N	Treatment	2870.954	4	717.738	44.929*
		Error	159.749	10	15.975	
		Total	3030.703	14		
	TMA - N	Treatment	.168	4	.042	16.295*
		Error	.026	10	.003	
		Total	.194	14		
	กรด - ต่าง	Treatment	6.331	4	1.583	63480.365*
		Error	.000	10	2.49E-005	
		Total	6.331	14		
	เกลือ	Treatment	.126	4	.031	5.767*
		Error	.054	10	.005	
		Total	.180	14		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าทางเคมีในหอยนางรมสดแกะเปลือก
ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ภายใต้การแช่ที่สภาวะต่าง ๆ

สภาวะการแช่	ค่าทางเคมี	SOV	SS	df	MS	F
C (น้ำประปาเย็น)	TVB - N	Day	8064.387	7	1152.055	401.922*
		Error	45.862	16	2.866	
		Total	8110.249	23		
	TMA - N	Day	.485	7	.069	106.843*
		Error	.010	16	.001	
		Total	.496	23		
	กรดต่าง	Day	14.989	7	2.141	12834.655*
		Error	.003	16	.000	
		Total	14.991	23		
	เกลือ	Day	.084	7	.012	2.147
		Error	.089	16	.006	
		Total	.173	23		
	Ps (สารละลาย โพแทสเซียมซอร์เบต เข้มข้น 3%)	Day	3259.595	7	465.656	175.424*
		Error	42.471	16	2.654	
		Total	3302.067	23		
	TMA - N	Day	.175	7	.025	11.923*
		Error	.034	16	.002	
		Total	.208	23		
	กรดต่าง	Day	.807	7	.115	2242.685*
		Error	.001	16	5.14E-005	
		Total	.807	23		
	เกลือ	Day	.140	7	.020	3.477*
		Error	.092	16	.006	
		Total	.232	23		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

สภาวะการแช่	ค่าทางเคมี	SOV	SS	df	MS	F
SI (สารละลาย โซเดียมแล็กเตต เข้มข้น 2.5%)	TVB - N	Day	5771.899	7	824.557	79.334*
		Error	166.296	16	10.394	
		Total	5938.195	23		
	TMA - N	Day	.498	7	.071	9.742*
		Error	.117	16	.007	
		Total	.615	23		
	กรดต่าง	Day	7.821	7	1.117	26.383*
		Error	.678	16	.042	
		Total	8.498	23		
	เกลือ	Day	.228	7	.033	3.979*
		Error	.131	16	.008	
		Total	.359	23		
SP1 (สารละลายผสม ระหว่าง โซเดียมแล็กเตต เข้มข้น 1.5% โพแทสเซียมซอร์เบต เข้มข้น 1.5%)	TVB - N	Day	1405.335	7	200.762	85.918*
		Error	37.387	16	2.337	
		Total	1442.722	23		
	TMA - N	Day	.087	7	.012	33.496*
		Error	.006	16	.000	
		Total	.093	23		
	กรดต่าง	Day	5.087	7	.727	681.851*
		Error	.017	16	.001	
		Total	5.104	23		
	เกลือ	Day	.199	7	.028	13.769*
		Error	.033	16	.002	
		Total	.232	23		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

สภาวะการแช่	ค่าทางเคมี	SOV	SS	df	MS	F
SP2	TVB - N	Day	1511.865	7	215.981	77.468*
(สารละลายผสม		Error	44.608	16	2.788	
ระหว่าง		Total	1556.473	23		
โซเดียมแล็กเตต	TMA - N	Day	.137	7	.020	11.786*
เข้มข้น 2.5%		Error	.027	16	.002	
โพแทสเซียมซอร์เบต		Total	.163	23		
เข้มข้น 3%)	กรดต่าง	Day	3.962	7	.566	176.587*
		Error	.051	16	.003	
		Total	4.014	23		
	เกลือ	Day	9.156	7	1.308	1.088
		Error	19.234	16	1.202	
		Total	28.390	23		

*หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)