เอกสารวิชาการฉบับที่ ๒/๒๕๔๙

Technical Paper No. 2/2006

การใช้แผ่นฟิล์มและการฉีดพ่นไคโตซานและไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียมในการถนอมผลิตภัณฑ์ประมง

The Application of Chitosan Film and Spraying Chitosan with Garlic Extract for Preservation of Seafood Product

สิริรัตน์ จงฤทธิพร Sirirat Jongrittiporn

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ Fishery Technological Development Division

กรมประมง Department of Fisheries

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ Ministry of Agriculture and Cooperatives

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๒/๒๕๔๙

Technical Paper No. 2/2006

การใช้แผ่นฟิล์มและการฉีดพ่นไคโตซานและไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียมในการถนอมผลิตภัณฑ์ประมง

The Application of Chitosan Film and Spraying Chitosan with Garlic Extract for Preservation of Seafood Product

สิริรัตน์ จงฤทธิพร Sirirat Jongrittiporn

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ Fishery Technological Development Division

กรมประมง Department of Fisheries

๒๕๔๙ 2549

รหัสทะเบียนวิจัย 47 – 0805 - 47015

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
คำนำ	5
วัตถุประสงค์	6
วิธีดำเนินการ	7
1.วัสดุและอุปกรณ์	7
2.วิธีการทดลอง	7
1.การทำแผ่นฟิล์มไคโตซาน แผ่นฟิล์มไคโตซานผสมglycerol 1% แผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5% และการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มที่ได้	7
2.การทำแผ่นฟิล์มไคโตซาน และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียม และทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Aspergillus awamori* และ *Penicillium roqueforti*	8
3.การใช้ไคโตซานในการเก็บรักษากุ้งแห้งโดยวิธีการฉีดพ่นและแผ่นฟิล์ม	9
ผลการทดลองและวิจารณ์	10
1.การทำแผ่นฟิล์มไคโตซาน แผ่นฟิล์มไคโตซานผสมglycerol 1% แผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5% และการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์ม	10
2.การทำแผ่นฟิล์มไคโตซาน และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียม และทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Aspergillus awamori* และ *Penicillium roqueforti*	11
3.การใช้แผ่นฟิล์มไคโตซานและการฉีดพ่นในการเก็บรักษากุ้งแห้ง	15
สรุปผลการทดลอง	20
คำขอบคุณ	21
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวกที่ 1	24
ภาคผนวกที่ 2	28
ภาคผนวกที่ 3	29

กองบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ ของแผ่นฟิล์มไคโตซาน และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5% 11

2. ผลการเจริญของ *Aspergillus awamori* และ *Penicillium roqueforti* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่เวลาต่างๆ 13

ตารางภาคผนวกที่

1.การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของกุ้งแห้งขณะเก็บรักษา 24

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบคทีเรียทั้งหมดของกุ้งแห้งขณะเก็บรักษา 25

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของราของกุ้งแห้งขณะเก็บรักษา 25

4. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณด่างระเหยได้ของกุ้งแห้งขณะเก็บรักษา 26

5.จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (TPC) ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ตลอดการเก็บรักษากุ้งแห้ง 9 สัปดาห์ 26

6.จำนวนราทั้งหมดในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ตลอดการเก็บรักษากุ้งแห้ง 9 สัปดาห์ 27

7.ปริมาณ Total volatile base (TVB) ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ตลอดการเก็บรักษากุ้งแห้ง 9 สัปดาห์ 27

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1. ลักษณะแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมdextrin 0.5% แผ่นฟิล์มไคโตซาน แผ่นฟิล์มไคโตซานผสมglycerol 1%ที่ได้ 10
2. โซนใสที่เกิดขึ้นรอบแผ่นฟิล์มไคโตซาน และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียม ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มี *Penicillium roqueforti* และ *Aspergillus awamori* เจริญอยู่ 14
3. คะแนนการประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ของกุ้งแห้งขณะเก็บรักษา 17
4.จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (TPC) ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ตลอดการเก็บรักษากุ้งแห้ง 9 สัปดาห์ 18
5.จำนวนราทั้งหมดในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ตลอดการเก็บรักษากุ้งแห้ง 9 สัปดาห์ 18
6.ปริมาณ Total volatile base (TVB) ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ตลอดการเก็บรักษากุ้งแห้ง 9 สัปดาห์ 19

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

การใช้แผ่นฟิล์มและการฉีดพ่นไคโตซานและไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียมในการถนอมผลิตภัณฑ์ประมง

สิริรัตน์ จงฤทธิพร[*]

กลุ่มวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพ กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง

บทคัดย่อ

ทดลองทำแผ่นฟิล์มไคโตซาน โดยใช้ไคโตซานความเข้มข้น 0.5 % และไคโตซาน 0.5 % ผสม dextrin 0.5 % และไคโตซานผสม glycerol 1% พบว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานและแผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5 % มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มคงรูปร่างสมบูรณ์ แต่แผ่นฟิล์มไคโตซานผสม glycerol 1% มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มที่ม้วนงอไม่คงรูป ในการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมdextrin 0.5 % และแผ่นฟิล์มไคโตซานมีผลดังนี้คือค่าต้านทานแรงดึง 12.4 (N) และ 4.24 (N) ค่าความต้านทานการซึมผ่านไอน้ำ 84.1 และ 62.96 g/m^2/day และค่าการซึม ผ่านออกซิเจนเท่ากับ 3136 และ 2797 cc/m^2/day ตามลำดับ

การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของรา *Penicillium roqueforti* และ *Aspergillus awamori* ของแผ่นฟิล์มไคโตซานและแผ่นฟิล์มไคโตซานที่ผสมสารสกัดกระเทียม 2.5% บนเพลทอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่ราลงไปจำนวน 10^3 CFU/ml พบว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญของราทั้งสองชนิด โดยไม่พบการเจริญของราบนแผ่นฟิล์มตลอดระยะเวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 30°C ส่วนการผสมสารสกัด กระเทียมในแผ่นฟิล์มช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของราโดยสังเกตเห็นบนอาหารเลี้ยงเชื้อพบส่วนใสรอบๆ แผ่นฟิล์มดังกล่าว การผลิตแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียมพบว่า สารสกัดกระเทียมจับตัวกันเป็นก้อนขณะขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มซึ่งทำให้พื้นผิวแผ่นฟิล์มที่ได้ไม่เรียบสม่ำเสมอ มีรูและรอยแตก ไม่สามารถนำไปใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ได้

การทดลองการเก็บรักษากุ้งแห้ง โดยใช้แผ่นฟิล์มไคโตซาน และการฉีดพ่นไคโตซานและไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียม แบ่งการทดลองออกเป็น 7 ชุดทดลอง ได้แก่ A :กุ้งแห้งชุดควบคุม B:กุ้งแห้งที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียม C : กุ้งแห้งฉีดพ่นสารละลายไคโตซาน และ D: กุ้งแห้งฉีดพ่นสารสกัดกระเทียม E:กุ้งแห้งที่ห่อด้วยแผ่นฟิล์มไคโตซานและแผ่นฟิล์มพลาสติก F: กุ้งแห้งที่ห่อด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติก และ H : กุ้งแห้งที่ห่อด้วยแผ่นฟิล์มไคโตซาน ตามลำดับ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-35 ^{o}C) สุ่มตัวอย่างตรวจคุณภาพโดยผู้ทดสอบและวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (TPC) ยีสต์และรา และวิเคราะห์ค่าด่างระเหยทั้งหมด (TVB) ตัวอย่าง B และ C มีค่า TPC ยีสต์และรา ต่ำกว่าตัวอย่างอื่น ๆ แต่พบว่าค่า TVB ของ A –D มีค่าสูงกว่า E, F, และ H ส่วนคะแนนประเมิน

คุณภาพโดยผู้ทดสอบพบว่าตัวอย่าง B C E F และH มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับทุกด้าน ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสชาติ, และเนื้อสัมผัสตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 9 สัปดาห์ ส่วน A และ D ไม่เป็นที่ยอมรับด้านลักษณะปรากฏ เพราะพบราในตัวอย่างหลังจากเก็บรักษาได้ 3 สัปดาห์

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

คำสำคัญ : แผ่นฟิล์มไคโตซาน สารสกัดกระเทียม กุ้งแห้ง การเก็บรักษา

[๑]เกษตร-กลาง ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐ โทร. ๐ ๒๙๔๐๖๑๓๐-๔๕ e-mail : siriratc@fisheries.go.th

The Application of Chitosan Film and Spraying Chitosan with Garlic Extract for Preservation of Seafood Product

Sirirat Jongrittiporn [1]

Aquatic Biotechnology Unit, Fishery Technological Development Division

Department of Fisheries

ABSTRACT

Chitosan film were prepared by solution casting techniques using 0.5% chitosan in 1% acetic acid. Two binders; 0.5% dextrin and 1% glycerol were added to chitosan solution in order to improve the film property. The obtained chitosan film and 0.5% dextrin-chitosan film showed smooth surface and complete feature, while the 1% glycerol – chitosan film exhibited cling and curling edges unproper film feature. The properties of chitosan film and 0.5% dextrin-chitosan film; as tensile strength, water vapor transmission rate, and oxygen transmission rate were 4.24 (N) and 12.4 (N), 62.96 and 84.1g/m^2/day, 2797 and 3136 cc/m^2/day respectively.

