



วิทยานิพนธ์

คุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาปูน้ำม (Scylla serrata Forskäl)

โดยใช้โอโซน กรดแอซีติก กรดแล็กติก กรดแอสคอร์บิก

และการเก็บรักษาภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศ

**QUALITY AND SHELF-LIFE EXTENSION OF SOFT SHELL
CRAB (*Scylla serrata* Forskäl) BY OZONE, ACETIC ACID,
LACTIC ACID, ASCORBIC ACID AND STORAGE
UNDER MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING**

นายณัฐพล ฟาภิญโญ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์คหกรรมศาสตร์ (ผลิตภัณฑ์ประมง)

ปริญญา

ผลิตภัณฑ์ประมง

สาขา

ผลิตภัณฑ์ประมง

ภาควิชา

เรื่อง คุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาปูน้ำม (Scylla serrata Forskäl) โดยใช้โอโซน กรดแอซีติก กรดแล็กติก กรดแอสคอร์บิก และการเก็บรักษาภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศ

Quality and Shelf-Life Extension of Soft Shell Crab (*Scylla serrata* Forskäl) by Ozone, Acetic Acid, Lactic Acid, Ascorbic Acid and Storage under Modified Atmosphere Packaging

นามผู้วิจัย นายณัฐพล ฟ้าบุญโญ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย วรวัฒนเมธิกุล, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์มัทนา แสงจินดาวงษ์, วท.ม.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์นงนุช รักสกุลไทย, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย วรวัฒนเมธิกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วันชัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

คุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาปูนิ่ม (*Scylla serrata* Forskäl) โดยใช้โอโซน กรดแอซีติก
กรดแล็กติก กรดแอสคอร์บิก และการเก็บรักษาภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศ

Quality and Shelf-Life Extension of Soft Shell Crab (*Scylla serrata* Forskäl)
by Ozone, Acetic Acid, Lactic Acid, Ascorbic Acid and Storage
under Modified Atmosphere Packaging

โดย

นายณัฐพล ฟ้าบุญโณ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (ผลิตบัณฑิตประมาณ)
พ.ศ. 2550

ฉัฐพล ฟ้าบุญโง 2550: คุณภาพและการยึดอายุการเก็บรักษาปูนิ่ม (*Scylla serrata* Forskäl) โดยใช้
โอโซน กรดแอสติก กรดแล็กติก กรดแอสคอร์บิก และการเก็บรักษาภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศ
ปริญญาวិทยาสตรดุษฎีบัณฑิต (ผลิตภัณฑ์ประมง) สาขาผลิตภัณฑ์ประมง ภาควิชาผลิตภัณฑ์
ประมง ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย วรวัฒนเมธิกุล, Ph.D. 137 หน้า

การศึกษาคุณภาพและการยึดอายุการเก็บรักษาปูนิ่มแบ่งการทดลองเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่หนึ่ง
ศึกษาการลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยการแช่ด้วยน้ำเย็น กรดแอสติกเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 กรด
แล็กติกเข้มข้นร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 กรดแอสคอร์บิกเข้มข้นร้อยละ 0.5, 0.75 และ 1.0 และน้ำโอโซนเข้มข้น
0.5, 0.75 และ 1.0 พีพีเอ็ม นาน 10, 15 และ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส บรรจุถุงพลาสติกชนิด
polyethylene (PE)/ Polyvinylidene chloride (PVDC)/ Polyethylene Polymer/ Nylon แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศา
เซลเซียสพบว่า การแช่ปูนิ่มด้วยน้ำโอโซน 1.0 พีพีเอ็ม นาน 20 นาที สามารถยึดอายุการเก็บรักษาได้ดีที่สุดคือ
นาน 9 วัน ขั้นตอนที่สอง ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปูนิ่มซึ่งเก็บรักษาภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศ
โดยศึกษาผลของอัตราส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อไนโตรเจน (N_2) 60: 40 และ 80: 20 และ
สภาวะสุญญากาศเพื่อยึดอายุการเก็บรักษาโดยบรรจุในถุงพลาสติกชนิด polyethylene (PE)/ polyvinylidene
chloride (PVDC)/ polyethylene polymer/ nylon เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสใน
สภาวะบรรยากาศปกติ ผลการทดลองพบว่า การเก็บรักษาปูนิ่มที่ 80% CO_2 : 20% N_2 และภายใต้สภาวะ
สุญญากาศ สามารถยึดอายุการเก็บรักษาได้นาน 7 วัน ขณะที่การเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ และ
60% CO_2 : 40% N_2 เก็บได้เพียง 3 และ 4 วัน ตามลำดับ การทดลองในขั้นสุดท้ายแช่ปูนิ่มด้วยน้ำโอโซนเข้มข้น
1.0 พีพีเอ็ม นาน 20 นาที ก่อนบรรจุในถุงพลาสติก เปรียบเทียบการเก็บรักษาจากการใช้ 80% CO_2 : 20% N_2 สภาวะ
สุญญากาศ และสภาวะบรรยากาศปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยติดตามการเปลี่ยนแปลง
ปริมาณจุลินทรีย์ ปริมาณก๊าซในภาชนะบรรจุ การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความเป็นกรด-เบส และการทดสอบทาง
ประสาทสัมผัส พบว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสภาวะสุญญากาศ และการล้างด้วยน้ำ
โอโซนมีผลต่ออายุการเก็บรักษาปูนิ่ม โดยที่สภาวะ 80% CO_2 : 20% N_2 และสภาวะภายใต้สุญญากาศสามารถยึด
อายุการเก็บรักษาได้ดีที่สุด โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 11 วัน โดยพิจารณาจากเกณฑ์คุณภาพทางจุลินทรีย์
กายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บรักษาภายใต้บรรยากาศปกติเก็บได้เพียง 8 วัน

