ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ*

Chitosan in aquaculture

สาวิกา กัลปพฤกษ์**
ผกายวรรณ กึกก้อง**
สิทธิ กุหลาบทอง***

บทคัดย่อ

ไคโตซานเป็นสารสกัดจากธรรมชาติจากสัตว์ที่มีเปลือกและกระดอง เช่น โครงสร้างของเปลือกกุ้ง กระดองปู แกนหมึก เปลือกหอย เป็นต้น กระบวนการผลิตไคโตซานมี 4 ขั้นตอนสำคัญ คือ การกำจัดเกลือแร่ การกำจัดโปรตีน การฟอกสี และการสกัดไคโตซาน ปัจจุบันไคโตซานได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างแพร่หลาย ได้แก่ 1) การเคลือบอาหารสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคงตัวและมีผลทำให้อัตราการสูญเสียน้อยลง 2) การใช้ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต 3) การใช้ไคโตซานในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการลอกคราบ 4) การใช้ไคโตซานในด้านการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน 5) การใช้ไคโตซานในการกำจัดของเสียในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 6) การควบคุมและลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยง และ 7) การเพิ่มอัตราการรอดและความทนทานต่อความเครียดของสัตว์น้ำวัยอ่อน

คำสำคัญ: ไคโตซาน ไคติน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Abstract

Chitosan is a natural extract of animals with shells and carapace such as shell structure of shrimp, carapace of crab, squid pen and mollusk shell etc. Production of chitosan with 4 important steps namely the minerals removal, the protein removal, bleaching and extraction of chitosan. Currently, chitosan is applied widely in aquaculture including 1) Feed coating to increase efficiency and stability 2) Use of chitosan in a catalyst for growth 3) Use of chitosan in the optimization molting 4.) Use of chitosan for the immune enhancing 5) Use of chitosan in the improvement of aquaculture wastewater 6) Use of phytoplankton control and removal in culture ponds and 7) Use of increasing the survival rate and stress tolerance of larva.

Key words: chitosan, chitin, aquaculture

---

* บทความวิชาการนี้เป็นการรวบรวมองค์ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการประยุกต์ใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์

** สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี 76120 E-mail: sawika@su.ac.th

** สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี 76120 E-mail: sawika@su.ac.th

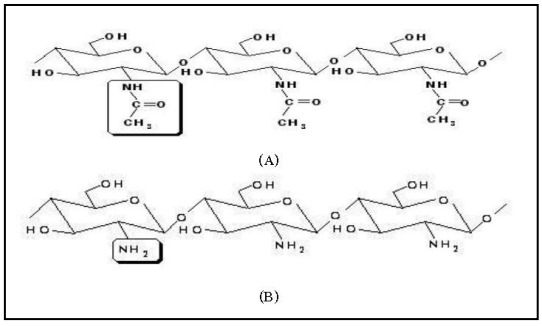
*** Save wildlife volunteer Thailand อ.วังน้อย จ.อยุธยา 13170

บทนำ

ปัจจุบันประชาชนทั่วไปและผู้ประกอบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหลายท่านหันมาให้ความสนใจในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จึงได้มีความร่วมมือจากทั้งนักวิชาการและผู้ประกอบการในการค้นหาและนำสิ่งต่างๆ จากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อทดแทนสารเคมีที่เป็นอันตราย ดังนั้นไคโตซานจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งเป็นการนำสารสกัดจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์หลากหลายรูปแบบ ต่อมาจึงได้มีนักวิชาการหันมาศึกษาการพัฒนาการใช้ประโยชน์ของไคโตซานกันอย่างต่อเนื่อง ซึ่งไคโตซานนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ได้จากอนุพันธ์ของสารไคตินที่สามารถละลายน้ำและเป็นตัวทำละลายได้ดี เพราะเป็นสายโพลิเมอร์ประจุบวก ไคโตซานได้มาจากการสกัดจากสัตว์ที่มีเปลือกและกระดอง ได้แก่ โครงสร้างของเปลือกกุ้ง กระดองปู แกนหมึก เปลือกหอย และผนังเซลล์ของเห็ดราบางชนิด (สิทธิ, 2555; ฉัตรชัย และคณะ, 2554; สุปราณี, 2544; Hoffmann *et al*., 2010) ไคโตซานสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้านเช่น ด้านการเกษตร อุตสาหกรรมอาหาร สารตกตะกอน เครื่องสำอาง และการแพทย์ เป็นต้น ส่วนในด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีผู้สนใจใช้ประโยชน์จากสารธรรมชาติชนิดนี้จำนวนมากเช่น ศึกษาการช่วยบำบัดน้ำเสีย การเพิ่มการเจริญเติบโต การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร การเพิ่มประสิทธิภาพการลอกคราบของกุ้ง การสร้างภูมิคุ้มกันการเกิดโรค การลดปริมาณสารตกค้างในเนื้อสัตว์น้ำ และการเพิ่มผลผลิตของสัตว์น้ำ อันจะเป็นการเพิ่มคุณภาพของผลผลิตให้สูงขึ้น ทำให้ส่งผลต่อเนื่องถึงประสิทธิภาพการส่งออกผลผลิตสัตว์น้ำไปยังต่างประเทศ (ปิยะบุตร, 2547; ปิยะบุตร และคณะ, 2544) อีกทั้งยังเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