The inhibition effect of chitosan film and 2.5 % allicin-chitosan film on *Aspergillus awamori* and *Penicillium roqueforti* were studied by using spot on lawn technique. No growth of these two molds was observed on the film surface during ten –day of incubation at 30 ^{0}C. The clear zone was observed around the allicin-chitosan film indicated the antimicrobial enhancement of allicin. However the addition of allicin in chitosan solution resulted to the uneven surface and failure of film feature.

The shelf-life of dried shrimp B, C, D treated with the spray of 0.5% chitosan solution with and without adding of allicin and the spray of allicin respectively were conducted and compared to the control dried shrimp (A). Dried shrimp ; E, F and H; were wrapped with chitosan film and plastic (PVC) film , plastic film and chitosan film, respectively.

The changes of total bacterial count; TPC, yeast and mold count, total volatile base (TVB)

and sensory evaluation were observed during storage at room temperature (30-35 ^{o}C) The results showed TPC and yeast-mold count of B and C were lower than other samples. The TVB of A,B,C and D were higher than E,F and H. The sensory evaluations showed that all samples were accepted by the panalists althrough the storage period of 9 weeks The appearance of A and D were unaccepted after three-week of storage because the appearance of mold were observed.

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

Key word : Chitosan Film, Garlic Extract(Allicin), Dried Shrimp, Preservation

[1] Kaset-klang, ladyaw, chatuchak, Bangkok 10900 Tel. 0 29406130-45 e-mail : siriratc@fisheries.go.th

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความใส่ใจในความปลอดภัยของอาหารเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งหน่วยงานราชการ ก็ได้เพิ่มความเข้มงวดในเรื่องการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนั้นผู้ประกอบการด้านอาหารจึงหันมาสนใจการใช้สารธรรมชาติเพื่อมาทดแทนการใช้สารเคมีในอาหาร ไคโตซานซึ่งเป็นสารธรรมชาติที่ได้จากเปลือกกุ้งและปูกำลังเป็นที่สนใจ เพราะเป็นสารที่สกัดได้จากเศษเหลือโรงงานแปรรูปที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก คุณสมบัติเด่นของไคโตซานคือสารไคโตซานละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ (organic acid) สารละลายไคโตซานมีสมบัติเป็นแคทอิออนิกพอลิเมอร์ (cationic polymer) จากคุณสมบัติดังกล่าวของไคโตซาน ทำให้มีสมบัติเฉพาะตัวในการเกิดปฏิกิริยากับสารหลายชนิด และมีสมบัติพิเศษในการดูดซับทั้งอิออนบวกและอิออนลบ (สุวลี, 2542) จึงมีการนำไคโตซานมาใช้ในหลายด้าน เช่น การนำมาใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรม การเป็นสารกระตุ้นภูมิต้านทานของโรคพืช การนำมาใช้เป็นสารยับยั้งแบคทีเรียในการถนอมอาหาร เช่น การศึกษาผลของไคโตซานต่อคุณภาพ และการเก็บรักษา สตรอเบอร์รี่สด พบว่า ผลสตรอเบอร์รี่สดที่เคลือบด้วยไคโตซานฟิล์มมีการเน่าเสียช้ากว่าสตรอเบอร์รี่ที่ไม่ได้เคลือบไคโตซานฟิล์ม (Ahmed,1991) ส่วนในลูกกวาด พบว่า การใช้ไคโตซานที่ปริมาณ 3.0-5.0 mg/ml สามารถยับยั้งรา *Aspergillus parasiticus, Aspergillus niger* และยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษาลูกกวาดได้อีกด้วย (Shao,1994) และการผสมไคโตซานลงในมายองเนส มีผลทำให้จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในมายองเนสลดลง 10^4 เท่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม (Sibel and Covill,2000) นอกจากนี้ ในการศึกษาการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ผิวหน้าในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อ โดยการประยุกต์ใช้ฟิล์มไคโตซานที่ผสมสารยับยั้งแบคทีเรีย พบว่าแบคทีเรียชนิด *Serratia liquefaciens*, *Lactobacillus sakei* ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตในระหว่างการเก็บรักษา (Blaise, *et al*, 2000) การประยุกต์ใช้ไคโตซานฟิล์มในอาหารสามารถใช้ในรูปของการพ่นสารละลายไคโตซานเคลือบที่ผิวให้เกิดเป็นฟิล์ม หรือการนำสารละลายไคโตซานมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม นอกจากนี้ยังมีการใช้สารธรรมชาติต่าง ๆ ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น เช่น การผสม essential oil (oregano) ในแผ่นฟิล์มไคโตซาน เพื่อยับยั้งการเจริญ กับ *Listeria monocytogenes* และ *Escherichia coli* 0157:H7 (Zivanovic, *et al*, 2005)

กุ้งแห้งเป็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ จากสถิติการส่งออกปี 2545 ไทยส่งออกกุ้งแห้งจำนวน 336.63 ตันคิดเป็นมูลค่า 92.08 ล้านบาท (ที่มา : กองประมงต่างประเทศ รวบรวมจากกรมศุลกากร) แต่มักพบปัญหาในการเก็บรักษาคือ การเสื่อมคุณภาพที่เกิดจากจุลินทรีย์โดยเฉพาะราซึ่งผู้ประกอบการจะต้องเก็บรักษาในห้องเย็นร่วมกับการใช้สารเคมี (เบนโซอิก/ซอร์บิก) ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงนำไคโตซานมาใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวโดยวิธีการพ่นเคลือบที่ตัวผลิตภัณฑ์โดยตรงและการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มแล้วจึงใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้ยังได้นำสารสกัดกระเทียม (Allicin) ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของราและแบคทีเรีย (Micheal,1993) มาใช้ร่วมกับไคโตซานเพื่อช่วย

เพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1.ทดลองทำแผ่นฟิล์มไคโตซานรูปแบบต่างๆ และศึกษาถึงคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มที่ได้ทางด้านการซึมผ่านของกาซออกซิเจน การต้านแรงดึงขาด และการต้านทานไอน้ำ

2.ศึกษาผลของการผสมสารสกัดกระเทียมในแผ่นฟิล์มไคโตซานเพื่อยับยั้งการเจริญของรา

3.ศึกษาการใช้ไคโตซานเพื่อการเก็บรักษากุ้งแห้ง โดยการฉีดพ่นสารลงบนกุ้งแห้งและการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มใช้ห่อกุ้งแห้ง

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

วิธีดำเนินการ

วัสดุและอุปกรณ์

1. ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง : จากบริษัท ซีเฟรชไคโตซาน (แล็บ) จำกัด น้ำหนักโมเลกุล 785,000 ดาลตัน Deacetylation 90 %
2. Dextrin (Merck)
3. Glycerol (Merck)
4. สารสกัดกระเทียม (garlic extract powder) : Allicin potential 1 % คาร์โบไฮเดรท 68.69 % Pathogenic bacteria – negative จากบริษัท ขาวละออเภสัช จำกัด
5. กรดอะซิติกความเข้มข้น 100%
6. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10 %
7. เชื้อรา *Penicillium roqueforti* และ *Aspergillus awamori* : จากศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
8. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (Acumedia) สารละลายสปอร์ (Sodium bis (2-ethylhexyl) Sulfosuccinate) $C_{20}H_{37}NaO_7S$
9. ถาดพลาสติก Polyethelene (PE) ขนาด (22 x 15.5 cm.) ใช้ในการเตรียมแผ่นฟิล์ม
10. ตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Contherm Phytotron climate simulator)
11. กุ้งแห้งผลิตเสร็จใหม่จากแหล่งผลิตบางแสนจ.ชลบุรี
12. บรรจุภัณฑ์ ถุง KOP ขนาด 17X25 cm. ถาดรองผลิตภัณฑ์ PP ขนาด 13X18.5 cm.,แผ่นฟิล์มพลาสติกสำหรับห่ออาหาร (Glad wrap : First Brands Co-operation)

วิธีการทดลอง

1. ทำแผ่นฟิล์มไคโตซาน แผ่นฟิล์มไคโตซานผสมglycerol 1% แผ่นฟิล์มไคโตซานผสมdextrin 0.5% และการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้

1.1การทำแผ่นฟิล์มไคโตซาน (แผนภูมิที่ 1 ในภาคผนวกที่ 3)

เตรียมสารละลายไคโตซาน 0.5% ในกรดอะซิติกเข้มข้น 1% จากนั้นปรับ pH ของสารละลายให้ได้ 6.0 ด้วย 10% NH_4OH แล้วชั่งสารละลายนี้มา 85 กรัม แล้วขึ้นรูปโดยเทสารละลายดังกล่าวลงบนถาดพลาสติก polyethylene ขนาด 22 x 15.5 cm แล้วนำไปอบในตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิที่ 40 ^{o}C นาน 21 ชม. ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 48 % จากนั้นลอกฟิล์มไคโตซานออกจากถาดพลาสติก

