

การใช้ไคโตซานต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร

ฉัตรชัย เสนขวัณแก้ว^{1*}, ปวีณอิศรชิต์ เคนจันทน์², ปณัฑ์ สุขสร้อย¹ และ นิตยา ทองทิพย์¹

¹สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ แขนงวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ สระแก้ว 27000

²สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
จังหวัดชลบุรี 20110

บทคัดย่อ

การใช้พรีไบโอติกในอาหารสัตว์เพื่อไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมโดยไคโตซานเป็นหนึ่งในตัวเลือกที่นิยมใช้เสริมในอาหารเลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสุกร ไคโตซานสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและทำให้สัตว์มีสุขภาพที่ดีขึ้นเนื่องจากไคโตซานเป็นสารพรีไบโอติกเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร ทำให้ความสามารถในการย่อยของสารอาหารมีประสิทธิภาพที่ดีส่งผลต่อสุขภาพของสุกรอีกด้วย อย่างไรก็ตามการใช้ไคโตซานในอาหารสุกรระยะต่างๆ นั้น ควรคำนึงถึงระดับการใช้ที่เหมาะสม โดยปริมาณไคโตซานที่เหมาะสม คือ 300 พีพีเอ็ม ในสูตรอาหารส่งผลให้สุกรระยะต่างๆ มีอัตราการเจริญเติบโตและสุขภาพที่ดีขึ้น ดังนั้นการเสริมไคโตซานควรจะเป็นการเสริมในอาหารเพื่อสุขภาพของสุกรมากกว่าใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโต

คำสำคัญ: เปลือกกุ้ง, ไคโตซาน, สมรรถภาพการเจริญเติบโต และสุกร

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: chatchai.sen@vru.ac.th

Using of Chitosan on Growth Performance in Swine

Chatchai Senkwankaew^{1*}, Paweenisaras Khenjan¹, Panut Sooksoi¹ and Nittaya Thongtip¹

¹*Department of Agriculture branches animals Science, Faculty of Agricultural Technology,
University Valaya Nationals SaKaeo, 27000, Thailand*

²*Department of Animals Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources,
Rajamangala University of Technology Tawan-ok, 20110, Thailand*

Abstract

Supplementation of prebiotics are not harmful for the consumers and the environment. Chitosan is one of the popular choices in animal feed, especially in swine. Chitosan effectively increased the growth rate and animal health. Since chitosan is a prebiotic, it is stimulating the growth of beneficial microorganisms in the digestive tract, and increasing digestibility of nutrients in swine. However, using chitosan on swine diets should be recommended at 300 ppm. The swine has a good performance and a good health. Therefore, chitosan supplementation should be supplemented in the feed for swine replace to the other growth promoters.

Keywords: Shrimp shell, Chitosan, Growth performance and Swine

* Corresponding author: E-mail: chatchai.sen@vru.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันมีการนำสารเคมีมาใช้ผสมลงในสูตรอาหารสัตว์ เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตอย่างกว้างขวาง การนำเอาสารเคมีมาใช้ส่วนใหญ่ หากใช้ระยะที่ยาวนานทำให้มีสารตกค้างในเนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ทำให้มีการศึกษาหาสารที่ได้จากธรรมชาติและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม เพื่อนำมาใช้ผสมลงในสูตรอาหารของสัตว์ต่อการเจริญเติบโตและสมรรถภาพของผลผลิต จึงมีการนำเอาผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติมาใช้ทดแทน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร ความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและตัวสัตว์ที่มากขึ้น ในปัจจุบันมีการนำเปลือกกุ้งและหัวกุ้งไปใช้ประโยชน์ ซึ่งส่วนมากแล้วก็จะนำไปแปรรูปเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ แต่อย่างไรก็ตาม หากมองในแง่องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งและหัวกุ้งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งไคติน (chitin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่มีอยู่ในเปลือกกุ้ง หากมีการสกัดออกมาและนำมาแปรรูปใช้งานสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย นอกจากนี้ Surawattanawan (2001) กล่าวว่า ภายในเปลือกกุ้งจะมีสารอยู่ชนิดหนึ่งที่ช่วยดักจับไขมันภายในเส้นเลือด หากสัตว์ได้รับสารชนิดนี้เข้าไปจะทำให้การสะสมไขมันของสัตว์ต่ำลง ซึ่งจะทำให้มีการสะสมเนื้อแดงที่เพิ่มขึ้นด้วย สารชนิดนั้นคือ สารไคโตซาน สารนี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและสามารถกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันโรค ทำให้สัตว์มีสุขภาพที่ดีช่วยลดต้นทุนค่าผลิตภัณฑ์ด้านยาให้แก่เกษตรกร อย่างไรก็ตาม น้ำย่อยภายในตัวสัตว์ไม่สามารถย่อยเปลือกกุ้งให้เป็นไคโตซานได้ ดังนั้นจึงควรนำมาสกัดด้วยสารเคมีหรือสกัดด้วยจุลินทรีย์ก่อนนำไปใช้สามารถทำให้น้ำย่อยภายในตัวสัตว์สามารถย่อยและนำไปใช้ประโยชน์ได้เพิ่มมากขึ้น