ลักษณะทางชีวเคมีของไคโตซาน

ไคโตซานเป็นโมเลกุลโพลีเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีหมู่อะมิโน (-NH_2) มาประกอบกันเรียกว่า polyamino glucose มีสูตรโมเลกุล ($C_6H_{12}O_4N$) n ไคโตซานมีชื่อทางเคมีว่า poly-β-(1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคติน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซีติล (deacetylation) ออกจากไคตินในสารละลายด่างเข้มข้น จึงทำให้โครงสร้างของไคตินบางส่วนเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะหมู่ฟังชั่นที่มีธาตุไนโตรเจนในรูปของหมู่อะเซตามิโด (NH-CO-CH_3) เปลี่ยนไปเป็นหมู่อะมิโน (NH_2) (ปิยะบุตร, 2547; ประภัสสร, 2556) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างทางชีวเคมีของไคติน (A) – ไคโตซาน (B)

ที่มา: ประภัสสร (2556)

สารไคตินและไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ ที่มีคุณสมบัติแตกสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable) กล่าวคือ ทั้งไคตินและไคโตซานเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียที่มีอยู่ในธรรมชาติโดยไม่ส่งผลเสียต่อความสมบูรณ์ของระบบนิเวศ และไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดการแพ้ ไม่ไวไฟ และไม่เป็นพิษ (non – phytotoxic) แหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตสารไคโตซานในปัจจุบัน ได้แก่ เปลือกกุ้ง กระดองปู และแกนหมึก ซึ่งเป็นของเหลือใช้จากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง สารไคตินและไคโตซานมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว (Chandrkrachang, 2002; ภควรรณ, 2552) รวมทั้งเปลือกหอยด้วย

กระบวนการผลิตไคโตซาน

กระบวนการผลิตไคโตซานมี 4 ขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ การกำจัดเกลือแร่ การกำจัดโปรตีน การฟอกสี และการสกัดไคโตซาน (ภควรรณ, 2552)

1. การกำจัดเกลือแร่

เป็นขั้นตอนการสกัดเปลือกของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยการนำวัตถุดิบมาทำปฏิกิริยากับกรดซึ่งโดยทั่วไปใช้กรดไฮโดรคลอริกเจือจาง 1-8 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้สามารถใช้สารละลายชนิดอื่นๆ อีกเช่น กรดฟอร์มิก 90 เปอร์เซ็นต์ กรดไฮโดรคลอริก (ที่ความเข้มข้น 22, 37 เปอร์เซ็นต์ หรือ 6 นอร์มอล) กรดอะซิติก กรดซัลฟูริก และกรดกำมะถัน ซึ่งขึ้นกับสภาวะต่างๆ ที่เหมาะสมทำให้เกลือแร่ถูกกำจัดออกไป การกำจัดเกลือแร่จะทำได้สมบูรณ์เมื่อปริมาณของกรดสูงกว่าเกลือแร่ อย่างไรก็ตามการทำปฏิกิริยาดังกล่าวหากใช้เวลานานถึง 24 ชั่วโมง จะทำให้ไคตินแตกสลายได้ (ภควรรณ, 2552; สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)