Nathapol Phapinyo 2007: Quality and Shelf- Life Extension of Soft Shell Crab (*Scylla serrata* Forskäl) by Ozone, Acetic Acid, Lactic Acid, Ascorbic Acid and Storage under Modified Atmosphere Packaging. Doctor of Philosophy (Fishery Products), Major Field: Fishery Products, Department of Fishery Products. Thesis Advisor: Assistant Professor Wanchai Worawattanamateekul, Ph.D. 137 pages.

The study was conducted in 3 stages; the first part was studied the microorganism counts of soft shell crab washed by cold water, acetic acid 0.1, 0.2 and 0.3% , lactic acid 1.0, 1.5 and 2.0%, ascorbic acid 0.5, 0.75 and 1.0% and ozone water 0.5, 0.75 and 1.0 ppm for 10, 15 and 20 min at 4 °C, respectively. The results indicated that the soft shell crab were prepared by soaking with ozone water 1.0 ppm for 20 min could be kept for 9 days. The second part was studied on quality change of soft shell crab stored under modified atmosphere packaging (MAP) at different ratio of carbon dioxide (CO₂) and, nitrogen (N₂), vacuum and air. The soft shell crab were placed in polyethylene (PE)/ polyvinylidene chloride (PVDC)/ polyethylene polymer/ nylon bag and compared the shelf life at 60%CO₂: 40%N₂ and 80%CO₂: 20%N₂ at 4 °C. The results showed that 80%CO₂: 20%N₂ and vacuum were the most suitable conditions giving shelf life of 7 days, while under air condition and 60%CO₂: 40%N₂ were 3 and 4 days, respectively. For the third part, soft shell crab were soaked in 1.0 ppm ozone water for 20 min prior to packing in a bag and compared the shelf life, which increased by applying the ratio of CO₂: N₂ as follows; 80%CO₂: 20%N₂, under vacuum and normal air at 4 °C. Microbial count, gas concentration, % weight loss, pH and sensory evaluation were monitored. The results of this research showed that the shelf life of soft shell crab was lengthened whilst increasing the percentage of combined soaking with ozone water which was determined the criteria of microbial counts, physical, chemical and sensory methods. The concentration of CO₂ and N₂ at 80% and 20%, respectively and under vacuum were found the most suitable condition giving shelf life of 11 days (P>0.05), while normal air condition was 8 days.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย วรวิวัฒน์เมธิกุล ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์มัทนา แสงจินดาวงษ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.นงนุช รักสกุลไทย กรรมการวิชาเอก ที่กรุณาดูแลให้คำแนะนำการศึกษาทดลองและการเขียน ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติ ชูเชิด ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณสุตาพร ยอดพินิจ ที่อนุเคราะห์ปูนืมเพื่อใช้ในการทดลอง บริษัททริปปเปิดชายซ์ จำกัด ที่อนุเคราะห์เครื่องไอโซนและก๊าซออกซิเจนเพื่อใช้ในการทดลอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่สละเวลาในการให้คำแนะนำในเรื่องโครงสร้างทางชีววิทยาของปูนิ่ม Professor Dr. Jim P. Smith , McGill University ประเทศแคนาดา และ Professor Dr. Micheal L. Jahnce, Virginia Seafood Agricultural Research and Extension Center ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ให้โอกาสในการฝึกอบรมและเรียนรู้ประสบการณ์เพิ่มเติมในการค้นคว้าทดลอง คุณกิจจา สุขเนตร คุณเอกรัฐ ขุมทอง คุณทวีศม์ เชาวลิค คุณอัยการ ต้นพิพัฒนกุล คุณนพมาศ ศิริทองอาจ คุณเมทิตี อ้นบุญมี คุณพรทิพย์ สุขกำเนิด คุณต่อพงศ์ บุญธรรม นักศึกษาโปรแกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทั้งที่ทำงานและนิสิตปริญญาโทและเอกทุกท่าน ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดการทดลอง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง และภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ ประสาทวิชาให้ข้าพเจ้า จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่สนับสนุนทุนพัฒนานุเคราะห์ในการศึกษาระดับปริญญาเอก และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่สนับสนุนทุนวิจัยในการทดลองครั้งนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาแก่ข้าพเจ้าทุกท่าน ขอกราบขอบพระคุณมารดา และครอบครัวฟ้าปัญญาที่เป็นกำลังใจ ห่วงใยและเข้าใจข้าพเจ้ามาโดยตลอด สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณคำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้กับสิ่งมีชีวิตทุกชีวิตที่นำมาศึกษาและทดลอง