เปลือกกุ้ง

เปลือกกุ้งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการส่งออกกุ้ง ประกอบด้วยส่วนหัว เปลือกและหางกุ้ง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์ โดยการนำไปบดทำเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ สารสี Astaxanthin ที่เป็นองค์ประกอบในเปลือกกุ้ง มีประโยชน์ในการเพิ่มสีในเนื้อ หรือไข่ได้ จากรายงานของ Hertrampf and Piedad - Pascual (2000) พบว่าเปลือกกุ้งมีสารให้สี Astaxanthin

และ Cantaxanthin ที่ระดับ 7 และ 27 มก./กก. ตามลำดับ สอดคล้องกับ Khempaka *et al.* (2006) รายงานว่าการใช้เปลือกกุ้งในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 4-12 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มความแดง (Redness) ในเนื้อส่วนน่อง และไข่แดง นอกจากเป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์แล้ว หากมองลงไปให้ลึกถึงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้ง และหัวกุ้งแล้วสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่านั้น โดยเฉพาะส่วนของสารโพลีแซ็กคาไรด์ ซึ่งเป็นไบโอโพลิเมอร์ที่เรียกว่า ไคติน (chitin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่มีอยู่มากในเปลือกกุ้งและหัวกุ้ง ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้านทั้งในอุตสาหกรรมยา เคมี เครื่องสำอาง อาหารและเครื่องดื่ม ตลอดจนใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (Chitsatchapong, 2009) เปลือกกุ้งมีคุณสมบัติและองค์ประกอบในการใช้ประโยชน์ทางอาหารสัตว์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยได้แก่แหล่งที่มา สายพันธุ์ และวิธีการแปรรูป เป็นต้น (Table 1)

ข้อจำกัดในการใช้เปลือกกุ้งปนในอาหารสัตว์

เปลือกกุ้งประกอบด้วยไคติน ซึ่งปริมาณของไคตินมักผันแปรไปตามสัดส่วนของหัว และหางกุ้ง ซึ่งไคตินเป็นส่วนที่ย่อยได้ยาก และนำมาใช้ประโยชน์ได้น้อย (Chajareern, 2004) รวมทั้งมีหลายงานวิจัยที่ได้รายงานไคตินเป็นตัวจำกัดในการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนา เนื่องจากไคตินมีการย่อยได้ต่ำเมื่อนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ (Khempaka *et al.*, 2006) นอกจากนี้ข้อจำกัดในการใช้เปลือกกุ้งปนในอาหารสัตว์คือ ปริมาณของเถ้า แคลเซียม และเกลือ โดยทั่วไปเปลือกกุ้งปนมีเกลือประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ หากระดับเกลือซึ่งใช้ป้องกันไม่ให้เปลือกกุ้งเน่าก่อนที่จะนำไปทำให้แห้งสูงเกินระดับดังกล่าว การใช้เปลือกกุ้งปนในอาหารสัตว์ ต้องจำกัดไม่ให้สูงเกินไป ควรใช้เปลือกกุ้งปนรวมกับแหล่งโปรตีนอื่นเพื่อช่วยลดระดับของ เถ้า แคลเซียม และเกลือในอาหารให้น้อยลง (Chajareern, 2004)

ไคตินและไคโตซาน

ไคโตซานและไคตินเป็นสารพอลิเมอร์ชีวภาพที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นทางด้านอุตสาหกรรม ทางด้านการแพทย์ การเกษตร เครื่องสำอาง และทางด้านอาหาร รวมถึงทางด้านอื่นๆ อีกมากไคตินถูกพบครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1811 โดย Henri Bracannot ด้วยการแยกได้จากเห็ด และในปี ค.ศ. 1823 มีการตั้งชื่อสารที่เป็นพอลิเมอร์ชนิดนี้ว่า ไคติน โดย Odier

ที่มาจากคำว่า Chiton ในภาษากรีก แปลว่า เกาะหุ้ม (Srinutthrakun, 2010) ไคติน เป็นสารโพลีแซคคาไรด์ที่เป็นสารโพลิเมอร์ธรรมชาติที่เกิดจากสาร 2-acetamido-2-deoxy- β -D-glucose และ 2-amino-2-deoxy- β -D-glucose มีความแตกต่างจากโพลีแซคคาไรด์ชนิดอื่นเนื่องจากไคตินมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ มีลักษณะโครงสร้างคล้ายเซลลูโลส แต่ต่างกันที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) เกาะอยู่ ส่วนของไคตินจะมีหมู่ acetamide (NH-CO-CH₃) เกาะอยู่ (fig.1) ไคติน เป็นสารโมเลกุลยาว ไม่มีประจุ มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 200,000 มีสูตรคือ (C₈H₁₃NO₅) ประกอบด้วยไฮโดรเจน 6.5 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน 47.3 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน 6.9 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 39.4 เปอร์เซ็นต์ มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ ไคตินพบได้ในสิ่งมีชีวิตทั่วไป โดยพบมากในสิ่งมีชีวิตที่มีเปลือกหรือผนังแข็งหุ้มลำตัว เช่น กุ้ง

