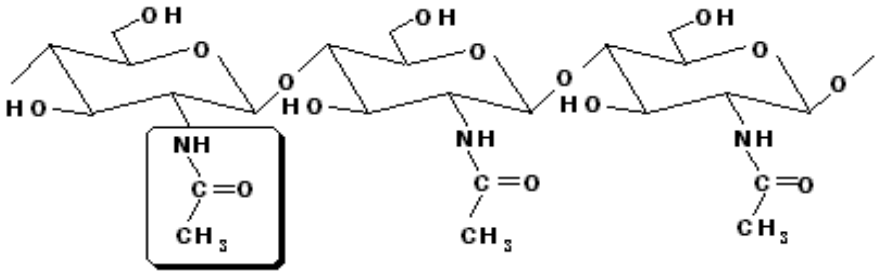
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้ไคโตซานที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตสุกรขุน ผู้วิจัยได้ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องครอบคลุมหัวข้อต่อไปนี้

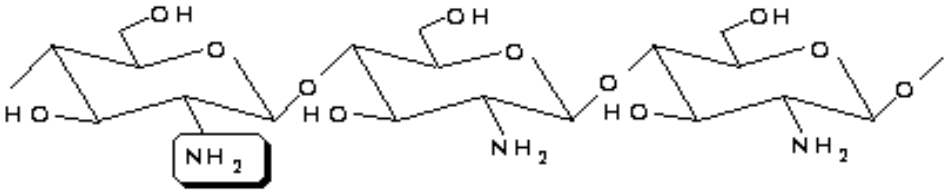
องค์ประกอบของไคติน – ไคโตซาน

ไคตินเป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติ โดยพบเป็นองค์ประกอบของเปลือกแข็งที่หุ้มเซลล์ของรา ยีสต์ และจุลินทรีย์หลายชนิด หรือพบเป็นโครงสร้างแข็งของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จำพวกแมลง กุ้ง ปู ปลาหมึก เป็นต้น ไคตินมีปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อไม้ และเป็นโพลิเมอร์สายยาวที่ประกอบขึ้นจากน้ำตาลหน่วยย่อย คือ N-acetyl-D-glucosamine มาเรียงต่อกันเป็นสายลักษณะเป็นของแข็งในรูปละลายได้ในกรดอนินทรีย์ เช่น กรดเกลือ กรดกำมะถัน กรดฟอสฟอริก และกรดฟอร์มิกที่ปราศจากน้ำ แต่ไม่ละลายในด่างเจือจาง แอลกอฮอล์ และตัวทำละลายอินทรีย์อื่นๆ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของไคติน
ที่มา (ประภัสสร สุรวัฒนาวรรณ, 2544)

ไคโตซาน คือ อนุพันธ์ของไคตินที่ตัดเอาหมู่ acetyl ของน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine (เรียกว่า deacetylation คือ เปลี่ยนน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine เป็น glucosamine) ออกตั้งแต่ 50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป และมีสมบัติละลายได้ในกรดอ่อน ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน
ที่มา (ประภัสสร สุรวัฒนาวรรณ, 2544)

ไคโตซานที่ได้จะมีส่วนผสมของน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine และ glucosamine อยู่ในสายโพลิเมอร์เดียวกัน ซึ่งระดับการจัดหมู่ acetyl (หรือเปอร์เซ็นต์การเกิด deacetylation) นี้มีผลต่อสมบัติและการทำงานของไคโตซาน นอกจากนี้น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานยังบอกถึงความยาวของสายไคโตซานซึ่งมีผลต่อความหนืด เช่น ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะมีสายยาวและสารละลายมีความหนืดมากกว่าไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เป็นต้น ดังนั้น การนำไคโตซานไปใช้ประโยชน์จะต้องพิจารณาทั้งเปอร์เซ็นต์การเกิด deacetylation และน้ำหนักโมเลกุล

กมลศิริ พันธนียะ (2546) รายงานว่า ไคติน – ไคโตซานเป็นวัสดุชีวภาพเกิดในธรรมชาติ จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตผสมที่ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีธาตุไนโตรเจนติดอยู่ด้วยทำให้มีคุณสมบัติที่โดดเด่นและหลากหลาย มีประสิทธิภาพสูงในกิจกรรมชีวภาพและยังย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ดังนั้น จึงเป็นสารที่มีความปลอดภัยในการใช้กับมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม สารไคติน-ไคโตซานนี้มีลักษณะพิเศษในการนำมาใช้ดูดซับและจับตะกอนต่าง ๆ ในสารละลาย แล้วนำสารกลับมาใช้ใหม่ได้ซึ่งเป็นการหมุนเวียนตามระบบธรรมชาติ

ไคตินเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่มีมากเป็นอันดับสองของโลก ซึ่งพบได้จากธรรมชาติ คือ จะพบในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนไคติน – โปรตีน (ในเปลือกของแมลง) ซึ่งนอกจากจะพบได้ในเปลือกกุ้งและปูแล้ว ยังมีมากในเปลือกหุ้มของแพลงก์ตอน ผนังเซลล์ของสาหร่าย ยีสต์และเห็ดรา เปลือกแมลง แกนของปลาหมึกแมงกะพรุนหรือดาวทะเล ไคโตซานเป็นสารอนุพันธ์ที่ไม่ละลายน้ำของไคติน ซึ่งสามารถสกัดได้จากเปลือกของกุ้งขนาดกลางและเล็ก กุ้งก้ามกรามหรือปู (ป๋วย อุ่นใจ, 2543)

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ (2543) กล่าวว่า ไคตินจัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตประเภทโครงสร้างที่เป็นเส้นใยคล้ายกับเซลลูโลสจากพืช ไคตินพบได้ในเปลือกของสัตว์ เช่น กุ้ง ปู แกนหมึก แมลง ตัวไหม หอยมุก และผนังเซลล์ของพวกรา ยีสต์ และจุลินทรีย์อีกหลายชนิด ไคตินในธรรมชาติ มีโครงสร้างของผลึกที่แข็งแรง 3 ลักษณะ ได้แก่ แอลฟ่าไคติน เกิดจาก

เปลือกกุ้งและเปลือกปู เบต้าไคติน เกิดในแกนหรือกระดองหมึก และแกมม่าไคติน ไคโตซาน คือ สารโพลิเมอร์ชีวภาพที่สกัดจากไคติน ซึ่งเป็นโครงสร้างของเปลือกกุ้ง กระดองปู แกนปลาหมึก และผนังเซลล์ของเห็ด ราบางชนิด ไคติน – ไคโตซานจัดเป็นโคโพลิเมอร์ที่อยู่ร่วมกันในธรรมชาติ มีปริมาณของไคตินมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส ไคติน – ไคโตซานมีสมบัติพื้นฐานที่เข้ากับธรรมชาติได้ดี ย่อยสลายง่าย ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

ไคโตซานเป็นสารไบโอโพลิเมอร์ธรรมชาติ สกัดได้จากไคตินที่เป็นโครงสร้างของเปลือกกุ้ง กระดองปู แกนปลาหมึก และผนังเซลล์ของเห็ด ราบางชนิด ในธรรมชาติปริมาณของไคตินมีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส สารไคโตซานมีคุณสมบัติพื้นฐาน คือ สามารถย่อยสลายง่าย ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เนื่องจากไคโตซานมีหมู่อะมิโนซึ่งแสดงคุณสมบัติพิเศษหลายประการ เช่น การจับกับอิออนของโลหะได้ดีและการมีฤทธิ์ทางชีวภาพ ปัจจุบันมีการนำสารไคติน – ไคโตซานมาประยุกต์ใช้จริงทั้งในภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ทางการแพทย์และเภสัชกรรม เช่น สารตกตะกอนในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมเส้นใยสิ่งทอ โดยเฉพาะฤทธิ์ในทางการป้องกันแบคทีเรียและเชื้อรา (ภาวดี เมธะดานนท์, 2544)

ไคติน-ไคโตซานเป็นสารธรรมชาติที่มีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายเซลลูโลส สกัดได้จากเปลือกกุ้ง กระดองปู และแกนหมึก เป็นต้น ไคติน – ไคโตซานและอนุพันธ์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มาก เช่น ใช้งานด้านการเกษตร โดยใช้เป็นปุ๋ย เป็นสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ และยืดอายุผลผลิตหลังเก็บเกี่ยว เป็นต้น ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรม โดยเป็นตัวจับโลหะหนัก ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง เช่น สบู่ ยาสีฟัน และครีมบำรุงผิว ฯลฯ ใช้เป็นอาหารเสริมและวัสดุทางการแพทย์ เป็นต้น เนื่องจากสมบัติพิเศษหลายประการ ได้แก่ ความไม่เป็นพิษ สามารถเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อของคนและสัตว์ ความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอล ชนิด LDL และไขมันไตรกลีเซอไรด์ในเลือด โดยการจับตัวกับไขมันจากอาหารทำให้การดูดซึมในลำไส้เล็กลดลง ที่ผ่านมาได้มีผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่มีไคโตซานเป็นส่วนประกอบ ใช้ในการควบคุมน้ำหนักโดยการจับตัวกับไขมันจากอาหารที่รับประทานเข้าไปให้กลายเป็นกากอาหาร ทำให้การดูดซึมไขมันต่ำลง ซึ่งเป็นที่สนใจมากในกลุ่มวัยรุ่นและสุภาพสตรี (Koide, 1998)