2. การกำจัดโปรตีน

เป็นขั้นตอนการแยกโปรตีนออกโดยนำส่วนหัว-เปลือกกุ้ง กระดองปู และแกนหมึก มาบดก่อนนำมาแยกเอาโปรตีนออก ขั้นตอนการแยกโปรตีนนี้ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 1-10 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิประมาณ 65-100 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (reaction time) ขึ้นอยู่กับวิธีและสภาวะที่ใช้ในการสกัดโปรตีน หากปล่อยให้กากเหล่านี้ทำปฏิกิริยานานเกินไปในสภาวะรุนแรงจะทำให้สายโซ่ของไคตินถูกตัด (depolymerization) และยังเกิดปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิธิลด้วย และหากนำวัตถุดิบมาแช่ในสารละลายผสมระหว่างคลอโรฟอร์มและเมทานอล (2:1) ก่อนการแยกโปรตีนจะทำให้ปริมาณโปรตีนในไคตินลดลงถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า ขนาดของวัตถุดิบไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณโปรตีนในไคติน แต่จะมีผลต่อการเพิ่มอัตราเร็วในการแยกโปรตีน ซึ่งหากลดขนาดของวัตถุดิบจะทำให้อัตราในการแยกโปรตีนเร็วขึ้น สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการแยกโปรตีนจากแกนหมึกคือ แช่แกนหมึกใน 1 โมลาร์ของโซเดียมไฮดรอกไซด์นาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งการแยกโปรตีนจากเปลือกปูจำเป็นจะต้องอยู่ในสภาวะที่ 60 องศาเซลเซียส (Stevens, 2002; สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)

3. การฟอกสี

การผลิตไคตินจากขั้นตอนดังกล่าวไว้ข้างต้นนั้นพบว่า ไคตินที่ได้มักจะยังคงมีสี ดังนั้นหากต้องการไคตินฟอกขาวจะต้องนำไคตินมาผ่านกระบวนการแยกสีโดยสารสี (pigment) ในไคตินสามารถกำจัดได้โดยการสกัดด้วยอะซิโตน คลอโรฟอร์ม เอธิลอะซิเตต สารผสมระหว่างเอทานอลและอีเทอร์ โดยปรกติทำการฟอกสีด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) ซึ่งสารฟอกสีเหล่านี้จะกำจัดสารสีในไคตินทำให้สายโซ่โมเลกุลสั้นลง (น้ำหนักโมเลกุลต่ำลง) (สุปราณี, 2544) หลักการฟอกสีคือ นำเปลือกสัตว์ทะเลที่กำจัดเกลือแร่และโปรตีนออกแล้วมากำจัดสีด้วยการแช่ในเมทานอล และอะซิโตนหลายๆ ครั้ง ก่อนนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักสารแห้งที่ได้ โดยสารสุดท้ายที่ได้ในขั้นตอนนี้คือ ไคติน (ภควรรณ, 2552)

4. การสกัดไคโตซาน

การสกัดไคโตซานเกิดจากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิธิลของไคตินหรือที่เรียกว่า ปฏิกิริยา deacetylation ทำให้ เอน-อะซิธิลกลูโคซามีนซึ่งเป็นโมเลกุลเดี่ยวของไคตินถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคซามีน ดังนั้นจากไคตินจึงเปลี่ยนเป็นไคโตซาน ขั้นตอนการสกัดไคโตซานจากไคตินสามารถทำได้โดยการแช่ไคตินในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้หมู่อะซิธิลบางส่วนหรือทั้งหมดจะถูกดึงออกจากโพลิเมอร์ แล้วแต่กรรมวิธีที่ใช้ สำหรับในอุตสาหกรรมการผลิตไคโตซานนั้นต้องนำเปลือกกุ้งสดน้ำหนักถึง 100 กิโลกรัม มาผ่านขั้นตอนการสกัดเพื่อให้ได้ไคโตซานเพียง 3-5 กิโลกรัมเท่านั้น (Hongpattarakere and Riyaphan, 2008; สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)