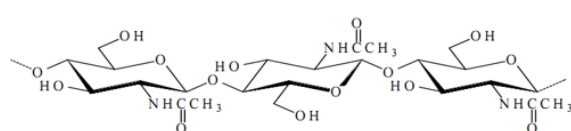
ปู หอย แมลง รวมถึงผนังเซลล์ของเชื้อรา ยีสต์ และสาหร่าย สารนี้ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างป้องกัน และสร้างความแข็งแรงให้แก่โครงสร้างร่างกาย

ไคโตซาน หรือเรียก deacetylated chitin เป็น โคลิเมอร์ที่เกิดจาก glucosamine และ N-acetylglucosamine ประกอบด้วย glucosamine มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นสารอนุพันธ์ของไคตินที่ผลิตได้จากการทำปฏิกิริยากับด่างเข้มข้นเพื่อกำจัดหมู่อะซิติล ทำให้โมเลกุลเล็กลง และมีคุณสมบัติที่อ่อนตัวสามารถขึ้นรูปเป็นเจล เม็ด เส้นใย หรือคอลลอยด์ รวมถึงการใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ได้มากขึ้น นอกจากนั้น ไคโตซาน ประกอบด้วยหมู่เอมีน (-NH₂) และหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นเปลี่ยนเป็นสารอนุพันธ์อื่นๆ ได้หลากหลาย

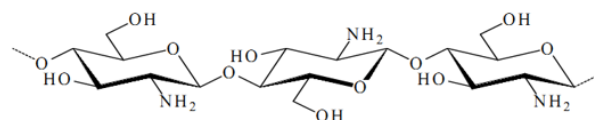
Table 1 Nutrition composition of shrimp shells (as feed basic)

Nutritional composition (%)								
Dry Matter	Crude protein	Ether extract	Ash	Crude fiber	Calcium phosphorus	Total	Chitin	Energy (Kcal/kg)
95.40 ¹	56.95 ¹	4.51 ¹	24.46 ¹	13.18 ¹	-	-	-	-
-	39.32 ²	0.94 ²	26.73 ²	29.75 ²	6.05 ²	0.97 ²	30.44 ²	1,350 ²
92.13 ³	24.03 ³	5.14 ³	25.60 ³	26.89 ³	16.69 ³	0.85 ³	18.70 ³	938 ³
91.27 ⁴	53.47 ⁴	3.42 ⁴	16.80 ⁴	1.18 ⁴	0.74 ⁴	0.31 ⁴	-	1,312 ⁴
-	46.30 ⁵	9.04 ⁵	17.04 ⁵	4.30 ⁵	7.00 ⁵	3.03 ⁵	9.82 ⁵	2,500 ⁵
-	36.60 ⁶	10.30 ⁶	28.50 ⁶	9.60 ⁶	0.57 ⁶	0.95 ⁶	-	-
1,032.1 ⁶								

Sources: Chimsang *et al.* (2006)¹, Khempaka *et al.* (2006)², Mahata *et al.* (2008)³, Ojewola and Udom (2005)⁴, Okoye *et al.* (2005)⁵ and Adeyeye *et al.* (2008)⁶



Chitin



Chitosan

Fig. 1 Chemical structure of chitin and chitosan

Source: Surawattanawan (2001)

ประโยชน์โคโคซาน

Srinuttharakun (2010) กล่าวว่า ในปัจจุบันนิยมนำโคโคซานและโคตินทั้งสองรูปมาใช้ประโยชน์ แต่ส่วนมากจะใช้ประโยชน์ในรูปของโคโคซานมากกว่า โดยมีประโยชน์ดังนี้

1. ทางกายภาพ โคโคซานเป็นสารที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สามารถนำมาใช้ในการแพทย์ได้หลายรูปแบบ สามารถเตรียมได้ในรูปแบบเม็ดเจลาติน แผ่นฟิล์มฟองน้ำ เพลเลทแคปซูล และยาเม็ด เป็นต้น โคโคซานและอนุพันธ์ใช้ป้องกันฟันผุ เช่น เอซีสีนไกลคอน-โคโคซานคาบอซิเมทิล-โคโคซานซัลเฟตเตด โคโคซาน และฟอสโฟไลเลตเตด โคติน สามารถยับยั้งการจับและก่อตัวของแบคทีเรียบนผิวฟันที่เป็นสาเหตุของฟันผุได้ดี โคตินหรือโคโคซานซัลเฟตสามารถยับยั้งการแข็งตัวของเลือด และปลดปล่อย lipoprotein lipase โดยนำมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการฟอกเลือดเพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือด นอกจากนี้ยังใช้สำหรับรักษาแผล และป้องกันการติดเชื้อของแผลได้ดี