ณัฐพล ฟ้าปัญญา

ตุลาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
ปุ๋ยมูลสัตว์	4
การเลี้ยงหมูและจัดการฟาร์มหมู	20
การเลี้ยงสัตว์น้ำ	25
ไอโซนและการประยุกต์ใช้งาน	26
การใช้กรดในผลิตภัณฑ์อาหาร	33
การบรรจุแบบสภาวะปรับบรรยากาศ	38
อุปกรณ์และวิธีการ	52
อุปกรณ์	52
วิธีการ	54
ผลและวิจารณ์	59
สรุปและข้อเสนอแนะ	104
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	107
ภาคผนวก	118
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์คุณภาพ	119
ภาคผนวก ข แบบสอบถามทางประสาทสัมผัส	123
ภาคผนวก ค การตรวจความสดและการประเมินผลคุณภาพความสดปุ๋ยมูลสัตว์	126
ภาคผนวก ง ตารางแสดงผลการทดลอง	129

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างกระดองและน้ำหนัก	7
2	ขนาดของปูดำหรือปูแดงที่เริ่มเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์	8
3	ระยะเวลาในการลอกคราบและอัตราการเจริญเติบโตของปูทะเล	17
4	การเปรียบเทียบอุณหภูมิกับครึ่งชีวิตของโอโซนในรูปก๊าซโอโซน	28
5	การเปรียบเทียบ oxidizing potential ระหว่างโอโซนกับสารเคมีชนิดอื่นๆ	28
6	การเปรียบเทียบอุณหภูมิกับครึ่งชีวิตของโอโซนในรูปน้ำโอโซนที่สภาวะ ความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7	29
7	ปริมาณของโอโซนในการทำลายเชื้อรา แบคทีเรียและไวรัส	31
8	ข้อดีและข้อเสียของการประยุกต์การบรรจุภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศ	38
9	ความแตกต่างของการบรรจุในสภาวะปรับบรรยากาศ	39
10	อัตราส่วนของก๊าซสำหรับอาหารต่างๆ	46
11	อายุการเก็บรักษาอาหารในสภาวะปรับบรรยากาศ	47
12	ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาในสภาวะปรับบรรยากาศ	47
13	ปัจจัยที่มีผลในการพิจารณาเลือกฟิล์มในการบรรจุอาหาร	49
14	ระดับปัจจัยสำหรับการแช่วัตถุดิบโดยกรดแอซิดิก	55
15	ระดับปัจจัยสำหรับการแช่วัตถุดิบโดยกรดแล็กติก	55
16	ระดับปัจจัยสำหรับการแช่วัตถุดิบโดยกรดแอสคอร์บิก	55
17	ระดับปัจจัยสำหรับการแช่วัตถุดิบโดยน้ำโอโซน	55
18	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในปูนิ่มที่แช่ในน้ำเย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับแช่ในสารละลายกรดแอซิดิก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศา เซลเซียส	64
19	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในปูนิ่มที่แช่ในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับแช่ในสารละลายกรดแล็กติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศา เซลเซียส	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในปฏินิมที่แช่ในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	72
21	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในปฏินิมที่แช่ในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการแช่ในน้ำไอโซน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	78
22	คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปฏินิมภายหลังการแช่ในน้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ในสภาวะบรรยากาศปกติ และสภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 เก็บรักษา และสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	97
ตารางผนวกที่		
ข2	หลักการให้คะแนนคุณลักษณะปู	125
ค1	การตรวจความสดของปูทางประสาทสัมผัส	127
ค2	ระยะการเสื่อมเสียโดยพิจารณาจากการประเมินทางประสาทสัมผัสของปูทะเล	128
ง1	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในปฏินิมที่แช่ในน้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 60 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 40 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 และสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	130
ง2	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในปฏินิมที่แช่ในน้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 และสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	131