1.2การทำแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมDextrin 0.5 % และ แผ่นฟิล์มไคโตซานผสมGlycerol 1 %

กองบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

เตรียมสารละลายไคโตซาน 0.5 % ดังเช่นในข้อ 1.1 แล้วชั่ง Dextrin 0.5 กรัม และGlycerol 1 กรัมจากนั้นผสมสารแต่ละตัวลงในสารละลายไคโตซานที่เตรียมไว้ แล้วนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มตามข้อ 1.1

1.3การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มชนิดต่าง ๆ การทดสอบดำเนินการโดย ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก. วัดความหนาของแผ่นฟิล์ม โดยใช้วิธีตามมาตรฐาน ASTMD-645 D -374 (Storer, *et.. al.*,1994)

ข.คุณสมบัติการซึมผ่านของกาซออกซิเจน ใช้วิธีตามมาตรฐาน ASTMD 3985 – 8 (Storer, *et.. al.*,1994)โดย เครื่องIllinois instrument : 8500 oxygen permeation analyzer

ค.คุณสมบัติการต้านแรงดึงขาดและค่าการยืดตัว ใช้วิธีตามมาตรฐาน ASTMD 882-91 (Storer, *et.. al.*,1994)โดย เครื่องทดสอบแรงดึง tesmometric universal tester

ง. การต้านทานไอน้ำ ใช้วิธีตามมาตรฐาน ASTMD E96-93 (Storer, *et.. al.*,1994)โดย WVTR (water vapor transmission) dish

2.การทำแผ่นฟิล์มไคโตซาน แผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียม และทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Aspergillus awamori* และ *Penicillium roqueforti*

2.1 การทำแผ่นฟิล์มไคโตซาน และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดจากกระเทียม (ดัดแปลงวิธีจาก Trung (Personal contact) Asian Institute of Technology)

ทำแผ่นฟิล์มไคโตซานตามข้อ 1.1 สำหรับการทำแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียมทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1.1 โดยผสมสารสกัดกระเทียม 2.5% ลงในสารละลายไคโตซาน

2.2 การทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Aspergillus awamori* และ *Penicillium roqueforti*

-การเตรียม *A. awamori*และ *P. roqueforti* เพื่อใช้ในการทดสอบโดยนำเชื้อจากstock culture มาเลี้ยงบน slant ของอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar(PDA)บ่มที่ 30 ^{o}C นาน 7 วัน แล้วเขี่ยเชื้อใส่ลงในสารละลายสปอร์ (Sodium bis (2-ethylhexyl) sulfosuccinate) 0.05% 10 mlและนำมาเจือจาง (Serial dilution) ด้วยสารละลาย peptone เพื่อให้ได้เชื้อปริมาณ 10^3 CFU/ml. แล้วดูดสารละลายเชื้อที่ได้ใส่ในจานอาหาร potato dextrose agar โดยวิธี pour plate จากนั้นนำแผ่นฟิล์มไคโตซาน และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดจากกระเทียมตัดให้ได้ขนาด 5x5 ซม. วางบน จานอาหารเลี้ยงเชื้อ (Plate) ที่เตรียมไว้ ทำ Control เปรียบเทียบโดยใช้กระดาษแก้วปลอดเชื้อ ขนาดเดียวกัน (โดยนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C 15 นาที ภายใต้ความดัน 1.5 ปอนด์ แล้วนำไปอบให้แห้ง) นำจานเลี้ยงเชื้อทั้งหมดไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C นาน 8-10 วัน โดยระหว่างที่บ่มเชื้อให้สังเกตการเจริญของราทั้งสองชนิด

กองผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยศิลปากร

3.การใช้ไคโตซาน ในการเก็บรักษากุ้งแห้งโดยวิธีการฉีดพ่นและแผ่นฟิล์ม

เตรียมแผ่นฟิล์มไคโตซานทำเช่นเดียวกับข้อ 1.1 และเตรียมสารละลายไคโตซาน 0.5 % ในกรดอะซิติกเข้มข้น 1 % ปรับpH เป็น 6 และสารละลายไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียม 2.5% สำหรับฉีดพ่น

เตรียมการบรรจุกุ้งแห้งเพื่อทดลองการเก็บรักษา ซื้อกุ้งแห้งที่เพิ่งผลิตเสร็จใหม่ ๆ จากแหล่งผลิตในบริเวณบางแสน จ.ชลบุรี แล้วนำมาแบ่งทดลองเก็บรักษา(ตามแผนภูมิที่ 2 ในภาคผนวกที่ 3) โดยกำหนดให้ A เป็นชุดควบคุมคือ กุ้งแห้งไม่ฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซาน ส่วน B C D เป็นกุ้งแห้งที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียม สารละลายไคโตซาน และสารสกัดกระเทียมตามลำดับ แล้วบรรจุตัวอย่าง A B C D ในถุง KOP ถุงละ 70 กรัมและปิดผนึกปากถุง สำหรับการเก็บรักษาโดยห่อด้วยแผ่นฟิล์มไคโตซาน E และH เป็นตัวอย่างกุ้งแห้งที่ห่อด้วยแผ่นฟิล์มไคโตซานและพลาสติกฟิล์ม และแผ่นฟิล์มไคโตซานตามลำดับ ส่วนF เป็นตัวอย่างที่ห่อด้วยพลาสติกฟิล์ม

ตัวอย่างทั้งหมดเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-35 ^{o}C) ในระหว่างเก็บรักษาสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพที่เวลา 0,1,3,5,7 และ 9 สัปดาห์โดยนำตัวอย่างที่สุ่มมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัส ได้แก่ ปริมาณด่างที่ระเหยทั้งหมด (Total Volatile Base, TVB) (Miwa and Low, 1992) จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (Total plate count, TPC) และจำนวนยีสต์และรา ดัดแปลงจากวิธีของ BAM,1992 คุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยผู้ทดสอบจะให้คะแนนในแบบทดสอบ ซึ่งกำหนดคุณภาพระดับดีมากมีคะแนน 4 ดี = 3 พอใช้ = 2 และต้องปรับปรุง = 1(ดังรายละเอียดตามแบบประเมินการทดสอบในภาคผนวกที่ 2)ในการวิจัยนี้กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับต้องได้คะแนนทดสอบไม่น้อยกว่า 2

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่วิเคราะห์ได้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ANOVA two factors without replication

กองพัฒนาอาชีพกรมประมง

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การทำแผ่นฟิล์มไคโตซาน แผ่นฟิล์มไคโตซานผสมglycerol1% แผ่นฟิล์มไคโตซานผสมdextrin0.5% และการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์ม

ภาพที่ 1 ลักษณะแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมdextrin0.5% แผ่นฟิล์มไคโตซาน แผ่นฟิล์มไคโตซานผสม glycerol1% ที่ได้

ในการทำแผ่นฟิล์มไคโตซาน แผ่นฟิล์มไคโตซานผสมglycerol 1% และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5 % พบว่าหลังการอบแห้งแผ่นฟิล์มไคโตซาน และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5% สามารถลอกออกจากถาดพลาสติกได้เป็นแผ่นสมบูรณ์ ในขณะที่แผ่นฟิล์มไคโตซานผสม glycerol 1% ฟิล์มจะหดตัว ม้วนตัวไม่แผ่เป็นแผ่นที่คงตัว การที่แผ่นฟิล์มไคโตซานผสม glycerol 1% มีลักษณะดังกล่าวข้างต้นอาจเนื่องมาจาก glycerol เป็น alcoholที่มีหมู่ OH 3 ตำแหน่งในโมเลกุลซึ่งหมู่ OH นี้อาจเป็นตัว binding กับโมเลกุลของไคโตซานซึ่งทำให้ฟิล์มที่ได้มีความนิ่ม ม้วนตัว ดังนั้น เมื่อพิจารณาการนำแผ่นฟิล์มไปใช้งาน จะเห็นว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานและแผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5% มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มที่คงตัว ไม่หดหรือม้วนตัว จึงนำฟิล์มทั้งสองนี้ไปทดสอบคุณสมบัติขั้นต่อไป

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของแผ่นฟิล์มไคโตซาน และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5%

คุณสมบัติ	ชนิดของแผ่นฟิล์ม	
	แผ่นฟิล์มไคโตซาน	แผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5%
1. ความหนา (mm.)	0.02	0.02
2. การซึมผ่านของกาซออกซิเจน(cc./m^2/day)	2,797	3,136
3. การต้านทานแรงดึง (N)	4.24	12.4
4. การซึมผ่านของไอน้ำบนแผ่นฟิล์ม (g/m^2/day)	62.96	84.10