คุณสมบัติของไคโตซาน

ในขั้นตอนการผลิตไคตินด้วยวิธีทางเคมี สามารถลดปริมาณการใช้สารเคมีและลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาในขั้นตอนการกำจัดเกลือแร่ และการกำจัดโปรตีน โดยการใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การบด การกด การหมัก การต้ม การอบแห้ง และการล้างด้วยน้ำที่มีค่าความเป็นกรดด่างที่มีฤทธิ์เป็นกรด ดังนั้นเปลือกกุ้งที่ผ่านเทคนิคที่กล่าวมาข้างต้นแล้วสามารถนำมาสกัดไคติน โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริก ที่ความเข้มข้นเพียง 2.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพียง 6 ชั่วโมง ส่วนผลิตภัณฑ์ไคตินที่ได้เมื่อนำมาผลิตเป็นไคโตซานจะได้ไคโตซานที่มีสมบัติตามตารางที่ 1 (Stevens, 2002)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของไคโตซานที่สกัดจากเปลือกกุ้ง

คุณลักษณะ	ปริมาณ
เถ้า	0.5 %
โปรตีน	0.5 %
ความหนืด	4000 cps.
การละลาย	100 %

ที่มา : ดัดแปลงจาก: Stevens (2002)

การประยุกต์ใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ปัจจุบันไคโตซานได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างแพร่หลาย และมีการพัฒนาการใช้งานให้กว้างขวางแก่สัตว์น้ำเช่น เป็นส่วนผสมในอาหาร ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันของร่างกาย และช่วยเร่งการเจริญเติบโต เป็นต้น โดยสามารถแบ่งออกเป็นการประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ ดังนี้

1. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในด้านการเคลือบอาหารสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มความคงตัว

ไคโตซานมีคุณสมบัติในการเพิ่มความคงตัวให้กับอาหารสัตว์น้ำ เพิ่มประสิทธิภาพในการลอยตัว และลดการสูญเสียสภาพของอาหารก่อนที่สัตว์น้ำจะเข้ามาใช้ประโยชน์ ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพความคงตัวนั้นจะมีผลให้ลดการเน่าเสียของน้ำที่เกิดจากการย่อยสลายอาหารที่สัตว์น้ำไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งไคโตซานที่นำมาเคลือบอาหารสัตว์น้ำนั้นจะมีลักษณะคล้ายฟิล์มบางๆ ซึ่งจะทำหน้าที่ลดการแตกตัวของอาหารในน้ำ โดยส่วนผสมของไคโตซานที่เหมาะสมคือ 0.16 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณอาหาร (Hudson and Jenkins, 2002; Lui, 2008) และบริษัทโบนาฟิเดส มาร์เก็ตติ้ง จำกัด (2556) ได้ทำการทดลองแช่อาหารสัตว์น้ำที่เคลือบไคโตซานเป็นเวลา 2 วัน พบว่าอาหารมีการแตกตัวประมาณ 10–20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอาหารสัตว์น้ำที่ไม่ได้เคลือบไคโตซานมีการแตกตัวประมาณ 30–40 เปอร์เซ็นต์

2. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในด้านการเร่งการเติบโต

การศึกษาในปัจจุบันสามารถพิสูจน์ได้ว่า การผสมไคโตซานในอาหารสัตว์น้ำจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการเร่งการเติบโตของสัตว์น้ำ ตัวอย่างเช่น การใช้ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต ปิยะ บุตร และคณะ (2544) ได้ทำการทดลองโดยเริ่มการทดลองที่ปริมาณการใช้สารละลายไคโตซานระหว่าง 10 และ 20 ซีซี (200 และ 400 พีพีเอ็ม) ตามลำดับ เคลือบอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำ ทุกๆ 1 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้ไคโตซานเคลือบอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้ง ทำการทดลองในพื้นที่น้ำความเค็มต่ำ (5±2 พีพีที) พบว่า ระยะเวลา 45 วันในการทดลอง ปริมาณไคโตซานที่ใช้ในการเคลือบอาหารกุ้ง 200 พีพีเอ็ม มีผลต่อน้ำหนักรวม อัตรารอดเฉลี่ย น้ำหนักตัวกุ้งเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยต่อวันของกุ้งที่จับได้มีค่าสูงขึ้นและมีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม การเพิ่มปริมาณการใช้ไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งมากขึ้น (400 พีพีเอ็ม) ทำให้ได้น้ำหนักรวมของกุ้งที่จับได้มากขึ้น มีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้นและอัตรารอดสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไคโตซานทั้ง 2 ระดับ พบว่าเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตในกุ้งกุลาดำได้มากขึ้น ปริมาณไคโตซานที่เหมาะสมที่ใช้ในการเคลือบอาหารกุ้งคือ 400 พีพีเอ็ม กุ้งมีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ดีมากและมีขนาดตัวที่โตสม่ำเสมอมากที่สุด ดังนั้นการใช้ไคโตซานเคลือบอาหารกุ้งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตในกุ้งกุลาดำได้มากขึ้น