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง3	ปริมาณแบคทีเรียเล็กดึกในปฏินิมที่แช่น้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 และสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 132
ง4	ปริมาณแบคทีเรียที่เจริญได้ในสภาวะไม่มีอากาศ (log CFU/g) ในปฏินิมที่แช่น้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 และสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 133
ง5	ปริมาณแบคทีเรียไซโครโทรฟส์ในปฏินิมที่แช่น้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 และสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 134
ง6	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของปฏินิมภายหลังการแช่ปฏินิมในน้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ในสภาวะบรรยากาศปกติ และสภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส 135
ง7	การเปลี่ยนแปลงการสูญเสีย (Drip loss) ของปฏินิมภายหลังการแช่น้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ในสภาวะบรรยากาศปกติ และสภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 136

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ลักษณะปูทะเล	4
2 ความแตกต่างระหว่างปูทะเลเพศผู้และเพศเมีย โดยอาศัยลักษณะที่แตกต่างบริเวณส่วนท้อง	9
3 ขั้นตอนการผสมพันธุ์ของปูทะเล	10
4 วงจรชีวิตและวิวัฒนาการของปูทะเล	12
5 การลอกคราบของปูทะเล	14
6 ลักษณะปูทะเลภายหลังการลอกคราบ	14
7 ลักษณะโครงสร้างของเปลือกปูทะเล	15
8 การเลี้ยงปูนึ่งในลักษณะการเลี้ยงในตะกร้าพลาสติก	22
9 ลักษณะตะกร้าพลาสติกที่ใช้ในการเลี้ยงปูนึ่ง	22
10 ขั้นตอนการจัดการฟาร์มปูนึ่งในลักษณะตะกร้าพลาสติกและการบรรจุหีบห่อ	23
11 ลักษณะการแตกตัวของออกซิเจนกลายเป็น โอโซน	26
12 ลักษณะการเกิดก๊าซโอโซน โดยปรากฏการณ์โคโรนาดีสชาร์จ	27
13 ผลของการใช้โอโซนต่อเซลล์จุลินทรีย์	30
14 ลักษณะการยุบตัวของผลิตภัณฑ์ภายหลังก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าแทนที่ในผลิตภัณฑ์	45
15 ลักษณะปรากฏของปูนึ่งที่แช่น้ำเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ 3 วัน	61
16 ลักษณะปรากฏของปูนึ่งที่แช่ในสารละลายกรดแอสติกอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 0, 1, 3 และ 5 วัน	62
17 ลักษณะปรากฏของปูนึ่งที่แช่ในสารละลายกรดแล็กติกอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 0, 1, 3, 5, 7 และ 9 วัน	66

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
18	ลักษณะปรากฏของปูนี้มที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 0, 1, 3, 5, 7 และ 9 วัน	70
19	ลักษณะปรากฏของปูนี้มที่แช่ในน้ำไอโซนอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 0, 1, 3, 5, 7 และ 9 วัน	76
20	ลักษณะโครงสร้างบริเวณผิวนอกของปูนี้มจากกล้อง SEM กำลังขยาย 150 X	80
21	ลักษณะโครงสร้างบริเวณผิวชั้นในของปูนี้มจากกล้อง SEM กำลังขยาย 150 X	81
22	ลักษณะการบรรจุปูนี้มในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะตัดแปลงบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 60 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 40 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 และสภาวะสุญญากาศ	82
23	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในปูนี้มที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะปรับบรรยากาศก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 60 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 40 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 และสภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	83
24	การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการเก็บรักษาปูนี้ม ในสภาวะบรรยากาศปกติ และสภาวะปรับบรรยากาศ เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส	86
25	การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนในการเก็บรักษาปูนี้ม ในสภาวะบรรยากาศปกติ และสภาวะปรับบรรยากาศ เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส	86
26	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในปูนี้มที่แช่ในน้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 และสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	88
27	ปริมาณแบคทีเรียเล็กติกในปูนี้มที่แช่ในน้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็มอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 และสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	89

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	ปริมาณแบคทีเรียที่เจริญได้ในสภาวะไม่มีอากาศ ในปุ๋ยมัที่แช่น้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 และสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	90
29	ปริมาณแบคทีเรียไซโครโทรฟัสในปุ๋ยมัที่แช่น้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 และสภาวะสุญญากาศอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	91
30	การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการเก็บรักษาปุ๋ยมัภายหลังการแช่ปุ๋ยมัในน้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ในสภาวะบรรยากาศปกติ และสภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	93
31	การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจน ในการเก็บรักษาปุ๋ยมัภายหลังการแช่ ปุ๋ยมัในน้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ในสภาวะบรรยากาศปกติ และสภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส	93
32	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของปุ๋ยมัภายหลังการแช่ปุ๋ยมัในน้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ในสภาวะบรรยากาศปกติ และสภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส	94
33	การเปลี่ยนแปลงการสูญเสียน้ำ (Drip loss) ของปุ๋ยมัภายหลังการแช่ในน้ำไอโซนความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ในสภาวะบรรยากาศปกติ และสภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 80 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 20 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	96