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าแผ่นฟิล์มไคโตซาน และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5% ที่ได้ วัดความหนาได้เท่ากันคือ 0.02 มม. ค่าการซึมผ่านของกาซออกซิเจน พบว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานมีค่าการซึมผ่านของกาซออกซิเจนน้อยกว่า แผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5% ค่าการต้านทานแรงดึง พบว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานมีค่าการต้านทานแรงดึงน้อยกว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5% อาจเป็นไปได้ว่าโมเลกุล dextrin ช่วยจับยึดเป็นโครงข่ายกับโมเลกุลไคโซาน(http://www.lsbu.ac.uk/water/hypol.html) ส่วนค่าการซึมผ่านของไอน้ำบนแผ่นฟิล์ม พบว่าแผ่นฟิล์มไคโตซาน มีค่าการซึมผ่านของไอน้ำน้อยกว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5 % จากคุณสมบัติข้างต้นจึงสรุปได้ว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานมีคุณสมบัติที่ดีกว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมdextrin 0.5%ในการที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารคือป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและไอน้ำได้ดีกว่าแม้ว่าความแข็งแรงของแผ่นฟิล์มจะน้อยกว่า ดังนั้นจึงเลือกแผ่นฟิล์มไคโตซานไปใช้ในการทำการทดลองขั้นต่อไป

2.การทำแผ่นฟิล์มไคโตซาน และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียม และทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Aspergillus awamori* และ *Penicillium roqueforti*

การทดลองนี้เป็นการศึกษาผลของการเติมสารสกัดกระเทียมในแผ่นฟิล์มไคโตซานเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของรา โดยเลือกทดสอบกับรา 2 ชนิด คือ *A. awamori* และ *P. roqueforti* ซึ่งมีรายงานว่าเป็นสาเหตุการเสื่อมเสียของกุ้งแห้ง (Wu and Salunkhe, 1978)

ผลการสังเกตการเจริญเติบโตของราทั้งสอง(ตารางที่ 2) พบว่าในระยะเวลาเริ่มต้นไม่เห็นความแตกต่างของการเจริญของราทั้งสองชนิด บนแผ่นฟิล์มชนิดต่าง ๆ แต่เมื่อบ่มเชื้อนาน 6 วัน พบว่าในจานเลี้ยงเชื้อที่มีแผ่นฟิล์มไคโตซานและจานเลี้ยงเชื้อที่มีแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียมไม่พบราเจริญบนแผ่นฟิล์ม ไม่มีโซนใส แต่ในชุดควบคุม พบราเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อและบนกระดาษแก้ว ในวันที่ 8

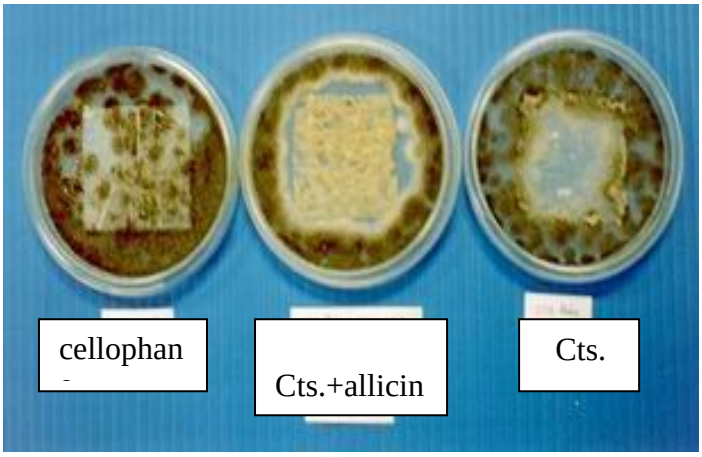
พบว่ามีราเจริญเพิ่มขึ้นในชุดควบคุม ขณะที่จานเลี้ยงเชื้อที่มีแผ่นฟิล์มไคโตซานพบราขึ้นเฉพาะรอบแผ่นฟิล์ม ไม่พบราเจริญบริเวณที่วางแผ่นฟิล์ม(ทั้งด้านบนและล่างของแผ่นฟิล์ม) ส่วนจานเลี้ยงเชื้อที่วางแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียมสังเกตผลได้แบบเดียวกันแต่พบว่ามีโซนใสเกิดขึ้นรอบแผ่นฟิล์ม โดยวัดความกว้างได้ 0.5 ซม. และ 0.3 ซม. บนจานเชื้อ *A. awamori* และ *P. roqueforti* ตามลำดับ (ภาพที่ 2) แสดงว่าสารสกัดกระเทียมแพร่จากแผ่นฟิล์มออกมารอบๆจึงมีผลยับยั้งการเจริญของราทั้งสองชนิด โดยมีผลยับยั้งต่อ *A. awamori*ได้ดีกว่า *P. roqueforti* จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญของราทั้งสองชนิดได้ ซึ่งการยับยั้งการเจริญของราเกิดจาก interaction ของไคโตซานกับ DNA โดยไปขัดขวางการสังเคราะห์ mRNA นอกจากนี้ยังพบว่าเกิดการ interaction ระหว่างประจุบวกของไคโตซานทำให้เกิด electronegative บริเวณพื้นผิวของเซลล์ จึงทำให้ความสามารถในการซึมผ่านของสารต่าง ๆ ที่ผนังเซลล์ลดลง (Hadwiger *et.al*, 1984) การผสมสารสกัดกระเทียมช่วยเพิ่มความสามารถในการยับยั้งการเจริญของราทั้งสองโดยมีรายงานว่านำกระเทียมในอัตราส่วน 1: 256 จะยับยั้ง *Staphylococcus aureous* ได้และอัตราส่วน 1: 128 สามารถยับยั้งการเจริญของ *E.coli* ได้ (Davidson,1993) ในกระเทียมหรือหอมจะมี allicin และสารประกอบซัลเฟอร์อื่น ๆ แต่ตัวสำคัญที่สุดคือ allicin ที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้เนื่องจากการเข้าไปจับกับกลุ่ม –SO-S- ในโมเลกุลจุลินทรีย์ สารตัวนี้จะไปรบกวนกระบวนการเมตาบอลิซึมเริ่มแรกของจุลินทรีย์ โดยจะออกซิไดซ์ –SH- ในโปรตีนให้เป็นสารไดซัลไฟด์ (-S-S-) การยับยั้งแบบแข่งขันต่อสารประกอบซัลเฟอร์ เช่น Cysteine และ Glutathione โดยการจับกับสารประกอบซัลเฟอร์เหล่านี้ ส่วนการยับยั้งแบบไม่มีการแข่งขัน allicin จะจับกับหมู่ –SH-ของเอนไซม์ (Barone and Tansey,1977)

จากข้อมูลที่ได้นี้ จึงนำไปทดลองทำแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียม ซึ่งพบว่าในขณะขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม สารสกัดกระเทียมในสารละลายดังกล่าวจะจับตัวกันทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้ไม่เรียบสม่ำเสมอกัน มีรอยแตกและเป็นรู และแผ่นฟิล์มจะดูดความชื้นในอากาศ จึงทำให้แผ่นฟิล์มมีลักษณะชื้นแฉะ ไม่สามารถนำมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ได้ ดังนั้นจึงใช้วิธีการฉีดพ่นสารละลายไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียมเพื่อเคลือบผลิตภัณฑ์โดยตรง แทนการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม

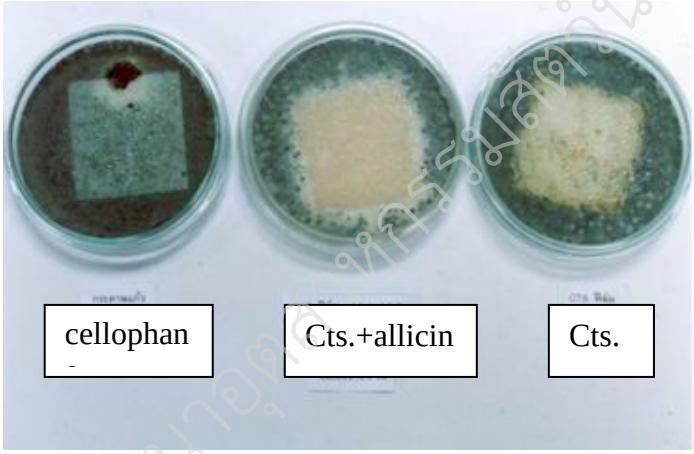
ตารางที่ 2 ผลการเจริญของ *Aspergillus awamori* และ *Penicillium roqueforti* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่เวลาต่าง ๆ