ไคโตซานเป็นไบโอโพลิเมอร์ธรรมชาติอย่างหนึ่งซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญในรูปของ D-glucosamine พบได้ในธรรมชาติ โดยเป็นองค์ประกอบอยู่ในเปลือกนอกของสัตว์พวก กุ้ง ปู แมลง และเชื้อรา เป็นสารธรรมชาติที่มีลักษณะโดดเด่นเฉพาะตัว คือ ที่เป็นวัสดุชีวภาพ (Biometerials) ย่อยสลายตามธรรมชาติ มีความปลอดภัยในการนำมาใช้กับมนุษย์ ไม่เกิดผลเสีย

และปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดการแพ้ ไม่ไวไฟและไม่เป็นพิษ (non – phytotoxic) ต่อพืช นอกจากนี้ยังส่งเสริมการเพิ่มปริมาณของสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ (ลาวัลย์ จีระพงษ์, 2546)

การผลิตไคติน – ไคโตซาน

วัตถุดิบที่สามารถนำมาผลิตเป็นไคตินและไคโตซานนั้นได้มาจากเปลือกของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีข้อปล้อง เช่น กุ้ง ปู ปลาหมึก การผลิตจะเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบ ซึ่งอาจจะสับวัตถุดิบเป็นชิ้นเล็กๆ หรือไม่ก็ได้ บางครั้งอาจจะนำมาล้างน้ำเพื่อกำจัดไขมัน โปรตีน และสิ่งสกปรกบางส่วนออกจากวัตถุดิบ ก่อนนำมาผ่านกระบวนการแยกโปรตีนด้วยด่างเจือจาง แล้วตามด้วยกระบวนการแยกแร่ธาตุด้วยกรดเกลือเจือจาง ซึ่งทั้ง 2 ขั้นตอนนี้สามารถสลับลำดับก่อนหลังได้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้ เรียกว่า “ไคติน” จากนั้นนำไคตินที่ได้มาเข้าสู่กระบวนการผลิตไคโตซาน โดยการแช่ไคตินในสารละลายด่างเข้มข้นเพื่อดึงหมู่อะซิทิลออกจากไคติน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไคโตซาน ได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา ความเข้มข้นของด่าง สภาวะและขั้นตอนในการผลิตไคติน อัตราส่วนของไคตินต่อสารละลายด่างเข้มข้น จากรายงานวิจัยพบว่า การผลิตไคตินและไคโตซานจากเปลือกกุ้งนั้น สารละลายด่างที่มีความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์เหมาะสำหรับการแยกโปรตีนที่อุณหภูมิห้อง และการแยกแร่ธาตุด้วยกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้องนั้นควรจะแช่วัตถุดิบในกรดเกลืออย่างน้อย 2 ชั่วโมง นอกจากนี้การผลิตไคโตซานที่มีความหนืดสูงๆ จะต้องใช้ไคตินที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยขั้นตอนการแยกแร่ธาตุก่อนการแยกโปรตีน (Lertsutthiwong, 2002)

เปลือกกุ้ง (Shrimp Biowaste) จะประกอบด้วย ความชื้น 6.05 % , Pb 1.13 mg/kg , Cr 9.35 mg/kg , As 0.16 mg/kg , Ash 1.10% และ Degree of deacetylation 91.4 %

กระบวนการแยกโปรตีน (Deproteination)
ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง

กระบวนการแยกแร่ธาตุ (Decalcification)
ด้วยสารละลายกรดเกลือเจือจาง

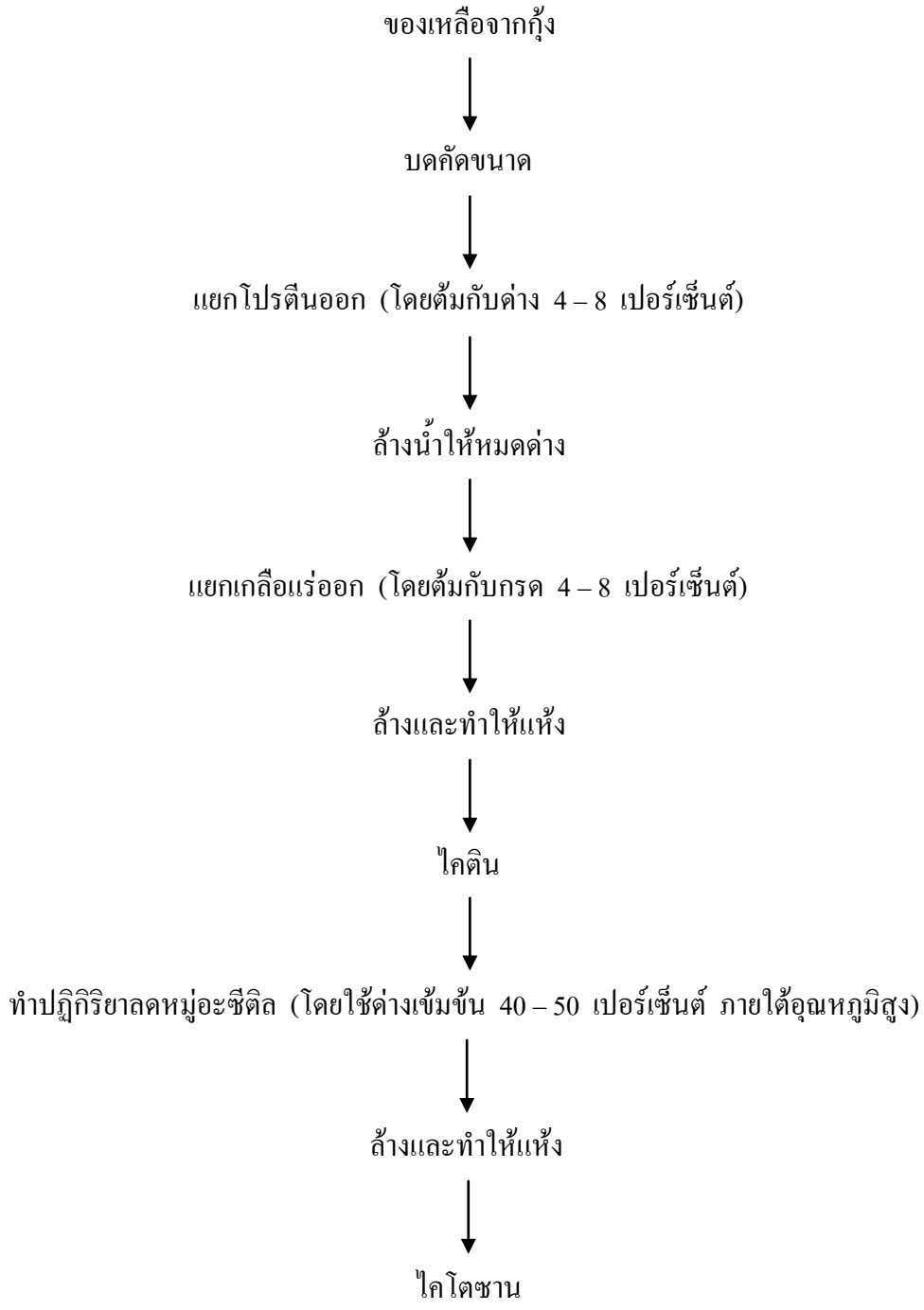
ไคติน (Chitin)

กระบวนการดึงหมู่อะซิทิล (Deacetylation)
ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น

ไคโตซาน (Chitosan)

ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการผลิตไคติน – ไคโตซาน
ที่มา (Meyer, 1997)

นอกจากนี้ ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ (2543) ยังได้ศึกษากระบวนการผลิตไคโตซานในอุตสาหกรรมการผลิตสารไคตินและไคโตซานจากเปลือกกุ้งทำโดยการใช้สารเคมีและความร้อน (thermochemistry) นับว่าเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหามลภาวะและรักษาสิ่งแวดล้อมในการกำจัดกากของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลและช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ (value-added products) ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แผนผังการผลิต
ที่มา (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2543)

ประโยชน์ของไคติน – ไคโตซาน

ปัจจุบันมีการนำไคตินและไคโตซานมาประยุกต์ในด้านต่างๆ (ประภัสสร สุรวัฒนาวรรณ, 2544) เช่น