2. ทางเภสัชกรรม ด้านการเกษตรนิยมใช้โคโคซานโคโคซานในหลายด้านด้วยกัน อาทิ เช่น การใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์พืช ป้องกันโรคแมลง การนำเสียจากจุลินทรีย์และยีสต์อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ใช้เร่งการเจริญเติบโตของพืช ทำหน้าที่เป็นฮอร์โมนกระตุ้นการเกิดรากใช้สำหรับปรับปรุงดิน เพิ่มธาตุอาหารในดิน ปรับปรุงดินเค็ม ปรับปรุงดินที่เป็นกรดเป็นด่าง

3. อุตสาหกรรมอาหาร ด้วยคุณสมบัติของโคโคซานและโคโคซานที่สามารถจับกับเซลล์เมมเบรน ของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการรั่วไหลของโปรตีน และสารอื่นๆ ออกมานอกเซลล์จนจุลินทรีย์ไม่สามารถเติบโต และลดจำนวนลงสำหรับการผลิตแผ่นฟิล์มบรรจุอาหาร เนื่องจากการใช้แผ่นฟิล์มพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนมีข้อเสียทำให้อาหารเน่าเสียเร็วเนื่องจากกักเก็บความชื้นไว้ภายใน แต่แผ่นฟิล์มที่ผลิตจากโคโคซานสามารถยืดอายุอาหารได้ดีกว่า เนื่องจากสามารถถ่ายเทความชื้นจากอาหารสู่ภายนอกได้ดีกว่า ในสารเติมแต่งในน้ำผลไม้ การเติมสารโคโคซานจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็น fining agent และควบคุมสภาพความเป็นกรดของน้ำผลไม้ได้ดี

4. เครื่องสำอาง ด้วยคุณสมบัติของโคโคซานและโคโคซานที่สามารถอุ้มน้ำได้ดี และการเป็นฟิล์มบางๆ คลุมผิวหนังป้องกันการเสียความชุ่มชื้นของผิว รวมถึงฤทธิ์ในการ

ต้านเชื้อจุลินทรีย์จึงนิยมนำมาเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางหลายชนิด เช่น แป้งทาหน้า แป้งผัดหน้า สบู่ ยาสีฟัน ยาสระผม ครีมนวดผม ครีมกันแดด ครีมบำรุงผิว ยาย้อมผม และยาเคลือบผม

5. ทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยคุณสมบัติของโคโคซานและโคโคซานที่สามารถดูดซับ และจับกับสารอินทรีย์จำพวกไขมัน สี รวมถึงสารจำพวกโลหะหนักได้ดีจึงนิยมนำมาประยุกต์ใช้สำหรับเป็นสารกรองหรือตัวดูดซับสารมลพิษในระบบบำบัดน้ำเสีย

การผลิตโคโคซานและโคโคซาน

โคโคซานในธรรมชาติ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ อัลฟาโคโคซานและเบต้าโคโคซาน โดยเปลือกปูและเปลือกกุ้งเป็นชนิดอัลฟาโคโคซาน ส่วนโคโคซานจากแกนปลาหมึกเป็นชนิดเบต้าโคโคซาน โคโคซานสามารถพบได้ทั้งในพืชและสัตว์ โดยการผลิตโคโคซานจะใช้โคโคซานเป็นสารตั้งต้น ซึ่งการผลิตโคโคซานมักนิยมใช้เปลือกกุ้งปูและหอยในการผลิต เพราะมีราคาถูกและหาซื้อง่ายในอุตสาหกรรมอาหาร อีกทั้งเป็นแหล่งที่สามารถให้โคโคซานสูง โดยเปลือกกุ้งจะประกอบด้วยโคโคซานประมาณ 14-30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ปูมีประมาณ 13-15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ขบวนการผลิตโคโคซานจากเปลือกของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยใช้สารเคมี มี 3 ขั้นตอน ดังนี้ (Phayai, 2001)

1. การกำจัดโปรตีน (Deproteinization) เป็นขั้นตอนกำจัดโปรตีนออกจากเปลือกกุ้ง ปู ด้วยการทำปฏิกิริยากับด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 3-5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิในช่วง 80-90 องศาเซลเซียส 2-3 ชั่วโมง

2. การกำจัดเกลือแร่ (Demineralization) เป็นขั้นตอนการกำจัดอนินทรีย์สารจำพวกแร่ธาตุต่างๆ ที่อยู่ในเปลือกกุ้ง ปู ด้วยการทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้น 3-5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง แร่ธาตุจะถูกกำจัดออกในรูปของอนินทรีย์สารที่ละลายน้ำได้

3. การกำจัดสี (Decoloration) เป็นขั้นตอนการกำจัดตรงควัตถุหรือสีออกให้หมด ขั้นตอนนี้อาจทำก่อนกระบวนการผลิตโคโคซานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์โคโคซาน และนำโคโคซานมาผลิตโคโคซานหรือทำหลังขั้นตอนการผลิตโคโคซานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์โคโคซาน การฟอกสีจะใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) หรือโซเดียมเปอร์คลอเรต