วันที่	กระดาษแก้ว(cellophane)		ฟิล์มไคโตซาน (CTS.)		ฟิล์มไคโตซานผสม allicin (CTS. + Allicin)	
	Aspergillus awamori	***Penicillium roqueforti***	***Aspergillus awamori***	***Penicillium roqueforti***	***Aspergillus awamori***	***Penicillium roqueforti***
3	เชื้อยังไม่เจริญ	เชื้อยังไม่เจริญ	เชื้อยังไม่เจริญ	เชื้อยังไม่เจริญ	เชื้อยังไม่เจริญ	เชื้อยังไม่เจริญ
6	เชื้อเริ่มเจริญบนอาหารและบนกระดาษแก้ว	เชื้อเริ่มเจริญบนอาหารและบนกระดาษแก้ว	เชื้อเริ่มเจริญบนอาหาร	เชื้อเริ่มเจริญบนอาหาร	เชื้อเริ่มเจริญบนอาหาร	เชื้อเริ่มเจริญบนอาหาร
8-10	เชื้อเจริญรอบ ๆ กระดาษแก้วและเจริญบนกระดาษแก้ว	เชื้อเจริญรอบ ๆ กระดาษแก้วและเจริญบนกระดาษแก้ว	เชื้อเจริญเพิ่มมากขึ้นรอบ ๆ แผ่นฟิล์มในวันที่ 10	เชื้อเจริญเพิ่มมากขึ้นรอบ ๆ แผ่นฟิล์มในวันที่ 8	สังเกตเห็นโซนใสรอบ ๆ แผ่นฟิล์มวัดความยาวได้ 0.5 ซม. ในวันที่ 10	สังเกตเห็นโซนใสรอบ ๆ แผ่นฟิล์มวัดความยาวได้ 0.3 ซม. ในวันที่ 8

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ



Aspergillus awamori



Penicillium roqueforti

ภาพที่2 โซนใสที่เกิดขึ้นรอบแผ่นฟิล์มไคโตซานและแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียมในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มี *Penicillium roqueforti* และ *Aspergillus awamori* เจริญอยู่

กรมวิชาการเกษตร

3.การใช้แผ่นฟิล์มไคโตซานและการฉีดพ่น ในการเก็บรักษากุ้งแห้ง

ในการทดลองนี้ใช้กุ้งแห้งที่ผลิตเสร็จใหม่ ๆ โดยวิเคราะห์ค่าความชื้น และเกลือได้เท่ากับร้อยละ 15.87 และ 6.11 ตามลำดับ และ pH เท่ากับ 8.01 จำนวนแบคทีเรีย เท่ากับ $2.8x10^3$ CFU/g ราและยีสต์ $3x10^3$ CFU/g จากผลวิเคราะห์พบว่ากุ้งแห้งที่ทำมาใช้เป็นตัวอย่างนั้นมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 309/2547 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)ที่กำหนดให้ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 20 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดไม่เกิน $1x10^5$ CFU/g ยกเว้นปริมาณยีสต์และราในตัวอย่างที่พบสูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้ไม่เกิน 500 โคโลนี/ ตัวอย่าง 1 กรัม

คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างกุ้งแห้งที่ทดลองเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ แสดงในภาพที่ 3 ซึ่งมีผลดังนี้

คุณภาพด้านลักษณะปรากฏ พบว่าทุกชุดการทดลองได้คะแนนลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 9 สัปดาห์ ยกเว้น A ซึ่งเป็นชุดควบคุม และ D กุ้งแห้งที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดกระเทียม มีคะแนนไม่เป็นที่ยอมรับหลังการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ เพราะมีราขึ้นที่ตัวกุ้งแห้ง ดังนั้นจึงไม่นำทั้งสองตัวอย่างมาประเมินคุณภาพด้านอื่นๆ ต่อไป จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาและวิธีการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อลักษณะปรากฏ ($P<0.05$) ตัวอย่างฉีดพ่นด้วยไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียมและไม่ผสมสารสกัดกระเทียมได้รับการยอมรับดีกว่าชุดทดลองที่ห่อด้วยแผ่นฟิล์มไคโตซาน

คุณภาพด้านสี พบว่าสีของกุ้งแห้งค่อยคล้ำขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาทำให้คะแนนการยอมรับด้านสีลดลง($P < 0.05$) ทุกชุดการทดลองมีคะแนนยังอยู่ในเกณฑ์ยอมรับตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 9 สัปดาห์ แต่ตัวอย่าง E F H ได้คะแนนน้อยกว่าตัวอย่าง B และC ($P<0.05$) เพราะมีสีคล้ำจนแตกต่างจากตัวอย่าง B และC ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการฉีดพ่นสารไคโตซานเคลือบที่กุ้งแห้งโดยตรงมีส่วนช่วยรักษาสีของกุ้งแห้ง เพราะไคตินและไคโตซานมีคุณสมบัติในการจับสี (Dye binding property) ซึ่งความสามารถในการจับสีของไคโตซานเกิดในช่วงความเป็นกรดด่าง 5.5-7.0 (Knorr, 1984)

ผลการประเมินด้านกลิ่นพบว่า คะแนนด้านกลิ่นของตัวอย่างกุ้งแห้งในทุกชุดการทดลองลดลงตามอายุการเก็บรักษา($P<0.05$) แต่ทุกชุดการทดลองได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ยอมรับตลอดการทดลอง 9 สัปดาห์ โดยชุดทดลอง B และC ได้รับการยอมรับแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ ($P<0.05$)

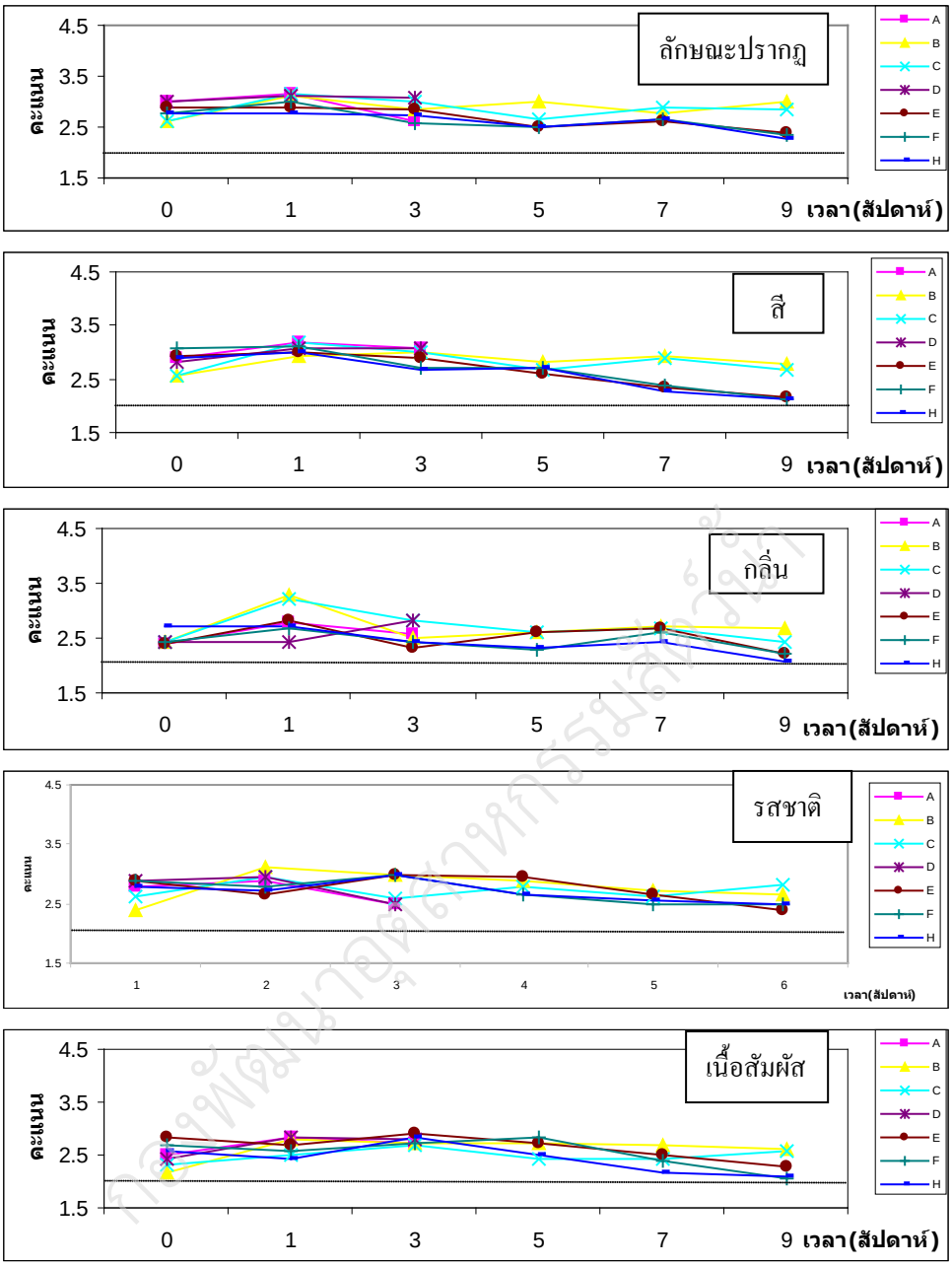
การประเมินด้านรสชาติ พบว่าการยอมรับด้านรสชาติก็ให้ผลในทำนองเดียวกับกลิ่น โดยทุกชุดทดลองได้คะแนนลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) แต่คงอยู่ในเกณฑ์การยอมรับตลอดระยะเวลาการทดลอง 9 สัปดาห์ และวิธีการเก็บรักษากุ้งแห้งก็มีอิทธิพลต่อคะแนนการยอมรับด้านรสชาติ ($P<0.05$) โดยชุดการทดลอง B และC ได้รับการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่าชุดทดลองอื่นๆตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษา ชุดการทดลอง B C และD ได้คะแนนน้อยกว่า E F และH ทั้งนี้อาจเนื่องจากการอบแห้งกุ้งแห้งหลังการฉีดพ่นไคโตซานทำให้ความชื้นในกุ้งแห้งลดลง เนื้อสัมผัสจึงแข็ง แต่ระหว่างการทดลองเก็บรักษานั้น พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับเนื้อสัมผัสของ B และC เพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าวิธีการเก็บรักษาและระยะเวลามีผลต่อการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส ($P<0.05$) โดยเมื่อระยะเวลการเก็บเพิ่มขึ้นคะแนนการยอมรับของทุกชุดทดลองลดลงแต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์การยอมรับตลอดการเก็บรักษา 9 สัปดาห์

จากผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสสรุปได้ว่า การฉีดพ่นไคโตซานทั้งผสมและไม่ผสมสารสกัดกระเทียมทำให้ตัวอย่างกุ้งแห้งได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบดีกว่าตัวอย่างชุดที่ใช้แผ่นฟิล์มในการห่อกุ้งแห้งในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยาของกุ้งแห้งที่ทดลองเก็บรักษา (ตารางที่ 3 และ 4) พบว่า จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด(TPC) ในทุกชุดทดลองเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P<0.05$) วิธีการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการเพิ่มจำนวนแบคทีเรีย ($P<0.05$) โดยพบว่า การฉีดพ่นสารไคโตซาน ทั้งที่ไม่ผสมและผสมสารสกัดกระเทียม บนกุ้งแห้งโดยตรง(ชุดทดลองB และ C) ช่วยชะลอการเจริญของแบคทีเรียได้ดี โดยค่า TPC ที่วิเคราะห์ได้ ไม่เกินเกณฑ์กำหนดของ มผช. ที่กำหนดไว้ที่ 10^5 CFU/g Jongrittiporn (2001) รายงานว่าไคโตซานยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยทำให้ระยะ lag phase ของจุลินทรีย์ยืดออกไป และการผสมสารสกัดกระเทียมในไคโตซานทำให้ค่า TPC ในตัวอย่าง Bเพิ่มช้ากว่าตัวอย่าง C แต่การฉีดพ่นสารสกัดกระเทียม (allicin) เพียงอย่างเดียว (ตัวอย่างD) ไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย เพราะค่า TPC ของ Dไม่แตกต่างจากตัวอย่าง A ซึ่งเป็นชุดควบคุมแต่อย่างใด สำหรับค่า TPC ของตัวอย่างกุ้งแห้งห่อด้วยแผ่นฟิล์มไคโตซาน E และ H เพิ่มขึ้นรวดเร็วใกล้เคียงกับค่าของตัวอย่าง F ที่ห่อด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกห่ออาหารเพียงอย่างเดียว แสดงว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานห่อกุ้งแห้งไม่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเจริญของแบคทีเรีย

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของจำนวนราทั้งหมดของตัวอย่าง A- H ในระหว่างการเก็บรักษา(ตารางที่ 4) พบว่าวิธีการเก็บรักษาและระยะเวลาเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการเพิ่มของจำนวนราในตัวอย่าง($P<0.05$) โดยพบว่าการเพิ่มของจำนวนราของแต่ละชุดการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกับการเพิ่มของค่า TPC คือ การฉีดพ่นกุ้งแห้งด้วยไคโตซาน ช่วยชะลอการเพิ่มจำนวนรา และการเติมสารสกัดกระเทียมลงในไคโตซาน ทำให้การเพิ่มจำนวนราช้าลง แสดงว่าสารสกัดกระเทียมเป็นสารเสริมฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของราของไคโตซานได้แต่การใช้สารสกัดกระเทียมอย่างเดียวไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของราในผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 3 คะแนนการประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของกุ้งแห้งระหว่างเก็บรักษา

หมายเหตุ : ชุดทดลองที่ 1 (A) เป็นชุดควบคุม (control)

ชุดทดลองที่ 2 (B) กุ้งแห้งที่ทำการฉีดพ่นไคโตซานเข้มข้น 0.5 % ผสมสารสกัดกระเทียม 2.5%

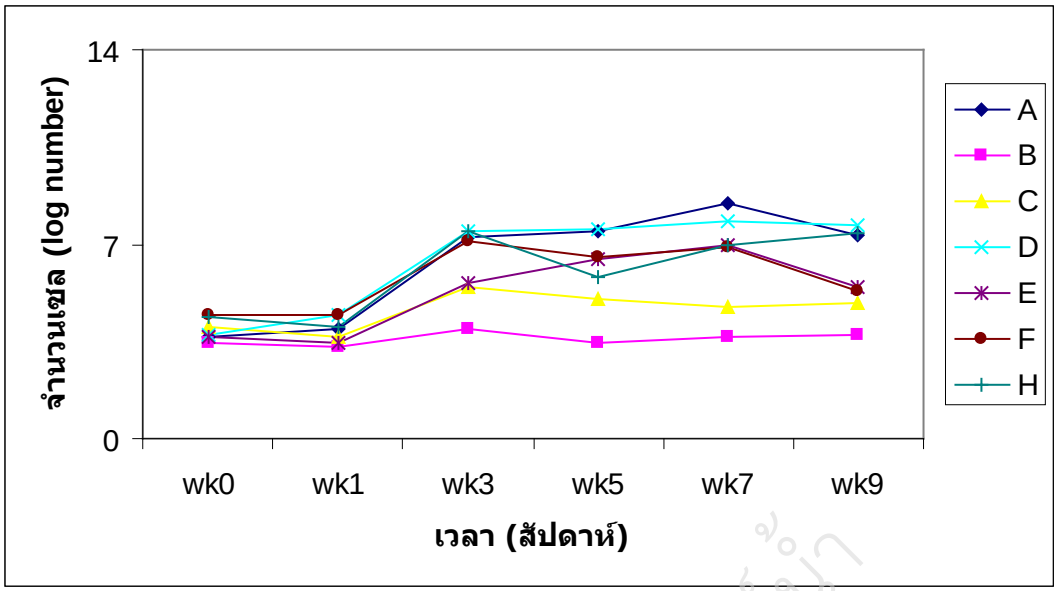
ชุดทดลองที่ 3(C) กุ้งแห้งที่ทำการฉีดพ่นไคโตซานเข้มข้น 0.5%

ชุดทดลองที่ 4 (D) กุ้งแห้งที่ทำการฉีดพ่นสารสกัดกระเทียม 2.5 %

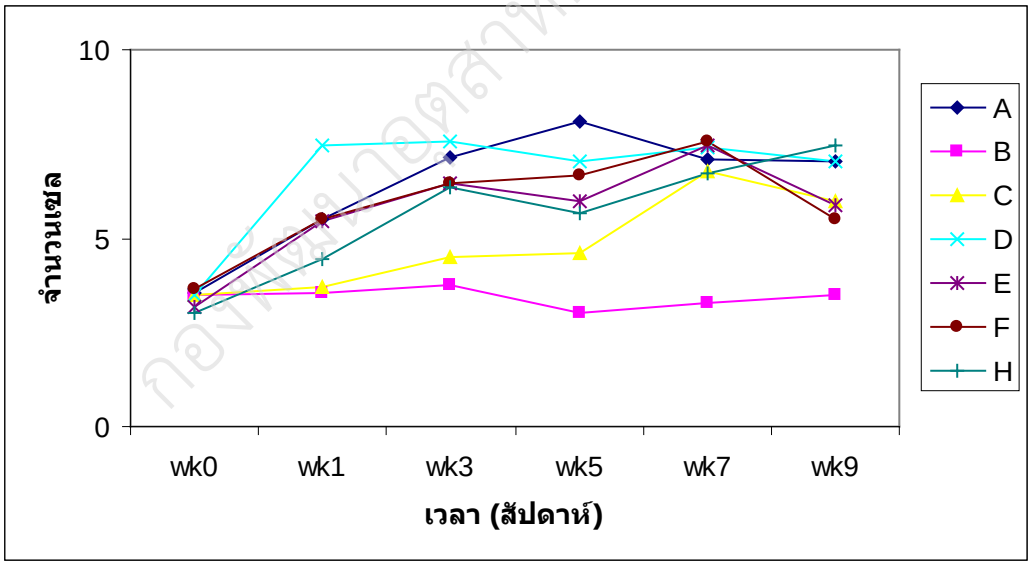
ชุดทดลองที่ 5 (E) กุ้งแห้งที่ wrap ด้วยแผ่นฟิล์มไคโตซานและ wrap อีกชั้นด้วยพลาสติกฟิล์ม