1. ด้านอาหาร ไคโตซานมีสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิด โดยมีกลไก คือ ไคโตซานมีประจุบวก สามารถจับกับเซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์ที่มีประจุลบได้ทำให้เกิดการรั่วไหลของโปรตีนและสารอื่นของเซลล์ ในหลายประเทศได้ขึ้นทะเบียนไคตินและไคโตซานให้เป็นสารที่ใช้เติมในอาหารได้ โดยนำไปใช้เป็นสารกัดบูด สารช่วยรักษากลิ่น รส และสารให้ความข้น ใช้เป็นสารเคลือบอาหาร ผัก และผลไม้ เพื่อรักษาความสดหรือผลิตในรูปฟิล์มที่รับประทานได้ (edible film) สำหรับบรรจุอาหาร

2. ด้านอาหารเสริม ไคโตซานช่วยลดคอเลสเตอรอลและไขมันในเส้นเลือด โดยไคโตซานไปจับกับคอเลสเตอรอลทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมไปใช้หรือดูดซึมได้น้อยลง เนื่องจากไคโตซานสามารถจับวิตามินที่ละลายได้ดีในไขมัน (วิตามินเอ ดี อี เค) อาจทำให้ขาดวิตามินเหล่านี้ได้ นอกจากนี้ ทางการแพทย์การนำ N-acetyl-D-glucosamine ไปใช้รักษาไขข้อเสื่อม โดยข้อเสื่อมเกิดจากการสึกกร่อนของเนื้อเยื่ออ่อนที่เคลือบอยู่ระหว่างข้อกระดูก ซึ่ง glucosamine เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ proteoglycan และ matrix ของกระดูกอ่อน จึงช่วยทำให้เยื่อหุ้มกระดูกอ่อนหนาขึ้น

3. ด้านการแพทย์ มีการวิจัยนำแผ่นไคโตซานมาใช้ปิดแผล ช่วยทำให้ไม่เป็นแผลเป็น โดยไคโตซานช่วยลดการ contraction ของ fibroblast ทำให้แผลเรียบ กระตุ้นให้เกิดการซ่อมแซมบาดแผลให้หายเร็วขึ้น

4. ด้านเภสัชกรรม มีรายงานการใช้ไคโตซานเพื่อควบคุมการปลดปล่อยตัวยาสำคัญ

5. ด้านการเกษตร เนื่องจากไคตินและไคโต-ซานมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกจากโมเลกุลอย่างช้าๆ รวมทั้งช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศและดินจึงใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของพืชและกระตุ้นการนำแร่ธาตุไปใช้ ผลคือสามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพการผลิตได้ ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนต่ำลงเนื่องจากลดการใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง

6. ด้านการปศุสัตว์ ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์เพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกันและลดการติดเชื้อทำให้น้ำหนักตัวของสัตว์เพิ่มขึ้น

7. ด้านการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารมีสารแขวนลอยสูง ไคโตซานมีประจุบวกสามารถจับกับโปรตีนและไขมันได้ดี ซึ่งโปรตีนที่ได้สามารถแยกนำไปใช้

เป็นอาหารสัตว์ต่อไป นอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถดูดซับอิออนของโลหะหนักและจับสี (dye) ช่วยในการบำบัดน้ำเสีย

8. ด้านสิ่งทอ นำมาขึ้นรูปเป็นเส้นใยและใช้ในการทอร่วมหรือเคลือบกับเส้นใยอื่นๆ เพื่อให้ได้คุณสมบัติการต้านจุลชีพ ลดการเกิดกลิ่นอับชื้น

ปัจจุบันไคโตซานถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในวงการเกษตร เช่น (กมลศิริ พันธนียะ, 2546)

1. การใช้กับพืชผักผลไม้ ในด้านการเกษตรกรรมนั้นมีการนำไคโตซานมาใช้เป็นอาหารเสริมให้แก่พืชเพื่อช่วยควบคุมการทำงานของพืช ผลไม้ และต้นไม้ให้ทำงานได้ดีขึ้น คล้าย ๆ กับการเพิ่มปุ๋ยพิเศษให้แก่พืชผักผลไม้ นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในการป้องกันโรคที่เกิดจากจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิดอีกด้วย ซึ่งช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น ช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงให้แก่ต้นพืช ผัก ผลไม้ ไม้ดอกไม้ประดับ ช่วยป้องกันการเกิดโรคซึ่งเกิดมาจากเชื้อจุลินทรีย์ในดินไปกระตุ้นการสร้างภูมิต้านทานให้แก่เมล็ดพืชที่จะนำไปเพาะขยายพันธุ์ทำให้มีอัตราการขยายพันธุ์เพิ่มขึ้น เป็นต้น

2. การใช้ไคโตซานในวงการประมง ในวงการประมงนั้นขณะนี้ได้มีการนำไคโตซานมาใช้ประโยชน์ในด้านการยืดอายุ การรักษา และเก็บถนอมอาหารที่เป็นผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ และในขั้นต้นนี้ได้สกัดโปรตีนจากหัวกุ้ง เพื่อนำโปรตีนนั้นมาใช้เป็นสารเสริมคุณค่าอาหารและของว่างที่ทำจากสัตว์น้ำ การปรุงแต่งรสและกลิ่นในอาหารขบเคี้ยวที่เป็นผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำเป็นต้น นอกจากนี้ฝ่ายเอกชนหลายแห่งได้นำไคโตซานมาใช้ประโยชน์ในด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อไปกระตุ้นภูมิต้านทานโรคในตัวกุ้ง กระตุ้นการย่อยอาหาร และการเจริญเติบโต ช่วยให้เม็ดอาหารคงรูปอยู่ในน้ำได้นานกว่าโดยการเคลือบสารไคโตซานบนอาหารที่จะให้กุ้งกินและเติมลงในน้ำเพื่อช่วยปรับสภาพแวดล้อมให้ดีอยู่เสมอ

นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ของไคติน-ไคโตซานอีกหลายด้าน เช่น (ปิ่วย อุ่นใจ, 2543)

1. ช่วยบำบัดน้ำเสีย มีประโยชน์ช่วยตรึงเอนไซม์ในการทำผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ รวมทั้งสามารถจับของแข็งแขวนลอยได้ดีและจับกับอะตอมของโลหะหนัก

2. อาหารเสริมของสัตว์เลี้ยง ใช้ผสมรวมกับอาหารให้แก่สัตว์บก มีประโยชน์ในการเพิ่มแบคทีเรียในระบบทางเดินอาหารลดอาการท้องเสีย

3. ทางด้านการเกษตร นำมาเคลือบผิวผลผลิตทางการเกษตรเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและป้องกันแมลงกัดกินไคโตซาน สามารถก่อตัวเป็นฟิล์มบางใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรและเมล็ดพันธุ์ และยังมีการนำเอาอนุพันธ์ของไคติน

และไคโตซานไปเป็นสารต่อต้านเชื้อรา ไวรัส และแบคทีเรียบางชนิด ซึ่งสามารถทำงานได้อย่างกว้างขวาง เช่น ยับยั้งโรคโคนเน่าจากเชื้อราโรคแอนแทรกโนสและโรคอื่น ๆ

ไคติน-ไคโตซานสามารถใช้เป็นสารเสริมผสมลงในอาหารสัตว์บก เช่น สุกร โค กระบือ เป็ด ไก่ ช่วยเพิ่มปริมาณแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในทางเดินอาหาร ช่วยลดอาการท้องเสียของสัตว์ได้ และลดอัตราการตายของสัตว์อ่อนอันเนื่องมาจากการติดเชื้อแบคทีเรียหลายชนิดในทางเดินอาหาร (ปิ่วย อุ่นใจ, 2543)

ปฏิกริยาของไคติน-ไคโตซานกับสารอื่น เช่น ฤทธิ์ในการขับไขมันออกจากร่างกายของไคโตซานจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ร่วมกับวิตามินซี แต่การกินในปริมาณมากเกินขนาดจะเป็นการลดการดูดกลับของเกลือแร่และลดระดับวิตามินอีในเลือด (รัฐ พิชญางกูร, 2543)

ฮิราโน่ (2542) ได้นำเอาเปลือกกุ้งหรือกระดองปูหรือแกนปลาหมึกมาแยกโปรตีนและเกลือแร่ออกไปจะได้สารที่เรียกว่า “ไคติน” และนำไคตินมาผ่านขบวนการทางเคมีเรียกว่าดีอะเซทิลเลชั่น ก็จะได้ไคโตซานออกมาเป็นสารธรรมชาติมีคุณสมบัติที่โดดเด่นทางเคมีเพราะเป็นสารที่มีประจุบวกสูงมีโครงสร้างเหมือนตาข่ายหรือคล้ายฟองน้ำที่มีช่องว่างเล็กๆ จึงสามารถดูดซับน้ำและสะท้อนรังสีอุลตร้าไวโอเลตจากแสงแดดได้ และยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรียอีกด้วยเพราะคุณสมบัติที่มากมายเหล่านี้เองทำให้ไคโตซานเป็นที่ต้องการในหลายวงการ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสริมไคติน – ไคโตซาน