(NaOCl₂) หลังการกำจัดจะเข้าสู่การล้างน้ำให้สะอาดก่อนส่งเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปกระบวนการผลิตโคโตซานการผลิตโคโตซานจะมีขั้นตอนเหมือนกับการผลิตโคตินจนกระทั่งได้สารโคตินบริสุทธิ์ หลังจากนั้นจะใช้สารโคตินเป็นสารตั้งต้นในการผลิตโคโตซาน การกำจัดหมู่อะซิติกของโคติน (Demineralization)

การสกัดแยกโดยการหมักด้วยจุลินทรีย์

Phayai (2001) กล่าวว่า การหมักด้วยจุลินทรีย์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถผลิตเป็นโคตินได้โดยใช้เชื้อแบคทีเรียที่ชื่อว่า *Lactobacillus spp.* ซึ่งจะทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของเปลือกกุ้งลดลงให้เหลือค่า pH ที่ 6.0 แล้วเติมน้ำตาลกลูโคส 5 เปอร์เซ็นต์ ลงไปพร้อมกับกรด acetic ที่ 75-86 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้โปรตีนถูกกำจัดออกโดยสามารถกำจัดโปรตีนได้ถึง 88-90 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นก็ทำตามขั้นตอนการใช้สารเคมีเพื่อให้ได้โคโตซานต่อไป นอกจากนี้ Khanafari *et al.* (2008) รายงานว่า การสกัดแยกโคตินและโคโตซานด้วยจุลินทรีย์สามารถใช้เชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus spp.* เช่นเดียวกัน โดยการเพาะเลี้ยงเชื้อบน MRS broth และ agar media นำไปหมักที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ นาน 48-72 ชั่วโมง หลังจากนั้นใส่ MRS broth 5 มิลลิลิตร ในเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus spp.* เพื่อให้เกิดการหมักบ่มของอาหารเลี้ยงเชื้อ (น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และเปลือกกุ้งบดละเอียด 5 กรัม) นาน 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จากการหมักบ่มไปปั่นเหวี่ยงที่ 3000 รอบ/นาที นาน 5 นาที ทำให้คินสภาพเป็นของแข็งนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดเพื่อนำไปใช้ต่อไป

คุณสมบัติของโคโตซาน

โดยธรรมชาติแล้วโคโตซานไม่ละลายในน้ำ เช่นเดียวกับเปลือกกุ้ง กระดองปู หรือเปลือกไม้ทั่วไปและในสถานะที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง แต่โคโตซานจะละลายได้ดีเมื่อใช้กรดอินทรีย์เป็นตัวทำละลายเช่นกรดแลกติก กรดกลูตามิก เป็นต้น (Senel and McClure, 2004) และมีค่า LD₅₀ เท่ากับ 16 กรัม/กิโลกรัม (Inez *et al.*, 2001) และพบว่าน้ำหนักโมเลกุลของโคโตซานมีผลต่อความหนืด เช่นโคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงสารละลายที่ได้จะมีความหนืดสูงกว่าโคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

(Surawattanawan, 2001) ซึ่งสามารถสรุปคุณสมบัติของโคโตซานได้ (Table 2)

คุณสมบัติในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน

โคติน เป็นสารประกอบอีกตัวหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษาถึง ความเป็นไปได้ในการทดสอบเพื่อใช้เป็นสารพรีไบโอติก (prebiotic) และโคตินยังมีคุณสมบัติในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับบทบาทของพรีไบโอติกในการกระตุ้นการเจริญเติบโต และการทำงานของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ใหญ่ การพัฒนาเซลล์ของระบบทางเดินอาหาร การกระตุ้นภูมิคุ้มกันของเยื่อเมือกในลำไส้ และจะส่งผลให้คนและสัตว์ที่ได้รับพรีไบโอติกเป็นอาหาร มีสุขภาพที่ดีขึ้น (Okawa *et al.*, 2003) สอดคล้องกับรายงานของ Chen *et al.* (2002) รายงานว่า โคตินเป็นส่วนประกอบในเปลือกกุ้งมีผลต่อการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและยังสามารถกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน โดยเพิ่มการทำงานของเม็ดเลือดขาวโมโนไซต์ คือ นิวโทรฟิลล์ และแมคโครฟาจ ซึ่งมีคุณสมบัติในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย นอกจากนั้นการเพิ่มของเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ส่งผลในการกระตุ้นการทำงานของแมคโครฟาจให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลาย และตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายของเซลล์แมคโครฟาจควบคุมการหลั่ง Cytokines ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่เซลล์แมคโครฟาจในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่จะเข้ามาสู่ร่างกาย เมื่อแมคโครฟาจตรวจพบจุลินทรีย์ที่ก่อโรค หรือการติดเชื้อ เซลล์แมคโครฟาจจะทำการโอบล้อมเซลล์จุลินทรีย์ที่ก่อโรคและทำลายทิ้งในที่สุด ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเรียกว่า Phagocytosis โดยเซลล์แมคโครฟาจจะทำการฆ่าจุลินทรีย์ที่ก่อโรค หรือเชื้อโรคต่างๆ โดยการสร้าง Toxic free radicals หรือไลโซไซม์ซึ่งเป็นเอนไซม์ทำหน้าที่ในการย่อยสลายชั้น Peptidoglycan ของผนังเซลล์ของเซลล์จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ส่งผลให้เชื้อโรคถูกทำลาย อย่างไรก็ตาม Lindberg (2014) กล่าวถึงประโยชน์จากการเสริมสารพรีไบโอติกในอาหารสุกรว่าสามารถทำให้เกิดกระบวนการหมักอาหารจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์สูงขึ้น ทำให้ได้กรดไขมันสายสั้นออกมาซึ่งช่วยลดความเป็นกรดต่างภายในลำไส้ ช่วยลดอัตราการตายของเซลล์ (apoptosis) ในลำไส้เล็กทำให้มีการย่อยได้และ