ชุดทดลองที่ 6 (F) กุ้งแห้งที่ wrap ด้วยพลาสติกฟิล์ม

ชุดทดลองที่ 7 (H) กุ้งแห้งที่ wrap ด้วยแผ่นฟิล์มไคโตซาน



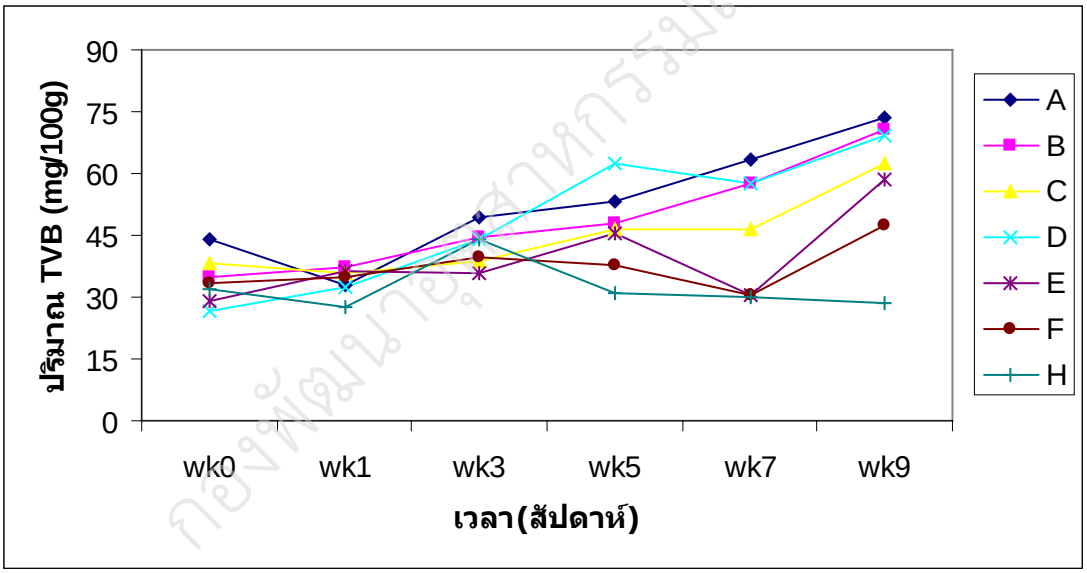
ภาพที่ 4 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (TPC) ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ตลอดการเก็บรักษากุ้งแห้ง 9 สัปดาห์



ภาพที่ 5 จำนวนราทั้งหมดในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ตลอดการเก็บรักษากุ้งแห้ง 9 สัปดาห์

กองหอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณด่างระเหยได้ทั้งหมด (TVB) ใช้เป็นค่าแสดงการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำ จากผลการวิเคราะห์ TVB ในตัวอย่างกุ้งแห้งระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 5) พบว่าค่า TVB เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง($P<0.05$) และวิธีการเก็บรักษาก็มีอิทธิพลต่อการเพิ่มของ TVB ($P<0.05$) พบว่า ค่าTVB ในตัวอย่าง A B C และ D ซึ่งบรรจุถุง KOP สูงกว่าตัวอย่าง E F และ H ซึ่งห่อด้วยแผ่นฟิล์มไคโตซานและแผ่นพลาสติกห่ออาหาร(PVC) ตลอดการเก็บรักษานั้น อาจเนื่องจากA – D บรรจุในถุง KOPที่ปิดผนึกปากถุงและคุณสมบัติของถุง KOP ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีกว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานและแผ่นพลาสติกจึงทำให้ปริมาณTVB ในตัวอย่างบรรจุถุง KOP คงเหลือในตัวอย่างสูงกว่าการห่อด้วยแผ่นฟิล์มไคโตซานและแผ่นพลาสติกห่ออาหาร นอกจากนี้การเพิ่มของ TVB (ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายโปรตีนโดยแบคทีเรีย) ไม่สอดคล้องกับจำนวนแบคทีเรียที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่าง ดังนั้นค่า TVB อาจไม่ใช่ค่าที่เหมาะสมสำหรับการประเมินคุณภาพของกุ้งแห้ง



ภาพที่ 6 ปริมาณ Total volatile base (TVB) ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ตลอดการเก็บรักษากุ้งแห้ง 9 สัปดาห์

กรมพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

สรุปผลการทดลอง

1.สามารถทำแผ่นฟิล์มได้ 3 รูปแบบคือ แผ่นฟิล์มไคโตซาน แผ่นฟิล์มไคโตซานผสม dextrin 0.5% และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสม glycerol 1% แผ่นฟิล์มไคโตซาน และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมdextrin 0.5%มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ห่อหุ้มอาหาร ส่วนแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมglycerol1% มีลักษณะทางกายภาพที่ไม่เหมาะสม จากการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มพบว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำ และค่าการซึมผ่านของออกซิเจนดีกว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมdextrin0.5%

2.การเติมสารสกัดกระเทียม (allicin) 2.5 % ในสารละลายไคโตซาน ช่วยเสริมประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus awamori* และ *Penicillium roqueforti* ซึ่งเป็นเชื้อราที่พบในกุ้งแห้งที่เสื่อมคุณภาพ การเติม allicin ในสารละลายไคโตซานเพื่อทำเป็นแผ่นฟิล์มไม่สามารถทำได้เพราะ allicin จะจับตัวกันในระหว่างการขึ้นรูปและอบแห้ง

3.การทดลองใช้แผ่นฟิล์มไคโตซานห่อกุ้งแห้ง และการฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเพื่อเคลือบกุ้งแห้งก่อนบรรจุถุง แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 – 35 ^{o}C) พบว่าการฉีดพ่นสารละลายไคโตซานที่ไม่ผสม และผสมสาร allicin ทำให้กุ้งแห้งคงคุณภาพ เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบได้ นาน 9 สัปดาห์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งเป็นที่ยอมรับเพียง 3 สัปดาห์ และการใช้แผ่นฟิล์มไคโตซานในการห่อกุ้งแห้ง ไม่มีผลให้เก็บรักษาได้นานขึ้นแต่อย่างไร

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

เอกสารอ้างอิง

สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2542. สารไคตินและไคโตซาน ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ และการประยุกต์ใช้ประโยชน์. รายงานสัมมนาวิชาการเรื่องความร่วมมือของภาครัฐและเอกชนในการพัฒนาการผลิตและการใช้สารไคติน-ไคโตซานแบบครบวงจร. วันที่ 2-3 เมษายน 2542. ณ โรงแรมไอเฟิล จังหวัดระนอง. 90 หน้า.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. กุ้งแห้ง (มผช. 309-2547). สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

Ahmede, E., G. Arul., J. Ponnampalam, and M. Boulet. 1991. Chitosan coating effect on Storability and quality of fresh strawberries. *J. Food Sci.* 56(6). 1618-1620.

Barone, F. E., and M. R. Tansey. 1977. Isolation, purification, identification, synthesis, and kinetics of activity of the anticandidal component of Allium sativum and a hypothesis for its mode of action. *Mycologia*. 69:793.

Blaise, O., E. R. Simard., P. Gabriel, B. Andre and A. R. Holley. 2000.Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *Int. J. Food Micro*.62, 139-148.

Davidson, P. M. and L. B. Alfred.1993. Antimicrobials in Foods. University of Idaho Press, USA. 441- 468.

Hadwiger, L. A., B. Fristensky and R. C. Riggleman. 1984. Chitin, chitosan and related enzymes. Academic press, Inc.291-302.

Jongrittiporn, S. 2001. A study on the preservation of fishballs using chitosan. Asian Institute of Technology. Bangkok. Thailand.

Knorr, D. 1984. Use of chitinous polymer in food. *Food Tech*. 38(1), 85-97.

Miwa, K. and S. J. Low 1992. Determination of Trimethylamine Oxide(TMAO-N),Trimethylamine (TMA-N),Total Volatile Basic Nitrogen (VB-N) by Conway's Microdiffusion Method.Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Product 2nd Edition. Marine Fisheries Research Department Southeast Asian Fisheries Development Center, Singapore.

Peeler, J.T. and L. J. Maturin 1992. Aerobic Plate Count. Chapter 3. **In** : Bacteriological Analytical Manual. Food and Drug Administration (ed). Arlington. USA. 17-26.

Shao, W. F., F. L. Chin and Y. C. Daniel. 1994. Antifungal activity of chitosan and its preservative effect on low sugar candied Kumquat. *J. Food Protect.* 56(2), 136- 140.

Sibel, R. and N. Covill. 2000. The antimicrobial properties of chitosan in mayonnaise and mayonnaise-

based shrimp salads. *J. Food Protect*. 63(2), 202-209.

Storer, R. A. and *et. al*. 1994. Selected ASTM- Standard on Packaging. Philadelphia. USA. 450 p.

Zivanovic, S., S. Chi and A. F. Draughon 2005. Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils. *J. of Food Sci.* 70(1), 45-51.

Wu, M.T. and D. K. Salunkhe 1978. Mycotoxin producing Potential of Fungi Associated with Dry Shrimps. *J. of Applied Bacteriology*. 45, 231-238.

Http : // www. lsbu. ac. uk/ water/ hypol. html.