Koide (1998) ได้ศึกษาวิจัยการนำไคโตซานให้คนรับประทาน ในการทดลองให้ผู้ชายอาสาสมัครที่มีสุขภาพแข็งแรงจำนวน 8 คน ทดลองรับประทานไคโตซานในรูปของขนมปังกรอบปริมาณ 3 – 6 กรัม/วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า ระดับคอเลสเตอรอลชนิด LDL ในเลือดเฉลี่ยลดลงจาก 188 มิลลิกรัม/เดซิลิตร เป็น 177 มิลลิกรัม/เดซิลิตร และมีปริมาณคอเลสเตอรอลชนิด HDL เพิ่มขึ้น แต่จากการทดลองในหนูพบว่า การให้ไคโตซานเป็นอาหารเสริมนั้นแม้จะทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดลดต่ำลงแต่มีผลทำให้การเจริญเติบโตช้าลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ให้ในปริมาณมาก นอกจากนี้ ยังพบว่าเกลือแร่และวิตามินที่ละลายในไขมันจะถูกดูดซึมลดลงด้วย ซึ่งได้แก่ วิตามิน A , D , E และ K จึงทำให้หนูทดลองที่ได้รับอาหารมีไขมันสูงร่วมกับไคโตซานมีปริมาณวิตามิน E ในเลือดลดต่ำลงอย่างมาก ปริมาณแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของกระดูกก็ลดลงเช่นกัน ทั้งนี้คาดว่า นอกจากการดูดซึมแคลเซียมที่ลดลงแล้ว วิตามิน D ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการสร้างกระดูกก็ถูกเจลของไคโตซานจับตัวกลายเป็นกากอาหารทำให้ปริมาณแร่ธาตุในกระดูกลดลงด้วย

ไคติน-ไคโตซานสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในสัตว์เลี้ยง เช่น ไก่เนื้อ เนื่องจากกระเพาะอาหารส่วนต้นของไก่มีการสร้างกรดไฮโดรคลอริกเพื่อใช้ปรับสภาพความเป็นกรด – ด่างในกระเพาะให้เหมาะสมกับการย่อยโปรตีน ซึ่งเหมาะกับการทำงานของไคโตซาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและสร้างพลังงานให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย เป็นการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตในไก่เนื้อได้การทดลองเสริมไคโตซานในอาหารเลี้ยงไก่ ใช้ที่อัตราส่วนความเข้มข้น ตั้งแต่ระดับ 50 – 500 ppm ผสมกับอาหาร ซึ่งให้ผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร (F.C.R.) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการสูญเสีย ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงผลเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในระดับที่เหมาะสมกับการเลี้ยงไก่เนื้อที่อายุ 45 วัน

รายละเอียด	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 6	กลุ่มที่ 7
อัตราการเสริมไคโตซาน (ppm)	0	50	100	200	300	400	500
จำนวนไก่ทดลอง (ตัว)	40	40	40	40	40	40	40
ระยะเวลาการทดลอง (วัน)	45	45	45	45	45	45	45
น้ำหนักไก่ทดลองเฉลี่ย (กก./ตัว)	1.83	1.92	1.98	2.14	2.20	2.10	2.12
น้ำหนักรวมของไก่ทดลอง (กก.)	67.71	72.96	75.24	83.46	88.00	84.00	84.80
อัตราการตาย (%)	7.5	5.0	5.0	2.5	0	0	0
F.C.R.	20.08	1.98	1.94	1.89	1.84	1.90	1.91
ADG (กรัม/ตัว/วัน)	40.67	42.67	44.00	47.56	48.89	46.67	47.11

ที่มา (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2543)

การใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 50 ppm. สามารถเร่งอัตราการเจริญเติบโต เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร เพิ่มน้ำหนักตัวได้จนถึงระดับสูงสุดที่ 300 ppm. การเสริมในระดับที่มากเกินไม่สามารถเพิ่มน้ำหนักตัว และให้ F.C.R. ที่ดีไปกว่านี้ได้แต่จะให้ผลดีต่อสุขภาพไก่มากขึ้น กรณีเกิดการเจ็บป่วยลดลงจะฟื้นตัวจากอาการป่วยเร็วขึ้น ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงผลการใช้ไคโตซานเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและอัตราการเจริญ-เติบโตในไก่เนื้อที่อายุ 45 วัน

รายละเอียด	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
อัตราการเสริมไคโตซาน (ppm)	0	200	300
จำนวนไก่ทดลอง (ตัว)	2,000	2,000	2,000
ระยะเวลาการทดลอง (วัน)	45	45	45
น้ำหนักไก่ทดลองเฉลี่ย (กก./ตัว)	1.87 ± 0.63	2.06 ± 0.75	2.17 ± 0.92
น้ำหนักรวมของไก่ทดลอง (กก.)	3,505 ± 12.79	3,876 ± 16.44	4,143 ± 14.85
อัตราการตาย (%)	6.32 ± 0.19	5.84 ± 0.12	4.56 ± 0.05
F.C.R.	2.07	1.91	1.85
ADG (กรัม/ตัว/วัน)	41.56	45.78	48.22

ที่มา (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2543)

ภายใต้การเลี้ยงในสภาวะแวดล้อมและการจัดการแบบเดียวกัน ไก่เนื้อที่ได้รับไคโตซานให้ผลผลิตที่ดีกว่าไก่เนื้อที่ไม่ได้รับไคโตซานเลย ทั้งด้านอัตราการรอด อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อน้ำหนักสุดท้าย และสุขภาพที่ดี โดยไม่ต้องมีการเพิ่มปริมาณอาหาร จากผลการทดลอง ไคโตซานสามารถแสดงผลการทำหน้าที่เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในไก่เนื้อได้ โดยการใช้ไคโตซานผสมในอาหารไก่เนื้อระดับที่เหมาะสมคือ ในอัตรา 200 – 300 ppm. จะช่วยให้ไก่มีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ ขนาดฝูงสม่ำเสมอ ขนสวยเป็นมันเงา สีหงอนและเหนียงแดงเข้ม สีแข้งเหลืองเข้ม ได้น้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงที่สุด ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (F.C.R.) ดีที่สุด และอัตราการตายต่ำสุด ดังนั้น การนำไคโตซานมาใช้ในการเลี้ยงไก่เนื้อจึงทำให้ได้มูลค่าสุทธิที่ขายไก่เพิ่มสูงขึ้น และช่วยลดต้นทุนการใช้ยา วัคซีนและเคมีอื่น ๆ ลงได้อีกด้วย

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และสุวลี จันทร์กระจ่าง (2543) ได้ทำการทดลองใช้ไคโตซานกับการเลี้ยงไก่เนื้อ 45 วัน โดยผสมในน้ำแล้วคนให้เข้ากันแล้วจึงผสมยาชนิดอื่นได้โดยใช้ในอัตราส่วนไคโตซานครึ่งลิตรผสมน้ำ 200 ลิตรต่อไก่ 5,000 ตัว ถ้าไก่เป็นโรคควรใช้ไคโตซาน 1 ลิตร ผสมน้ำ 200 ลิตร ก่อนจับ 7 วัน ใช้ไคโตซาน 1 ลิตรผสมน้ำ 200 ลิตร ให้กินทั้งวันทั้งคืน เพื่อให้ไก่ไม่เครียดและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ควรให้กินไคโตซานทุกวัน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมไคโตซาน ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักโดยรวมของไก่เพิ่มขึ้น 18.20 เปอร์เซ็นต์ อัตราการตายน้อยลงจาก 6.35 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเป็น 4.55 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดตัวสม่ำเสมอ ขนสวย หงอนแดง

เนื้อแน่น มันน้อย น้ำหนักดี สัตว์สมบูรณ์ไม่เครียด เพิ่มความต้านทานโรคสูง ลดค่ายาปฏิชีวนะลงในปริมาณมาก ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการทดลองการใช้ไคโตซานกับการเลี้ยงไก่เนื้อ 45 วัน

รายละเอียด	ไม่ใช้สารไคโตซาน	ใช้สารไคโตซาน
จำนวนไก่	2,000 ตัว	2,000 ตัว
น้ำหนักสุดท้าย (ทั้งฝูง)	3.505 กก.	4.146 กก.
ไก่ตาย	127 ตัว (6.35 %)	91 ตัว (4.55 %)
น้ำหนักเฉลี่ยตัวละ	1.8 กก./ตัว	2.17 กก./ตัว
เฉลี่ยโตวันละ	41.56 กรัม/วัน	48.23 กรัม/วัน
F.C.R. ใช้อาหารไก่	2.07 กก.	1.85 กก.