Shiau and Yu (1999) พบว่าปลานิลลูกผสม (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) ที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจะมีอัตราการแลกเนื้อ (FCR) ที่ดีกว่า และมีน้ำหนักมากกว่าปลานิลลูกผสมที่ได้รับอาหารปกติ สอดคล้องกับ Niu *et al*. (2011) ที่พบว่าลูกกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ระยะโพสลาวาที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจะมีอัตราการเติบโตที่ดีว่าลูกกุ้งที่ได้รับอาหารปกติ อีกทั้งจากการศึกษาของ Harikrishnana *et al*. (2012) พบว่าปลาเก๋า (*Epinephelus bruneus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไคโตซานจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าปลาเก๋าที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติอย่างมีนัยสำคัญ

3. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการลอกคราบ

ไคโตซานนั้นจะมีบทบาทต่อการลอกคราบโดยการที่ไคโตซานจะเป็นสารตั้งต้นที่กุ้งนำไปใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อและเปลือก โดยเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการลอกคราบของกุ้ง และปู คือเอ็นไซม์ไคตินเนส ซึ่งมีบทบาทหน้าที่โดยตรงในการหมุนเวียนสารพวกไคตินอันเป็นส่วนประกอบของเปลือกแข็งภายนอก โดยไคตินเนสจะย่อยเปลือกแข็งด้านนอกก่อนกระบวนการลอกคราบแล้วดูดกลับไปเก็บไว้ที่ molting fluid สำหรับนำมาสร้างเปลือกใหม่ในครั้งต่อไปซึ่งการทำงานของไคตินเนสจะขึ้นกับฮอร์โมน ecdysteroid (Flach *et al*., 1992)

4. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในด้านการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน

การศึกษาในปัจจุบันสามารถพิสูจน์ได้ว่า การผสมไคโตซานในอาหารสัตว์น้ำจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกัน ตัวอย่างเช่น การรายงานของ Cha *et al*. (2008) พบว่าไคโตซานสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบภูมิต้านทาน และระบบภูมิคุ้มกันในการเพาะเลี้ยงปลาซีกเดียว (*Paralichthys olivaceus*) ในประเทศเกาหลีได้ การรายงานของ Harikrishnana *et al*. (2012) พบว่าปลาเก๋า (*Epinephelus bruneus*) ที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจะมีความสามารถในการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio alginolyticus* ได้ดีกว่าปลาเก๋าที่ได้รับอาหารปกติอย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาของ Gopalakannan and Arul (2006) โดยการเปรียบเทียบระหว่างปลาไน (*Cyprinus carpio*) ในบ่อดินที่ได้รับเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila* ซึ่งได้รับอาหารผสมไคโตซานและปลาไนที่ได้รับอาหารปกติ เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน พบว่าปลาไนที่ได้รับอาหารผสมไคโตซานจะมีอัตราการรอดตายที่สูงกว่าปลาไนที่ได้รับอาหารปกติอย่างมีนัยสำคัญ จากการตรวจวัดเม็ดเลือดขาวและการทดสอบทางเคมี สรุปได้ว่าไคโตซานสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบภูมิคุมกันต่อเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ในปลาไนได้