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

ภาคผนวกที่ 3

ไคโตซาน

↓

สารละลายไคโตซาน

สารละลายไคโตซาน

สารละลายไคโตซานผสม allicin,
สารละลายไคโตซานผสมdextrin0.5%
สารละลายไคโตซานผสมglycerol 1%

↓

ขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม (casting)

↓

อบแห้ง 40 ° C นาน 21 ชม.

↓

แผ่นฟิล์ม

1 2 3

แผนภูมิที่ 1 การทำแผ่นฟิล์มไคโตซาน แผ่นฟิล์มไคโตซานผสมbinder และแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียม

หมายเหตุ : 1 แผ่นฟิล์มไคโตซานผสมdextrin0.5%
2 แผ่นฟิล์มไคโตซาน
3 แผ่นฟิล์มไคโตซานผสมglycerol1%

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

กุ้งแห้ง

ฉีดพ่นสารละลายชนิดต่างๆ

อบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C 2.5 ชม.

บรรจุ

ชุดทดลองA-D

ห่อด้วยแผ่นฟิล์มชนิดต่างๆ

ชุดทดลองE F และ H

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

แผนภูมิที่ 2 การใช้แผ่นฟิล์มไคโตซาน และการฉีดพ่นไคโตซาน ไคโตซานผสมสารสกัดกระเทียมในการเก็บรักษากุ้งแห้ง

ภาคผนวกที่ 2

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสกุ้งแห้ง

ชื่อผลิตภัณฑ์ ……

ชื่อผู้ทดสอบ……

วันที่ทดสอบ……

โปรดให้คะแนนตามคุณภาพดังนี้

ตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม

ข้อเสนอแนะ……

……

……

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

ลักษณะที่ตรวจสอบ	**เกณฑ์ที่กำหนด**	**ระดับการตัดสินใจ**			
		ดีมาก	**ดี**	**พอใช้**	**ต้องปรับปรุง**
ลักษณะปรากฏ	ต้องมีลักษณะทั่วไปดีตามธรรมชาติ เช่น เป็นตัวกุ้งแห้งสมบูรณ์ไม่แตกหัก	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของกุ้งแห้ง	4	3	2	1
กลิ่น	ต้องมีกลิ่นหอมตามธรรมชาติของกุ้งแห้ง ไม่มีกลิ่นฉุนของแอมโมเนีย กลิ่นสาบหรือกลิ่นอับ	4	3	2	1
รส	ต้องมีรสเค็มกลมกล่อมเป็นไปตามธรรมชาติของกุ้งแห้ง	4	3	2	1
เนื้อสัมผัส	ต้องเป็นเนื้อเดียวกัน และไม่แห้งหรือเปียกจนเกินไป	4	3	2	1

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

ภาคผนวกที่ 1

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของกุ้งแห้งขณะเก็บรักษา

Source of variance	df	SS	MS	F-value	P-value	Fcrit
ลักษณะปรากฏ						
Treatment	6	5.134	8.557×10^{-1}	3.378	0.011	2.421
Time	5	5.565	1.13	4.393	0.004	2.533
Error	30	7.600	2.533×10^{-1}			
สี						
Treatment	6	4.686	7.809×10^{-1}	3.365	0.0117	2.421
Time	5	7.600	1.520	6.551	0.0003	2.534
Error	30	6.962	2.321×10^{-1}			
กลิ่น						
Treatment	6	5.559	9.266×10^{-1}	5.453	0.0006	2.421
Time	5	4.1286	8.257×10^{-1}	4.860	0.0023	2.533
Error	30	5.0974	1.699×10^{-1}			
รสชาติ						
Treatment	6	6.591	1.098	5.359	0.0007	2.421
Time	5	4.286	8.571×10^{-1}	4.182	0.005	2.534
Error	30	6.149	2.05×10^{-1}			

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

Source of variance	df	SS	MS	F-value	P-value	Fcrit
เนื้อสัมผัส						
Treatment	6	4.479	7.464×10^{-1}	3.871	0.006	2.421
Time	5	4.064	8.128×10^{-1}	4.215	0.005	2.534
Error	30	5.785	1.928×10^{-1}			

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบคทีเรียทั้งหมดของกุ้งแห้งขณะเก็บรักษา

Source of variance	df	SS	MS	F-value	P-value	Fcrit
Treatment	6	49.290	8.215	6.792	0.0001	2.421
Time	5	60.724	12.145	10.041	0.00001	2.534
Error	30	36.284	1.21			

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนราของกุ้งแห้งขณะเก็บรักษา

Source of variance	df	SS	MS	F-value	P-value	Fcrit
Treatment	6	72.227	12.038	12.006	7.57×10^{-7}	2.421
Time	5	48.851	9.770	9.744	1.32×10^{-5}	2.534
Error	30	30.079	1.003			

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณด่างที่ระเหยได้ของกุ้งแห้งขณะเก็บรักษา

Source of variance	df	SS	MS	F-value	P-value	Fcrit
Treatment	6	1977.767	329.6278	5.301	0.0008	2.421
Time	5	2953.009	590.6018	9.498	$1.65x10^{-5}$	2.534
Error	30	1865.545	62.1849			

ตารางภาคผนวกที่ 5 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (TPC) ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ตลอดการเก็บรักษากุ้งแห้ง 9 สัปดาห์

sample	**Total plate count (CFU/g.)**					
	wk.0	**wk.1**	**wk.3**	**wk.5**	**wk.7**	**wk.9**
A(control)	$4.4x10^{3}$	$8.8x10^{3}$	$1.87x10^{7}$	$3 x 10^{7}$	$2.8x10^{8}$	$1.95x10^{7}$
B	$3 x 10^{3}$	$2 x 10^{3}$	$9.2x10^{3}$	$3 x 10^{3}$	$4.4x10^{3}$	$5.8x10^{3}$
C	$1.x10^{4}$	$4.5x10^{3}$	$3 x 10^{5}$	$1 x 10^{5}$	$5.6x10^{4}$	$7.7x10^{4}$
D	$5 x 10^{3}$	$3 x 10^{4}$	$3 x 10^{7}$	$3.4x10^{7}$	$7x10^{7}$	$4.6x10^{7}$
E	$4.9x10^{3}$	$3 x 10^{3}$	$4.2x10^{5}$	$2.81x10^{6}$	$9x10^{6}$	$3 x 10^{5}$
F	$2.73x10^{4}$	$3 x 10^{4}$	$1.23x10^{7}$	$3.5x10^{6}$	$8.3x10^{6}$	$2 x 10^{5}$
H	$2.41x10^{4}$	$1 x 10^{4}$	$2.76x10^{7}$	$7 x 10^{5}$	$9.5x10^{6}$	$2.5x10^{7}$

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

ตารางภาคผนวกที่ 6 จำนวนราทั้งหมดในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ตลอดการเก็บรักษากุ้งแห้ง 9 สัปดาห์

ตัวอย่าง	จำนวนเชื้อราทั้งหมด (CFU/g.)					
	wk.0	**wk.1**	**wk.3**	**wk.5**	**wk.7**	**wk.9**
A(control)	$3.33x10^{3}$	$3 x 10^{5}$	$1.38x10^{7}$	$1.3x10^{8}$	$1.29x10^{7}$	$1.16x10^{7}$
B	$3 x 10^{3}$	$3.4x10^{3}$	$5.9x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$3.0x10^{3}$
C	$3 x 10^{3}$	$5 x 10^{3}$	$3.2x10^{4}$	$4.0x10^{4}$	$5.9x10^{6}$	$1.0x10^{6}$
D	$3 x 10^{3}$	$3.0x10^{7}$	$3.8x10^{7}$	$1.1x10^{7}$	$2.45x10^{7}$	$1.1x10^{7}$
E	$1.55x10^{3}$	$2.81x10^{5}$	$3.0x10^{6}$	$9.5x10^{5}$	$3.0x10^{7}$	$7.5x10^{5}$
F	$4.6x10^{3}$	$3.0x10^{5}$	$3.0x10^{6}$	$4.5x10^{6}$	$3.5x10^{7}$	$3.0x10^{5}$
H	$1.07x10^{3}$	$2.7x10^{4}$	$2.3x10^{6}$	$4.8x10^{5}$	$5.4x10^{6}$	$3.0x10^{7}$

ตารางภาคผนวกที่ 7 ปริมาณ Total volatile base (TVB) ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ตลอดการเก็บรักษากุ้งแห้ง 9 สัปดาห์

sample	TVB-value (mg/100g)					
	wk.0	**wk.1**	**wk.3**	**wk.5**	**wk.7**	**wk.9**
A(control)	44.25	32.93	49.33	53.38	63.55	73.33
B	34.65	37.25	44.73	48.05	57.66	70.66
C	38.04	35.76	38.70	46.41	46.47	62.54
D	26.76	32.54	44.05	62.42	57.62	69.00
E	29.22	36.17	35.92	45.37	30.71	58.49
F	33.55	34.91	39.69	37.58	30.28	47.39
H	31.93	27.51	43.90	31.19	29.86	28.53

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของกลุ่มวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพ กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำการทดลองและโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดร. พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล หัวหน้ากลุ่มฯ ที่ให้ความอนุเคราะห์ แนะนำในด้านการทดลองและในด้านวิชาการ

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