ที่มา (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และสุวลี จันทร์กระจ่าง, 2543)

นอกจากนี้ ไคติน – ไคโตซานยังสามารถนำมาใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในสุกรได้ เนื่องจากไคติน-ไคโตซานเป็นสารโคพอลิเมอร์ธรรมชาติกลุ่มคาร์โบไฮเดรทที่ประกอบด้วยอนุพันธ์ของของน้ำตาลกลูโคสที่มีธาตุไนโตรเจนในรูปของหมู่อะซีโตมิโด ($-NHCOCH_3$) เกาะอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ทำให้มีคุณสมบัติเฉพาะตัวในการทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ หลายชนิด โดยปกติไคโตซานจะละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ มีคุณสมบัติเป็นโพลิเมอร์ประจุบวก มีความเหนียว ใส สารละลายไคโตซานสามารถขึ้นรูปได้หลายแบบ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตและย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (Biodegradable) ในด้านผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ ไคโตซานเป็นสารเส้นใยที่ไม่ถูกดูดซึมและไม่ย่อยสลายในระบบทางเดินอาหารแต่มีคุณสมบัติในการดูดซับไขมัน และจับตัวกับโลหะหนักรวมทั้งสารพิษอื่น ๆ ที่ปนเปื้อนมากับอาหารและยา เสมือนเป็นตัวช่วยในการล้างสารพิษตกค้าง (Detoxification) ลดการสะสมพลังงานส่วนเกินและช่วยให้ระบบหมุนเวียนเลือดและหัวใจดีขึ้น มีฤทธิ์ต้านเชื้อราและเชื้อโรคบางชนิด เสริมสร้างระบบลำไส้และระบบขับถ่าย โดยไคโตซานซึ่งเป็นประจุบวกจะละลายในกระเพาะอาหารแล้วแปรสภาพเป็นเจลหุ้มไขมันที่เป็นประจุลบป้องกันการดูดซึมไขมันไปสะสม จากนั้นไขมันที่ดูดซับไว้จะถูกขับถ่ายออกจากร่างกายการนำไคโตซานมาใช้ในการเลี้ยงสุกร เป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตของสุกรและเร่งการสร้างเนื้อแดง รวมทั้งควบคุมปริมาณไขมันสะสมได้ เนื่องจากในกระเพาะอาหารของสุกร

มีสภาพเป็นกรด (pH = 2 – 3) เหมาะกับการทำงานของไคโตซาน ในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างช่วยให้การย่อยโปรตีนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และสุวลี จันทร์กระจ่าง (2547) ได้ทำการทดลองใช้ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตลูกสุกรและสุกรขุน พบว่า น้ำหนักโดยรวมของสุกรเล็กและสุกรขุนเพิ่มขึ้น F.C.R. ค่าอาหารลดลง ค่ายาปฏิชีวนะลดปริมาณลงมาก สุกรเล็ก สุกรขุน มีสภาพดี สมบูรณ์แข็งแรง เนื้อแน่น มันน้อย น้ำหนักดี มีความต้านทานต่อโรคสูง และสุกรไม่เครียด ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงผลการทดลองการใช้ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของสุกรเล็ก

รายละเอียดทดลองสุกรเล็ก	ไม่ใช้สารไคโตซาน	ใช้สารไคโตซาน 45 วัน
จำนวนลูกสุกร	38 ตัว	38 ตัว
เฉลี่ยต่อตัว (ก่อนใช้)	12.8 กก./ตัว	12.3 กก./ตัว
เฉลี่ยต่อตัว (หลังใช้)	39.08 กก.	41.40 กก.
เฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อตัว	26.28 กก.	29.10 กก.
เฉลี่ยโตต่อวัน	584 กรัม	646 กรัม
F.C.R. ใช้อาหารสุกร	2.054 กก.	1.888 กก.
ตาย	2 ตัว (54.5 กก.)	1 ตัว (19.5 กก.)
ยาปฏิชีวนะ	38 ตัว 186 ซีซี	38 ตัว 81 ซีซี

ที่มา (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และสุวลี จันทร์กระจ่าง, 2547)

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ (2543) รายงานหลังจากได้ทำการทดลองนำสารสกัดไคติน-ไคโตซานมาช่วยเพิ่มในเรื่องของอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ และช่วยในการลดต้นทุนในการผลิตสุกรของเกษตรกร ซึ่งผลการทดลองรายงานว่า ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของสุกรที่ให้อัตราการแลกเนื้อเพิ่มขึ้น สามารถลดปริมาณการใช้ยาปฏิชีวนะลงได้ในปริมาณมาก โดยการเพิ่มปริมาณการใช้ไคโตซานจากที่ไม่ใช้เลยไปเป็น 2 กก./ตัน ทำให้การใช้ Amoxy ลดลงจาก 300 ppm./ตัน เหลือเพียง 100 ppm./ตัน และการใช้ CTC 15 เปอร์เซ็นต์ ลดลงจาก 2 กิโลกรัม/ตัน เหลือเพียง 1 กิโลกรัม/ตัน ตามลำดับ แต่กลับทำให้สุกรมีสุขภาพดีขึ้น อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และอัตราการแลกเนื้อที่มากขึ้นที่ 1.86 และอาจทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมของการเลี้ยงสุกรทั่วประเทศได้ประมาณ 886.5 ล้านบาท/ปี ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบผลของการได้รับไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในสุกร

กลุ่มทดลอง	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 6	กลุ่มที่ 7	กลุ่มที่ 8
ใช้ไคโตซาน (กก./ตัน)	0	2	0	1.5	2	0	1.5	2
ใช้ Amoxycillin (ppm.)	300	200	300	200	100	300	200	100
ใช้ Chlortetracycline 15% (กก./ตัน)	2	1.5	2	1.5	1	2	1.5	1
น้ำหนักเริ่มต้น (กก.)	2,223	2,128	1,962	1,812	2,059	820	794	1,109
น้ำหนักสิ้นสุด (กก.)	2,807	2,695	2,844	2,603	2,974	1,456	1,460	1,837
จำนวนตัว (ตัว)	30	27	34	29	29	29	30	34
น้ำหนักอาหารรวม (กก.)	1,750	1,555	1,940	1,721	1,749	1,425	1,465	1,450
น้ำหนักอาหารต่อตัว (กก./ตัว)	58.33	57.59	57.06	59.34	60.31	49.14	48.83	42.65
น้ำหนักเพิ่ม (กก./ตัว/วัน)	0.63	0.68	0.84	0.88	1.05	0.71	0.72	0.69
น้ำหนักอาหารต่อตัวต่อวัน (กก./ตัว)	1.88	1.86	1.84	1.91	1.95	1.59	1.58	1.38
F.C.R.	2.98	2.74	2.19	2.17	1.86	2.24	2.19	2.00
Back Fat (ซม.)	3	1.5	3	1.5	1.5	3	1.5	1.5

ที่มา (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2543)

ผลการเสริมไคโตซานในอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกร พบว่า สามารถช่วยให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีขึ้น สภาพซากมีมันลดลง ทั้งมันในช่องท้องและมันสันหลังบางลง วัดค่าได้ความหนาเฉลี่ย 1.5 เซนติเมตร หลังการเสริมไคโตซานในอาหารให้สุกรประมาณ 7 – 10 วัน สามารถสังเกตเห็นได้ว่าสุกรมีสุขภาพดีผิวหนังสดใส ขนเป็นมันเงา ดูสุขภาพดี ระบบขับถ่ายเป็นปกติ อัตราการเจริญเติบโตสม่ำเสมอ เมื่อมีอาการเจ็บป่วย ติดเชื้อ พบว่า สามารถฟื้นตัวจากอาการป่วยได้เร็วกว่าสุกรที่ไม่ได้รับไคโตซานเลย รวมทั้งสามารถเจริญเติบโตได้ทันกับตัวอื่น ๆ การใช้ไคโตซานในสุกรที่ระดับ 1.5 กิโลกรัมต่ออาหาร 1 ตัน สามารถลดการใช้ยาปฏิชีวนะลงได้พอสมควร และการใช้ที่ระดับ 2 กิโลกรัมต่ออาหาร 1 ตัน ยิ่งสามารถลดปริมาณยาปฏิชีวนะลงได้มาก แสดงให้เห็นว่าไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตที่ช่วยให้สุกรโตเร็ว ไม่ต้องใช้ยาปฏิชีวนะในระดับสูงจึงทำให้สุกรมีโอกาสปลอดสารพิษได้มาก ในทางตรงกันข้ามกลับทำให้สุกรมีสุขภาพดี