Lawhavinit *et al*. (2006) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพไคโตซานต่อเชื้อวิบริโอที่แยกจากกุ้งกุลาดำป่วยในประเทศไทย เนื่องจากไคโตซานเป็นสารที่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคกุ้งได้ โดยเฉพาะโรคเรืองแสงที่มีสาเหตุจากเชื้อกลุ่มวิบริโอที่ทำความเสียหายต่อผลผลิตกุ้งกุลาดำในช่วงที่มีอากาศร้อนและน้ำมีความเค็มสูงพบว่า ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของไคโตซานที่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตเชื้อ *Vibrio harveyi* ในน้ำความเค็ม 20 พีพีที คือ ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ทั้งในน้ำที่มีสารอินทรีย์เข้มข้นและเจือจาง อีกทั้งความเข้มข้นไคโตซานระหว่างร้อยละ 0.1-1.0 ยังมีผลควบคุมเชื้อกลุ่มวิบริโอที่นำมาศึกษาทั้งหมด 47 สายพันธุ์ ดังต่อไปนี้คือ *V. Alginolyticus, V. cholera, V. damsel, V. fluvials, V. harveyi, V. parahaemolyticus, V. vulnificus* และ *Vibrio* spp. จำนวน 4, 2, 1, 4, 9, 16, 1 และ 10 สายพันธุ์ ตามลำดับ และเมื่อนำไคโตซานมาศึกษาระดับความปลอดภัยในกุ้งกุลาดำอายุ 1 เดือน ไม่พบกุ้งกุลาดำตายที่ระดับความเข้มข้นไคโตซานร้อยละ 0.1-1.0 แต่จะมีการตายในระดับร้อยละ 50 ที่เวลา 96 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นไคโตซานเท่ากับร้อยละ 2.0 แสดงว่าไคโตซานสามารถนำไปพัฒนาใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเพื่อป้องกันโรคเรืองแสงที่มีสาเหตุจากเชื้อกลุ่มวิบริโอ ที่ระดับความเข้มข้นไคโตซานร้อยละ 1.0 และไม่มีอันตรายต่อกุ้งกุลาดำ

กัญช์ (2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของไคโตซานในแง่ของการใช้เป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันในปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) โดยทำการศึกษาหาปริมาณไคโตซานและระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อใช้เสริม

อาหารเม็ดในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันของปลากะพงขาวพบว่า การเสริมไคโตซานในอาหารเลี้ยงปลากะพงขาวมีปริมาณไคโตซานที่เหมาะสมคือ ปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักอาหาร โดยทำการทดลองเลี้ยงนาน 47 วัน สามารถกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะด้านกระบวนการเก็บกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวได้เป็นอย่างดี และอัตราการเจริญเติบโตของปลากะพงขาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้มีการศึกษาความเป็นพิษของไคโตซานพบว่า ไคโตซานมีความเป็นพิษต่ำ โดย ค่า LD_{50} ของไคโตซานทดลองด้วยหนูในห้องปฏิบัติการมีค่าเท่ากับ 16 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเกลือและน้ำตาล (มนต์สรวง และคณะ, 2550)

5. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในด้านการกำจัดของเสียในระบบเพาะเลี้ยง

ไคโตซานมีความสามารถในการกำจัดของเสียทั้งในรูปของสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ในระบบเพาะเลี้ยง อีกทั้งยังมีความสามารถในการช่วยเรื่องการตกตะกอน ลดปริมาณสารแขวนลอย การดูดซับของเสียและการลดปริมาณแบคทีเรีย จากการศึกษาของ Chung *et al*. (2005) และ Chung (2006) พบว่า ไคโตซานช่วยลดความขุ่นในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลงได้ 90 เปอร์เซ็นต์ ลดตะกอนแขวนลอยลง 61 เปอร์เซ็นต์ ลดปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในปฏิกิริยาทางเคมีของการย่อยสลายสารอินทรีย์ (COD) 69.7 เปอร์เซ็นต์ ลดออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) 52.3 เปอร์เซ็นต์ ลดปริมาณแอมโมเนีย (NH_3) 89.2 เปอร์เซ็นต์ ลดปริมาณฟอสเฟตลง 95.6 เปอร์เซ็นต์ และลดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (pathogen) อีกด้วย ซึ่งไคโตซานจะมีประสิทธิภาพสูงหรือทำงานได้ดีในระบบที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่ำ น้ำหนักโมเลกุล (molecular weight) ของไคโตซานที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดของเสียในน้ำคือ 12 มิลลิกรัมต่อลิตร

6. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในด้านการควบคุมและลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยง

Lertsutthiwong *et al*. (2009) ศึกษาการควบคุมแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) พบว่าไคโตซานความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของบ่อเลี้ยง 6.5 – 8.5 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการควบคุมและลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยง โดยอัตราส่วนดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับบ่อเลี้ยงที่ค่าสภาพด่าง (alkalinity) ต่ำไปจนถึงบ่อเลี้ยงที่มีค่าสภาพด่างสูงถึง 400 มิลลิกรัมต่อลิตร และเทคนิคดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ดีกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบน้ำหมุนเวียน