การดูดซึมดีขึ้น จากการวิจัยของ Yin *et al.* (2010) ทำการศึกษาถึงประโยชน์ของไคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ ในด้านต่างๆ เช่น คุณสมบัติความเป็นพรีไบโอติก การกระตุ้น

การเจริญเติบโตของพืชพบว่าไคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์มีคุณสมบัติกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันโรคพืชหลายชนิด เช่น ยาสูบ แคนโนลา องุ่น และ ข้าว เป็นต้น

Table 2 Physical and chemical properties of chitosan

Physical property	Chemical property
- Is a natural polymer	- Less melting at high pH (pH 7.4)
- Easy to use.	- High viscosity
-Biodegradable and Biocompatible	
- Low toxicity	
- It has a positive charge, so it attaches to the surface of the negative charge.	
- Increased absorption through the mucous membranes.	

Source: Mohamed *et al.* (2005)

ข้อจำกัดของไคติน

ไคตินเป็นสารโพลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่ง ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยเอนไซม์ที่ผลิตจากระบบทางเดินอาหารสัตว์ เนื่องจากระบบทางเดินอาหารของคนและสัตว์ไม่สามารถผลิตเอนไซม์ที่ช่วยย่อยไคตินได้คือ ไคตินเนส (Chitinase) แต่เอนไซม์ดังกล่าวจะถูกผลิตโดยจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นการมีไคตินในระดับที่สูงเกินไปในอาหารสัตว์จะส่งผลในการขัดขวางการย่อย และเป็นตัวจำกัดในการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ (Khempaka *et al.*, 2006)

การศึกษาการใช้ไคโตซานในสุกรระยะต่างๆ

Chen *et al.* (2009) ทดลองเสริมไคโตซาน (COS) ในอาหารสุกรหย่านมที่ระดับ 0 2.5 และ 5 กรัม/กิโลกรัม พบว่า ตลอดระยะการทดลองค่าของ ADG, ADFI และ F/G มีแนวโน้มสูงขึ้นตามจำนวนไคโตซานที่เสริมแต่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ขัดแย้งกับการทดลองของ Zhou *et al.* (2012) โดยเสริมไคโตซานในอาหารสุกรหย่านมกลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม กลุ่มที่ 2 เสริมยาปฏิชีวนะ กลุ่มที่ 3 COS 1 กรัม/กิโลกรัม กลุ่มที่ 4 เสริม COS 2 กรัม/กิโลกรัม พบว่าการเสริม COS ที่ระดับ 2 กรัม/กิโลกรัม ทำให้อัตราการเจริญเติบโตและการย่อยได้ของวัตถุดิบ ไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ Xu *et al.* (2014) ได้ทำการทดลอง

เสริม ไคโตซานในอาหารสุกรหย่านมที่ระดับ 100, 500, 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่า การเสริมไคโตซานที่ระดับ 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในอาหารทำให้อัตราการเจริญเติบโต/วัน ของลูกสุกรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนการทดลองของ Liu *et al.* (2008) โดยการเสริม COS ในอาหารสุกรหย่านมที่ระดับ 0 100 200 และ 400 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่า การเสริม COS ที่ระดับ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในอาหารทำให้อัตราการเจริญเติบโต/วัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ไคโตซานเป็นสารพรีไบโอติกซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้เล็กทำให้มีการดูดซึมโภชนะได้ดีขึ้น ลดอัตราท้องเสียและทำให้ลักษณะสัญญาณของลำไส้ดีขึ้นอีกด้วย

Han *et al.* (2007) ทำการทดลองเสริมไคโตซานในอาหารสุกรรุ่น-ขุนที่ระดับ 0 0.04 และ 0.02 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเจริญเติบโต/วัน และการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) Subthawapolboon *et al.* (2009) ทำการทดลองเสริมไคโตซานในอาหารสุกรรุ่น-ขุนที่ระดับ 200 400 600 และ 800 พีพีเอ็ม พบว่าการใช้ไคโตซานที่ระดับ 200 พีพีเอ็ม ใน