และแข็งแรง การเสริมไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของสุกรสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อให้ดีขึ้น คุณภาพซากดีขึ้น สุกรโตเร็ว ได้น้ำหนักดี ทำให้ลดต้นทุนค่าอาหารและปริมาณการใช้ยาปฏิชีวนะลงได้มาก ผู้เลี้ยงได้รับผลตอบแทนคุ้มค่าโดยไม่ต้องเสี่ยงกับสารพิษตกค้างที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และสุวลี จันทร์กระจ่าง (2547) ยังทำการศึกษาการใช้ไคโตซานเสริม 45 วัน ในอาหารสุกรเปรียบเทียบกับการไม่เสริมซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงผลการทดลองการใช้ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของสุกรขุน

รายละเอียดทดลองสุกรขุน	ไม่ใช้สารไคโตซาน	ใช้สารไคโตซาน 45 วัน
จำนวนลูกสุกร	41 ตัว	41 ตัว
เฉลี่ยต่อตัว (ก่อนใช้)	61.53 กก./ตัว	57.91 กก./ตัว
เฉลี่ยต่อตัว (หลังใช้)	94.82 กก.	98.62 กก.
เฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อตัว	33.29 กก.	40.71 กก.
เฉลี่ยโตต่อวัน	812 กรัม	993 กรัม
F.C.R. ใช้อาหารสุกร	2.63 กก.	2.47 กก.
ตาย	-	-
ยาปฏิชีวนะ	41 ตัว 235 ซีซี	41 ตัว 105 ซีซี

ที่มา (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และสุวลี จันทร์กระจ่าง, 2547)

การนำไคโตซานมาใช้ในการเลี้ยงกุ้ง ในปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งกุลาดำกำลังมีปัญหาเกี่ยวกับการส่งออกเนื่องจากพบว่ามีการตกค้างของยาปฏิชีวนะ จึงจำเป็นต้องหาสิ่งทดแทนที่จะทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตที่ดี มีสุขภาพแข็งแรง โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาสารตกค้างทั้งในตัวกุ้งและสิ่งแวดล้อมไคโตซานเป็นสารชีวภาพที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่โดดเด่นการนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งให้ผลดีในด้านช่วยเคลือบอาหาร ช่วยยืดระยะเวลาในการเน่าเปื่อยของอาหาร ทำให้กุ้งกินอาหารได้มากขึ้น กระตุ้นการสร้างเปลือกและการลอกคราบของกุ้ง ช่วยเร่งอัตราการเจริญเติบโต ทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรง ช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำเลี้ยงกุ้งให้ดีขึ้น และที่สำคัญไคโตซานไม่ตกค้างและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม มีการทดลองใช้ไคโตซานเพื่อปรับปรุงการให้ผลผลิตในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต โดยใช้ไคโตซานในอาหารกุ้งที่อัตราส่วนความเข้มข้น ตั้งแต่ระดับ 200 – 1,000 ppm. คลุกผสมกับอาหาร ซึ่งไคโตซาน

มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร (F.C.R.) อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการสูญเสีย ดังตารางที่ 2.7 และ 2.8

ตารางที่ 2.7 ผลการศึกษาหาปริมาณการเสริมไคโตซานในระดับที่เหมาะสมสำหรับกุ้งกุลาดำ

รายละเอียด	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 6
ปริมาณไคโตซาน (ppm.)	0	200	400	600	800	1,000
ระยะเวลาการทดลอง (วัน)	119	110	110	110	115	115
ความลึกเฉลี่ยของน้ำบ่อเลี้ยงหลังวันที่ 45 (m.)	1.25	1.25	1.25	1.28	1.25	1.28
น้ำหนักรวมสุดท้ายของกุ้ง (กก./บ่อ)	1,835.00	2,990.00	3,100.00	3,054.00	3,005.00	3,094.00
F.C.R.	1.53	1.34	1.27	1.35	1.38	1.36

ที่มา (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2543)

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการนำไคโตซานมาใช้ในอาหารที่ระดับ 0 – 400 ppm. เพื่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำซึ่งให้ผลดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 แสดงค่าเฉลี่ยของ F.C.R. และ ADG ของกุ้งกุลาดำที่ได้รับไคโตซาน

รายละเอียด	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
ปริมาณไคโตซาน (ppm.)	0	200	400
ระยะเวลาการทดลอง (วัน)	110	110	110
ความลึกเฉลี่ยของน้ำบ่อเลี้ยงหลังวันที่ 45 (m.)	1.222	1.242	1.202
น้ำหนักรวมสุดท้ายของกุ้ง (กก./บ่อ)	1,850.00	2,369.00	3,083.25
อัตรารอด (%)	54.68	64.92	78.97
น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	18.80	20.27	21.69
F.C.R.	1.50	1.29	1.15
ADG (กรัม/ตัว/วัน)	0.1709	0.1843	0.1972

ที่มา (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2543)

จากการศึกษาและทดลอง พบว่า ปริมาณไคโตซานที่เหมาะสมสำหรับกุ้ง คือ 400 ppm. ผลที่เห็นได้อย่างชัดเจน คือ ประสิทธิภาพการใช้อาหารและการเจริญเติบโตดีขึ้น มีอัตราการรอดสูง และได้กุ้งที่มีน้ำหนักรวมสุดท้ายสูงที่สุด เนื่องจากได้รับไคโตซานซึ่งอยู่ในสภาพที่กุ้งสามารถดูดซึมนำไปใช้ได้ทันทีทำให้กุ้งกินอาหารได้มากขึ้น อาหารถูกเปลี่ยนเป็นเนื้อเร็วขึ้น ทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรงและโตเร็ว ทั้งยังช่วยลดต้นทุนการเลี้ยงในส่วนค่าวิตามิน อาหารเสริม และยาปฏิชีวนะได้อีกด้วย

ปริมาณการกินของสุกร

ปริมาณการกินได้ของสุกรเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงสถานะของฝูงสุกร เป็นการเฝ้าระวังสุขภาพของสุกรไปด้วยแต่ข้อมูลปริมาณการกินต้องเป็นข้อมูลที่แท้จริง ปริมาณการให้อาหารกับปริมาณการกินอาหารได้ที่แท้จริง 2 อย่างมีความแตกต่างกันอยู่ แต่ถ้ามองปริมาณการให้อาหารเพียงอย่างเดียวจะมีค่าสูงกว่าปริมาณการกินได้แท้จริง เนื่องจากในกระบวนการเลี้ยงจะมีการสูญเสียระหว่างทางและการตกหล่น ซึ่งในแต่ละฟาร์มมีการสูญเสียที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการจัดการของแต่ละฟาร์ม

ตารางที่ 2.9 แสดงการกินอาหาร/วันของสุกร

อายุ (เดือน)	ปริมาณที่กินต่อวัน (กก.)	น้ำหนักตัวสุกร (กก.)
1	0.20	6.5
2	0.50	18
3	0.85	35
4	1.30	55
5	1.80	75
6	2.30	90
7	2.80	110

ที่มา (www.thaifeed.net, 2550)

ตารางที่ 2.10 แสดงปริมาณการกินอาหารของสุกรในระยะต่าง ๆ

น้ำหนักตัว (กก.)	25	30	40	50	60	70	80	99	100 – 110
น้ำหนักอาหาร (กก./วัน)	1.3	1.55	1.9	2.2	2.5	2.25	2.90	3.0	3.1
สุกรอุ้มท้อง	2.5								
สุกรเลี้ยงลูก	4.5 – 5.5								

ที่มา (www.thaifeed.net, 2550)

ลักษณะของสุกรขุน

สุกรเป็นสัตว์เลี้ยงที่ใช้เป็นอาหารของคนอย่างแพร่หลาย เนื้อสุกรมีโปรตีนสูง มีรสชาติอร่อย และปรุงอาหารได้หลายอย่าง คนไทยนิยมบริโภคเนื้อสุกรมากกว่าเนื้อสัตว์อื่น ทั้งนี้อาจเนื่องจากเนื้อสุกรสามารถนำมาปรุงอาหารได้หลายชนิด สุกง่าย รสชาติดี ถ้าหากมีสุกรมากเกินที่จะบริโภคหมดภายในประเทศก็จะสามารถส่งไปในรูปของผลิตภัณฑ์ เช่น เบคอน ไส้กรอก แฮม กุนเชียง เป็นต้น การเลี้ยงสุกรขุนส่งตลาดใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 4 – 5 เดือน หรือเลี้ยงจนมีน้ำหนักประมาณ 80 – 100 กิโลกรัม ก็สามารถส่งตลาดได้ สุกรที่นิยมเลี้ยงจะเป็นสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์และพันธุ์แลนด์เลซ เป็นพันธุ์ที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในประเทศไทยได้ดี (สุวิทย์ เตียรทอง, 2526) นอกจากลักษณะดังกล่าวแล้วในการเลี้ยงสุกรให้ได้ปริมาณเนื้อที่ดีมีคุณภาพตรงตามผู้บริโภคและเจริญเติบโตเร็วยังขึ้นอยู่กับอาหารและการจัดการเลี้ยงของสุกรด้วย