7. การประยุกต์ใช้ไคโตซานในการเพิ่มอัตราการรอด และความทนทานต่อความเครียดของสัตว์น้ำวัยอ่อน

Niu *et al*. (2011) ศึกษาการเพิ่มความทนทานต่อความเครียดและอัตราการรอดของกุ้งขาววัยอ่อนระยะ postlarva โดยใช้อาหารผสมไคโตซานพบว่า กุ้งวัยอ่อนที่ได้อาหารผสมไคโตซานในอัตราส่วน 1–4 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะมีอัตราการรอดสูงกว่ากุ้งวัยอ่อนที่ไม่ได้รับอาหารผสมไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ และจากการทดสอบความทนทานต่อความเครียดของกุ้งวัยอ่อนพบว่า กุ้งวัยอ่อนที่ได้อาหารผสมไคโตซานจะมีอัตราการทนทานสูงกว่ากุ้งวัยอ่อนที่ไม่ได้รับอาหารผสมไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากการวิเคราะห์ polynomial regression พบว่า อัตราที่เหมาะสมของการใช้ไคโตซานเป็นอาหารเสริมเพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการรอด และความทนทานต่อความเครียดของกุ้งวัยอ่อนคือระหว่าง 2.13–2.67 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

บทสรุป

ในกระบวนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีการนำไคโตซานมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ 1) การเคลือบอาหารสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มความคงตัวและมีผลทำให้ลดอัตราการสูญเสีย 2) การใช้ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต 3) การใช้ไคโตซานในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการลอกคราบ 4) การใช้ไคโตซานในด้านการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน 5) การกำจัดของเสียในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 6) การควบคุมและลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยง และ 7) การเพิ่มอัตราการรอด และความทนทานต่อความเครียดของสัตว์น้ำวัยอ่อน

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กัญช์ เกล็ดมณี. “การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch) ต่อการเสริมอาหารด้วยไคโตซาน.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2553.

ฉัตรชัย ปรีชา, สิทธิ กุหลาบทอง และสาวิกา กัลปพฤกษ์. “บทความปริทัศน์ : ชีววิทยาและนิเวศวิทยาของตัวสงกรานต์ (Namalycastis spp.: Nereididae) ในประเทศไทย.” วารสารวิชาการ Veridian e-Journal, Silpakorn University 4, 2 (2554): 667 – 677.

ภควรรณ ปานข่อยงาม. “ประสิทธิภาพของไคโตซานบีจากเปลือกสัตว์ทะเลในการดูดซับกลิ่นแอมโมเนียและฟอร์มัลดีไฮด์.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.

บริษัทโบนาฟิเดส มาร์เก็ตติ้ง จำกัด. “ข้อมูลไคโตซานกับสัตว์น้ำ.” [online]. Accessed 21 February 2013. Avalible from http://bonafidesmarketing.com/wizContent.asp?wizConID=71&txtmMenu_ID=7

ประภัสสร สุรวัฒนาวรรณ. “ไคติน-ไคโตซาน.” [online]. Accessed 24 March 2013. Avalible from http://www.gpo.or.th/rdi/htmls/chitin.html

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. “ยุทธศาสตร์ไคติน-ไคโตซานเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจของไทย.” นิตยสารสัตว์น้ำเศรษฐกิจ 3, 21 (มีนาคม-เมษายน 2547) : 18-21.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, นบชนก ธนพงศธร และ สุวลี จันทร์กระจ่าง. “การใช้ไคตินไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในกุ้งกุลาดำ.” ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาประมง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 5-7 กุมภาพันธ์ 2544, 33-37. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ทบวงมหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ, 2544.

มนต์สรวง ยางทอง, แขวลี วิบูลย์กิจ และ พิมาน เถาสมบัติ. “ศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศที่ได้รับอาหารเคลือบด้วยไคโตซานระดับต่างๆ.” วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 1, 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2550) : 223-234.

สิทธิ กุหลาบทอง. “ชีววิทยา และแนวทางการเพาะเลี้ยงหอยกระจก (*Placuna placenta*).” วารสารวิชาการ Veridian e-Journal, Silpakorn University 5 ,1 (2555): 764 – 770.