สูตรอาหารทำให้การอัตราเจริญเติบโต/วัน และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่การเสริมที่ระดับ 600 พีพีเอ็ม ทำให้มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่า การเสริมไคโตซานช่วยลดการใช้ยาปฏิชีวนะ (Amoxycillin) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Senkwankaew *et al.* (2015) ซึ่งได้ทดลองเสริมไคโตซาน

ในอาหารสุกรเล็ก-รุ่น ที่ระดับ 0 200 300 และ 400 พีพีเอ็ม พบว่าการเสริมไคโตซานที่ระดับ 300 พีพีเอ็ม ทำให้อัตราการเจริญเติบโต/วัน การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักสูงขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนการตรวจสอบประกอบของเลือดพบว่ากลุ่มที่เสริมไคโตซานที่ระดับ 300 พีพีเอ็ม มีจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 3)

Table 3 Effect of chitosan on growth performance in pigs

	Level of chitosan	ADG/g	ADFI/g	F:G/kg
Weaning pig	4.5 g/kg	210 ⁸	270 ⁸	0.78 ⁸
	5 g/kg	420 ³	582 ³	0.722 ³
	200 mg/kg	315 ⁵	460 ⁵	0.669 ⁵
	500 mg/kg	572 ⁶	955 ⁶	0.60 ⁶
Piglet	300 ppm	711 ²	1,423 ²	1.998 ²
	2 g/kg	502 ⁷	855 ⁷	1.71 ⁷
Growing pig	200 ppm	990 ¹	524 ¹	2.60 ¹
	300 ppm	692 ²	1,803 ²	2.60 ²
	0.1 %	722 ⁴	1,749 ⁴	2.49 ⁴
Finishing pig	200 ppm	1,060 ¹	1,276 ¹	2.42 ¹
	0.1 %	886 ⁴	3,124 ⁴	3.53 ⁴

Source: ¹Subthawapolboon *et al.* (2009), ²Senkwankaew *et al.* (2015), ³Chen *et al.* (2009), ⁴Han *et al.* (2007), ⁵Liu *et al.* (2008), ⁶Xu *et al.* (2014), ⁷Zhou *et al.* (2012) and ⁸Jiao *et al.* (2015)

สรุป

สารไคโตซานที่สกัดด้วยวิธีการต่างๆ จากเปลือกกุ้งหรือจากสัตว์จำพวกมีข้อหรือปล้องอื่นๆ เช่น กุ้ง หอย กระจงปู แก่นในปลาหมึก เป็นต้น มีแนวโน้มช่วยให้สัตว์มีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นและส่งผลเด่นในด้านของสุขภาพ

สัตว์ โดยเฉพาะมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนและชนิดของเซลล์เม็ดเลือดขาว เมื่อนำไคโตซานมาผสมอาหารใช้เลี้ยงสุกรสุกรที่ได้รับสารไคโตซานมีสุขภาพที่ดีขึ้น เพราะมีภูมิคุ้มกันโรคที่เพิ่มขึ้น เมื่อสุกรสุขภาพที่ดีแล้วส่งผลให้เกษตรกรสามารถลดการใช้ยาในสัตว์ ช่วยลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มกำไรให้แก่เกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง

References

- Adeyeye, E.I., Adubiaro, H.O. and Awodola, O.J. 2008. Comparability of Chemical Composition and Functional Properties of Shell and Flesh of *Penaeus notabilis*. Pakistan Journal of Nutrition 7 (6): 741-747.
- Chajareern, S. 2004. Feed and feeding non ruminant. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture,

KhonKaen University. (In Thai)