อาหารและการจัดการสุกรขุน

สุวิทย์ เตียรทอง (2526) กล่าวว่า หลักการในการให้อาหารสุกร ควรยึดหลักว่าอย่าเสียดายอาหารเพราะการกลัวสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายจะส่งผลเสียต่อสุกรในบั้นปลาย คือ สุกรจะเติบโตช้าลง ควรจะเลือกวิธีในการประหยัดอาหารในเรื่องของการระมัดระวังการหกหล่นของอาหารจากรางการตกหล่น หรือปล่อยให้สัตว์อื่นเข้าไปแย่งกิน เพราะจะทำให้ต้นทุนการเลี้ยงสุกรสูง ควรจะเลี้ยงให้สุกรอิ่มทั่วถึงกันโดยการจัดให้มีรางอาหารเพียงพอ คัดขนาดสุกรเพื่อป้องกันการแย่งกินของสุกรให้อาหารตรงตามเวลากำหนดทุกวันเพื่อช่วยให้สุกรได้รู้จักเวลากินเพื่อประโยชน์ต่อผู้เลี้ยงและตัวสุกรเอง และยังต้องให้อาหารให้ตรงตามประเภทและวัยของสุกร เนื่องจากสุกรแต่ละชนิด

จะต้องการคุณค่าทางอาหารที่แตกต่างกัน จุดมุ่งหมายของการให้อาหารสุกรขุน คือ เพื่อให้สุกรขุนเจริญเติบโตเร็วที่สุดโดยใช้เวลาสั้น ได้น้ำหนักตามต้องการและคุณภาพซากดี ที่สำคัญใช้อาหารประหยัดที่สุด ซึ่งวัตถุดิบที่จะนำมาใช้นั้นถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

การเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ประกอบอาหารสุกรขุน

การเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์จะต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการแล้วควรคำนึงถึงราคาที่ถูก เหมาะสมตามฤดูกาล เลือกวัตถุดิบที่สามารถนำมาผสมอาหารได้เลย พิจารณาถึงความยุ่งยากและต้นทุนในการแปรรูปวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ (ศิริลักษณ์ วงส์พิเชษฐ และคนอื่น ๆ, 2543)

วัตถุอาหารโปรตีน เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง กากเมล็ดฝ้าย กากเมล็ดนุ่น กากปาล์ม กากมะพร้าว เป็นต้น จำเป็นต้องเลือกใช้แหล่งโปรตีนหลาย ๆ ชนิด เพื่อทำให้คุลยภาพของโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นในสูตรอาหารมีครบสมบูรณ์ โดยทั่วไปนิยมใช้ปลาป่นและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในการประกอบสูตรอาหาร

วัตถุดิบอาหารพลังงาน เช่น ปลายข้าว ข้าวโพด มันเส้น และรำ เป็นกลุ่มที่ใช้มากถึง 50 – 80 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยหลักในการเลือกอาหารประเภทนี้ คือ ต้องมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี โดยพิจารณาจากปริมาณพลังงานที่สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ ไม่มีสารพิษ และมีราคาถูก

วัตถุดิบอาหารวิตามินและแร่ธาตุ ปัจจุบันมีการใช้วิตามินและแร่ธาตุที่ผสมสำเร็จขายในรูปพรีมิกซ์และแร่ธาตุสำเร็จรูปในการประกอบสูตรอาหารเพราะอำนวยความสะดวกและประหยัดเวลาในการประกอบสูตรอาหาร

วัตถุที่เติมในอาหารสัตว์แบ่งเป็น 2 ชนิด ชนิดที่เป็นอาหารและไม่เป็นอาหาร ชนิดที่เป็นอาหาร เช่น กรดอะมิโน วิตามิน และสารปรุงแต่งชนิดที่ไม่เป็นอาหาร เช่น สารเร่งการเจริญเติบโต ยาปฏิชีวนะ ยาถ่ายพยาธิ ฮอร์โมน อาหารจำพวกนี้ใช้ในปริมาณน้อยแต่ส่งผลต่อต้นทุนการผลิต ผู้เลี้ยงอาจพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมและต้องให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากว่าการไม่ใช้

วัตถุที่เติมในอาหารสุกร

วัตถุที่เติมในอาหารสัตว์มีทั้งชนิดที่เป็นอาหารและไม่เป็นอาหารมีวัตถุประสงค์หลากหลาย เช่น

1. กลุ่มสารกระตุ้นการเจริญเติบโต เช่น สารยับยั้งจุลินทรีย์ ฮอร์โมนและเอนไซม์
2. กลุ่มสารที่ช่วยกระตุ้นในการกินอาหาร เช่น รสอร่อย

3. กลุ่มสารที่เติมเพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ เช่น สารควบคุมความเป็นกรดด่าง สารถนอมอาหาร สารกันหืน สารป้องกันท้องอืด ยากันบิด ยาถ่ายพยาธิ สารช่วยกระจายไขมัน สารเหล่านี้สร้างผลกระทบต่อการผลิต เช่น โรคดื้อยา ต้นทุนเพิ่มขึ้นและมีผลต่อผู้บริโภค เช่น มีสารตกค้าง

4. เอนไซม์ เป็นการพัฒนาวัสดุธรรมชาติมาใช้เป็นอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มการย่อยและใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในอาหาร เอนไซม์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีในเซลล์ทุกชนิดไม่ว่า พืช สัตว์ หรือจุลินทรีย์ ได้แก่ เอนไซม์ในระบบการย่อยอาหารทั้งในกระเพาะและลำไส้เล็ก เอนไซม์จะถูกขับออกมาเพื่อย่อยสลายอาหารที่มีอนูขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กเพื่อร่างกายนำสารอาหารมาใช้ประโยชน์ได้

การจัดการเลี้ยงสุกรขุน

การจัดการในการเลี้ยงสุกรขุนนั้นต้องเริ่มจากการทำความสะอาดและเตรียมโรงเรือนโดยมีหลักปฏิบัติ ดังนี้ (คมสันต์ พินทะปะกัง, 2541)

เมื่อย้ายสุกรออกจากโรงเรือนหมดแล้วราดโซดาไฟให้ทั่วในอัตราส่วนโซดาไฟ 4 ขีดต่อน้ำ 20 ลิตร ทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง ฉีดพ่นหลังคาผ้าม่านและบริเวณหน้าเล้าและรอบ ๆ ทำความสะอาดคอกและอุปกรณ์ เมื่อคอกแห้งพ่นยาฆ่าเชื้อฟาร์มฟูอิด อัตราส่วน 1 : 100 ให้ชุ่มทั้งโรงเรือน พักคอก 5 – 7 วัน และรับสุกรเข้าแต่เช้าตรู่เพื่อลดความเครียดรับสุกรที่มีสุขภาพดีเท่านั้น จัดขนาดสุกรให้มีขนาดใกล้เคียงกันไว้คอกเดียวกัน งดอาหารหลังรับเข้าอย่างน้อย 3 ชั่วโมง ดูแลเรื่องน้ำดื่มอย่างเพียงพอ จัดยาปฏิชีวนะและวิตามินละลายน้ำให้สุกรกินติดต่อกัน 3 วัน จัดการทำวัคซีนให้ครบตามโปรแกรม ดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.11 โปรแกรมวัคซีนในสุกรขุน

โรค	วันที่ทำวัคซีน ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ชนิดของวัคซีนที่ใช้	ขนาดและวิธีใช้
อหิวาต์สุกร	(อายุ) 6 สัปดาห์	(อายุ) 10 สัปดาห์	วัคซีนป้องกันโรคอหิวาต์	ฉีดครั้งละ 2 ซีซี เข้ากล้ามเนื้อ
ปากและเท้าเปื่อย	8 สัปดาห์	9 สัปดาห์	วัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อย	ดูรายละเอียดจากบริษัทผู้ผลิต
โพรงจมูกอักเสบ			วัคซีนป้องกันโรคโพรงจมูกอักเสบ	ฉีดเข้ากล้ามเนื้อลูกสุกรจากแม่พันธุ์ที่ทำวัคซีน อายุ 3 สัปดาห์ 1 ซีซี อายุ 6 สัปดาห์ 2 ซีซี ลูกสุกรจากแม่พันธุ์ไม่เคยฉีดวัคซีน อายุ 5 – 7 วัน 1 ซีซี หลังหย่านม 2 ซีซี สุกรขุนฉีด 2 ซีซี เมื่อเริ่มเข้าเล้าขุน
พิษสุนัขบ้าเทียมในสุกร	2 สัปดาห์ขึ้นไป หรือ 45 – 50 วัน		วัคซีนป้องกันโรคพิษสุนัขบ้าเทียม	ฉีดครั้งละ 2 ซีซี เข้ากล้ามเนื้อ