สุปราณี กนกวรรณจำรัส. “การศึกษาจลนพลศาสตร์ของกระบวนการผลิตไคติน-ไคโตซาน” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. “การใช้ประโยชน์ของไคโตแซนในการยืดอายุของอาหารและเครื่องดื่ม.” [online]. Accessed 30 November 2012. Avalible from http://siweb.dss.go.th/repack/fulltext/IR7.pdf

ภาษาต่างประเทศ

Cha, S. H., Lee, J. S., Song, C. B., Lee, K. J. and You-Jin Jeona. “Effects of chitosan-coated diet on improving water quality and innate immunity in the olive flounder, *Paralichthys olivaceus*.” Aquaculture 278, 1-4 (2008): 110–118.

Chandrkrachang, S. “The applications of chitin and chitosan in agriculture in Thailand”. Advances in Chitin Science, 5 (2002): 458-462.

Chung, Y. C., Li, Y. H. and Chiing Chang Chen. “Pollutant removal from aquaculture wastewater using the biopolymer chitosan at different molecular weights.” Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering 40, 9 (2005): 1775-1790.

Chung, Y. C. “Improvement of Aquaculture Wastewater using Chitosan of Different Degrees Of Deacetylation.” Environmental Technology 27, 11 (2006): 1199-1208.

Flach, J., Pilet, P. E. and P. Jolles. “What's new in chitinase research.” Experientia 48, 8 (1992): 701 – 716.

Gopalakannan, A. and Venkatesan Arul. “Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin, chitosan and levamisole on the immune system of *Cyprinus carpio* and control of *Aeromonas hydrophila* infection in ponds.” Aquaculture 255, 1-4 (2006): 179–187.

Harikrishnana, R., Kima, J. S., Balasundaramb, C. and Moon-Soo Heoa. “Immunomodulatory effects of chitin and chitosan enriched diets in *Epinephelus bruneus* against *Vibrio alginolyticus* infection.” Aquaculture 326 – 329 (2012): 46–52.

Hoffmann K., Gabriele D., Marina K., Werner-Michael K., Heike M., Bernward B, and Friedhelm Meinhardt. “Genetic improvement of *Bacillus licheniformis* strains for efficient deproteinization of shrimp shells and production of high-molecular-mass chitin and chitosan.” Applied and Environmental Microbiology 76, 24 (December 2010): 8211-8221.

Hongpattarakere, T., and Oraphan Riyaphan. “Effect of deacetylation conditions on antimicrobial activity of chitosans prepared from carapace of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*).” Songklanakarin Journal, Science and Technology, 30 (Suppl.1) (2008): 1-9.

Hudson, S. M. and David W. Jenkins. “Chitin and Chitosan” Encyclopedia Of Polymer Science and Technology, 2002

Lawhavinit O., Surachetpong, W., Inthasri, B. and, Nontawith Arrechon. “Efficiency of Chitosan to *Vibrio spp*. Isolated from diseased Black Tiger Shrimp, *Penaeus mondon* Fabricius in Thailand.” Kasetsart Journal. (Natural Sciences). 40 (2006): 235-241.

Lertsutthiwong, P., Sutti, S. and Sorawit Powtongsook. “Optimization of chitosan flocculation for phytoplankton removal in shrimp culture ponds.” Aquacultural Engineering 41, 3 (2009): 188–193.

Liu, J., Hu, B., Chen, A., Huang, F., Tang, Y. and Li Yu-zeng. “Effects of rare earth-chitosan chelate on performance of aquatic pellets.” Journal of Hydroecology 5 (2008).

Niu, J., Liu, Y. J., Lin, H. Z., Mai, K. S., Yang, H. J., Liang, G. Y. and L. X. Tian. “Effects of dietary chitosan on growth, survival and stress tolerance of postlarval shrimp, *Litopenaeus vannamei*.” Aquaculture Nutrition 17, 2 (2011): 406 – 412.

Shiau, S. Y. and Yi-Ping Yu. “Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in tilapia, *Oreochromis niloticus×O. aureus*.” Aquaculture 179, 1-4 (1999): 439–446.

Stevens, W. F. “Production and storage of high quality chitosan from shrimp, crab and fungus.” In: Suchiva, K., Chandrkrachang, S., Methacanon, P., Peter, M.G. (Eds.), Advances in Chitin Science, 5 (2002): 6-11.