- Chen, H.C., Chang, C.C., Mau, W.J. and Yen, L.S. 2002. Evaluation of N- acetylchito-oligosaccharides as the main carbon sources of the growth of intestinal bacteria. FEMS Microbiol. Lett. 209: 53-56.
- Chen, Y.J., Kim, I.H., Cho, J.H., Yoo, J.S., Wang, Y., Huang, Y., Kim, H.J. and Shin. S.O. 2009. Effects of chitooligosaccharide supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and immune responses after lipopolysaccharide challenge in weanling pigs. Livest. Sci. 124: 255-260.
- Chimsang, N., Salox, N., Pimonrat, P. and Tantikitti, C. 2006. Effect of shrimp head meal in the diets on growth, feed efficiency and pigmentation of sex-reversed red tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*. Songklanakarin J. Sci. Technol. 28(5): 951-964. (In Thai)
- Chitsatchapong, C. 2009. The effects of shrimp shell meal on production performance, microbial population changes and immune response of broilers. M.Sc. Thesis in Animal Production Technology, Suranaree University of Technology. (In Thai)
- Han, K.N., Kwon, I.K., Lohakare, J.D., Heo, S. and Cha, B.J. 2007. Chito-oligosaccharides as an alternative to antimicrobials in improving performance, digestibility and microbial ecology of the gut in weanling pigs. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 20(4): 556-562.
- Hertrampf, J.W. and Piedad-Pascual, F. 2000. Handbook on ingredients for aquaculture feeds. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht: Boston. 573 pp.
- Inez ven der Lubben M., Verhoof, C., Borchace, G. and Jugiinger, H. 2001. Chitosan and it derivatives in mucosal drug and vaccine delivery. J. Phamarm Sci: 201:207.
- Jiao, L. F., Ke, Y. L., Xiao, K., Song, Z.H., Hu, C.H. and Shi, B. 2015. Effects of cello-oligosaccharide on intestinal microbiota and epithelial barrier function of weanling pigs. J. Anim. Sci. 2015.93:1157–1164.
- Khanafari, A., Marandi, R. and Sanatei, Sh. 2008. Recovery of chitin and chitosan from shrimp waste by chemical and microbial methods. Iranian J. Environ. Health Sci. Eng. 5(1): 19-24.
- Khempaka, S., Koh, K. and Karasawa, Y. 2006. Effect of shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers. Poult. Sci. 43: 250-254.
- Lindberg, J.E. 2014. Fiber effects in nutrition and gut health in pigs. J. Anim. Sci. Biotechnology. 5: 1-7.
- Liu, P., Piao, X.S., Kim, S.W., Wang, L., Shen, Y.B., Lee, H.S. and Li, S.Y. 2008. Effects of chito-oligosaccharide supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, intestinal morphology, and fecal shedding of *Escherichia coli* and *Lactobacillus* in weaning pigs. J. Anim. Sci. 86: 2609–2618.
- Mahata, M.E., Dharma, A., Ryanto, H.I. and Rizal, Y. 2008. Effect of substituting shrimp waste hydrolysate of *Penaeus merguensis* for fish meal in broiler performance. Pakistan J. Nutr. 7(6): 806-810.
- Mohamed, M., Magnus, K.H. and Artursson, P. 2005. Chitosan and the mucosal delivery of biotechnology drugs. Drug Discov. Today Technol. 2(1): 1-6.
- Ojewola, G.S. and Udom, S.F. 2005. Chemical evaluation of the nutrient composition of some unconventional animal protein sources. Poult. Sci. 4(10): 745-747.
- Okawa, Y., Kobayashi, M., Suzuki, S. and Suzuki, M. 2003. Comparative study protective effects of chitin, chitosan, and N-acetyl chitohexaose against *Pseudomonas aeruginosa* and *Listeria monocytogenes*

- infection in mice. *Biol. Pharm. Bull.* 26(6): 902-904.
- Okoye, F.C., Ojewol, G.S. and Njoku-Onu, K. 2005. Evaluation of shrimp waste meal as a probable animal protein source for broiler chicken. *Int. J. Poultry Sci.* 4(5): 458-461.
- Phayai, S. 2001. Extraction and study of lead chitosan adsorption properties. Thesis Faculty of Science and Technology, Rajabhat Institute Chiang Mai. (In Thai)
- Senel, S. and McClure, S.J. 2004. Potential applications of chitosan in veterinary medicine. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 56(10): 1467-1480.
- Senkwankaew, C., Makpangwon, A., Maneewon, B. and Thirabunyanon, M. 2015. Study on supplemented chitosan various forms in diet on nutrients absorption and growth performance of growing - finishing pig (15-90 kg). M.Sc. Thesis in Animal Science, Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University. (In Thai)
- Srinuttharakun, W. 2010. From shrimp shells and crab shells to chitosan. Thailand Institute of Nuclear Technology [online]. [Accessed August 14, 2017]. Available from: <http://www.tint.or.th/nkc/nkc53/content/nstkc53-062.html> (In Thai)
- Subthawapolboon, K., Settakul, J. and Sitthikraipong, R. 2009. Effects of chitosan supplementation on the performance of pig production. Agricultural Seminar in 2009. Faculty of Agriculture, Khonkaen University. pp. 242-244.
- Surawattanawan, P. 2001. Chitin - Chitosan [online]. [Accessed August 5, 2017]. Available from: URL: <http://www.Gpo.or.th/rdi/html/chitin.html>.
- Xu, Y., Shi, B., Yan, S., Li, J., Li, T., Guo, Y. and Guo, X. 2014. Effects of chitosan supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, and digestive enzyme activity in weaned pigs. *Czech J. Anim. Sci.* 59(4): 156-163.
- Yin, Y., Yao, K., Liu, Z., Gong, M., Ruan, Z., Deng, D., Tan, B., Liu, Z. and Wu, G. 2010. Supplementing L-leucine to a low-protein diet increases tissue protein synthesis in weanling pigs. *Amino Acids.* 39(5): 1477-1486.
- Zhou, T.X., Cho, J.H. and Kim, I.H. 2012. Effect of supplementation of chito-oligosaccharide on the growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and appearance of diarrhea in weaning pigs. *Livest. Sci.* 144(3): 263-268.