การจัดการให้อาหารสุกรขุน

การให้อาหารเป็นเรื่องที่สำคัญยิ่งสำหรับการเลี้ยงสุกรขุนเนื่องจากต้นทุนในการผลิตสุกรขุนค่าใช้จ่ายประมาณ 60 – 75 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นค่าอาหาร ดังนั้น เราต้องมีหลักการในการให้อาหารดังนี้ (สุวิทย์ เฑียรทอง, 2526) สุกรที่เลี้ยงตั้งแต่หย่านมจนกระทั่งมีน้ำหนักส่งตลาดได้คือ 100 กิโลกรัม จะมีความต้องการอาหารแตกต่างกัน ดังนั้น จึงแบ่งสุกรออกเป็นหลายประเภทตามความต้องการ คือ สุกรหย่านมจนกระทั่งถึงอายุ 10 สัปดาห์ ต้องการอาหารที่มีโปรตีน 22 เปอร์เซ็นต์ สุกรที่มีอายุ 10 สัปดาห์ จนกระทั่งมีน้ำหนัก 35 กิโลกรัม ต้องการโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ สุกรที่เลี้ยงตั้งแต่น้ำหนัก 35 กิโลกรัม จนถึงน้ำหนัก 60 กิโลกรัม ให้ใช้อาหารที่มีโปรตีน 13 – 14 เปอร์เซ็นต์ สุกรที่เลี้ยงตั้งแต่น้ำหนัก 60 – 100 กิโลกรัม ต้องการอาหารที่มีโปรตีน 13 เปอร์เซ็นต์ เหตุที่ต้องเปลี่ยนสูตรอาหารให้สุกรกินต่างกันเพราะความต้องการโปรตีนของแต่ละวัยไม่เหมือนกันและเพื่อ

ความประหยัดเพราะเมื่อสุกรโตขึ้นจะมีความต้องการโปรตีนและวิตามินน้อยลงการลดโปรตีนในอาหารจะทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง

การให้อาหารสุกรขุนแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

1. ให้สุกรกินตลอดเวลา คือ การปล่อยให้สุกรกินจากรางอาหารกล
2. การให้สุกรกินอาหารเป็นเวลาโดยมักจะให้เป็นวันละ 2 ครั้ง คือ ในตอนเช้าและเย็น

ปริมาณอาหารที่ให้สุกรแต่ละขนาดมีจำนวนมากน้อยแตกต่างกัน ดังนี้

1. สุกรขนาดหย่านมถึง 35 กิโลกรัม กินอาหารเฉลี่ยประมาณวันละ 1 – 1.5 กิโลกรัม/ตัว
2. สุกรขนาด 35 – 60 กิโลกรัม กินอาหารเฉลี่ยประมาณวันละ 1.5 – 2.5 กิโลกรัม/ตัว
3. สุกรขนาด 60 – 100 กิโลกรัม กินอาหารเฉลี่ยประมาณวันละ 2.5 – 3.5 กิโลกรัม/ตัว

จากการทดลองพบว่า สุกรขุนจะเจริญเติบโตดีที่สุดหากอุณหภูมิภายในคอกมีขนาดประมาณ 70 องศาฟาเรนไฮต์ ถ้าอากาศร้อนเกินไปสุกรจะเจริญเติบโตช้าเพราะสุกรไม่ค่อยกินอาหารและทำให้สุกรหอบ อ่อนแอ ทำให้เกิดโรคได้ง่าย

เมื่อสุกรเครียดจะทำให้สุกรเจริญเติบโตช้าหรือชะงักการกินอาหารจำเป็นที่จะต้องใช้ยาปฏิชีวนะละลายในน้ำให้สุกรกินแก้อาการเครียด แต่การใช้ยาปฏิชีวนะจำเป็นต้องระวังอย่างมากและใช้ตามฉลากอย่างเคร่งครัดการใช้ยาปฏิชีวนะไม่ถูกวิธีอาจทำให้สุกรดื้อยาหรือสะสมยาและยาจะทำลายเนื้อเยื่อได้

ตารางที่ 2.12 แสดงความต้องการโภชนะอาหารพลังงานโปรตีน แคลเซี่ยม และฟอสฟอรัสของสุกรในระยะการเจริญเติบโต

โภชนะอาหาร	น้ำหนักตัว (กก.)			
	หย่านม – 15	15 – 30	30 – 60	60 – 100
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี่/กก.)	3,300	3,170	3,150	3,150
โปรตีน (%)	22	16	14	13
แคลเซี่ยม (%)	0.8	0.65	0.5	0.5
ฟอสฟอรัส (%)	0.6	0.50	0.4	0.4

ที่มา (สุชีพ รัตนสาร, 2522)

ตารางที่ 2.13 แสดงความต้องการโภชนะของสุกรกำลังเจริญเติบโตถึงระยะขุน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์หรือปริมาณต่ออาหาร 1 กิโลกรัม[1/]

น้ำหนักตัว (กก.)	1 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 35	35 – 60	60 – 100
พลังงานย่อยได้ (kcal)	3,700	3,500	3,70	3,380	3,390	3,395
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal)	3,600	3,400	3,160	3,175	3,190	3,195
โปรตีนทั้งหมด (%)	27	20	18	16	14	13
ไลซีน (%)	1.28	0.92	0.79	0.70	0.61	0.57
เมทไธโอนีน (%)	0.76	0.56	0.51	0.45	0.40	0.30
แคลเซี่ยม (%)	0.90	0.80	0.65	0.60	0.55	0.50
ฟอสฟอรัส (%)	0.70	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40

[1/] การให้กินอาหารอย่างเต็มที่

ที่มา (NRC, 1994)

การขุนสุกรด้วยอาหารจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการจัดการ ทั้งด้านพันธุ์ สภาพแวดล้อม ให้มีความเหมาะสมกับการให้อาหารที่ดีเพื่อให้ได้สุกรที่มีซากตามที่ตลาดต้องการ (สุทัศน์ ศิริ, 2551)

อัตราการเจริญเติบโตของสุกร

โดยปกติแล้วการเจริญเติบโตและการพัฒนาของร่างกายสุกรในช่วงแรกจะเป็นการเจริญเติบโตและพัฒนาของกระดูก (น้ำหนัก 15 – 30 กิโลกรัม) ต่อจากนั้นการเจริญเติบโตและพัฒนาทางด้านกล้ามเนื้อก็จะเพิ่มมากขึ้น อยู่ในช่วงน้ำหนัก 30 – 60 กิโลกรัม หลังจากน้ำหนักประมาณ 60 กิโลกรัม แล้ว การเจริญเติบโตด้านกล้ามเนื้อจะลดลง แต่ในช่วงนี้จะมีการสะสมไขมันเพิ่มมากขึ้น (Krider, 1971)

ตารางที่ 2.14 แสดงน้ำหนักตัว อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของสุกรที่ระดับอายุต่างกัน

อายุ (สัปดาห์)	น้ำหนัก (กก.)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (ADG) (กก./วัน)	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (FCR)
0 – 4	1.2 – 6.0	-	-
5 – 8	6.0 – 15.0	0.320	1.70
9 – 12	15.0 – 30.0	0.530	2.10
13 – 18	30.0 – 60.0	0.700	2.60
19 – 25	60.0 – 90.0	0.600	3.50
26 – 30	90.0 – 105.0	0.500	4.00
> 30	> 105	< 0.500	> 4.00

ที่มา (อาวุธ อณิชาติ และไพบูลย์ เจียมเรืองจรัส, 2526)

สุกรจะมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักต่อวันสูงที่สุดในช่วง 13 – 18 สัปดาห์ หรือน้ำหนักตัว 30 – 60 กิโลกรัม ซึ่งเป็นช่วงที่มีอัตราการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นสูงที่สุด

อัตราการแลกเนื้อ (F.C.R)

สำหรับอัตราการแลกเนื้อหรือประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรจะสูงในช่วงที่ยังเล็กอยู่ เพราะสุกรมีขนาดน้ำหนักน้อย ปริมาณการกินอาหารยังไม่มาก แต่อัตราการเพิ่มน้ำหนักจะมาก แต่สุกรที่โตแล้วแม้ว่าจะมีอัตราการแลกเนื้อสูงกว่าปริมาณการกินอาหารก็จะเพิ่มตามขนาดน้ำหนักตัว จึงทำให้อัตราการแลกเนื้อ (F.C.R) ลดลงหรือประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง (ดังตารางที่ 2.14)