การเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์

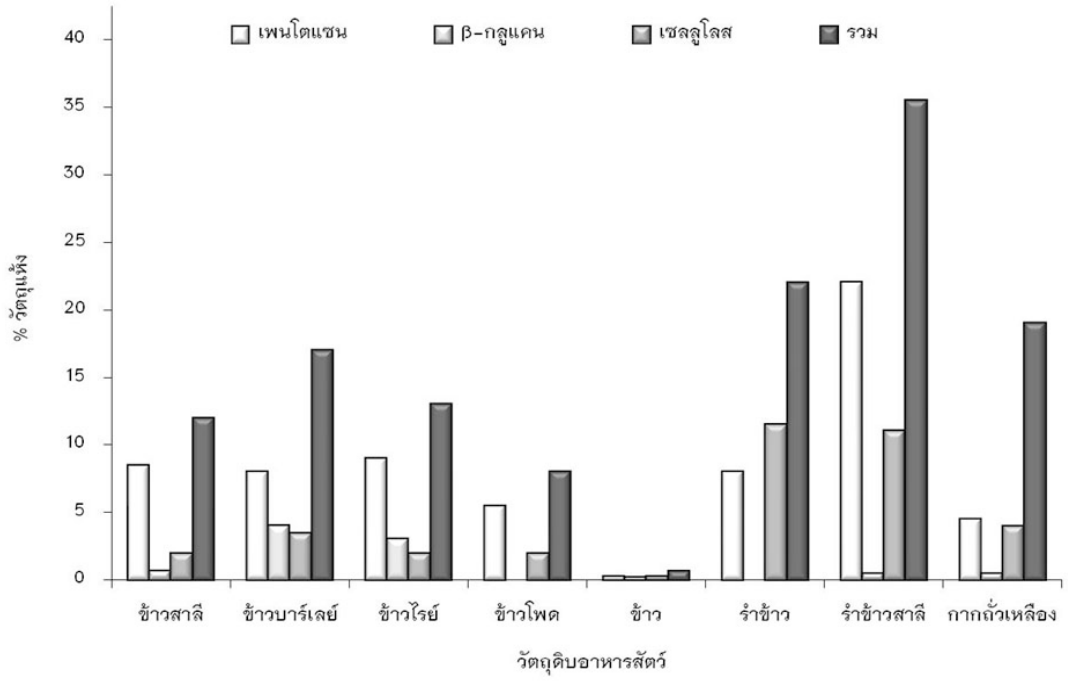
อ.ดร. วรรณพร ทะพิงค์แก
ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ
คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สัตว์ทุกชนิดใช้เอนไซม์สำหรับย่อยอาหาร เอนไซม์ที่ใช้ถูกสร้างขึ้นโดยตัวสัตว์เองหรือจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในทางเดินอาหาร (normal flora) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการย่อยอาหารภายในทางเดินอาหารของสัตว์มีไม่เต็มที่ 100% โดยสุกรและสัตว์ปีกสามารถย่อยอาหารได้ประมาณ 75 -85% ของอาหารที่สัตว์กินเท่านั้นเนื่องจากวัตถุดิบอาหารสัตว์มีสารต้านโภชนะ (anti-nutritional factors: ANF) เป็นองค์ประกอบอยู่ เช่น โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch polysaccharides; NSPs) ไฟเตท (phytate) ฯลฯ สารต้านโภชนะเหล่านี้มักรบกวนการย่อยอาหารของสัตว์ อีกทั้งสัตว์ไม่มีเอนไซม์สำหรับย่อยสารต้านโภชนะดังกล่าว แต่อาหารถือเป็นต้นทุนที่สำคัญในการเลี้ยงสัตว์และเกี่ยวข้องโดยตรงกับกำไรของฟาร์ม หากอาหารไม่สามารถถูกย่อยอย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควรจะเป็น จะก่อให้เกิดปัญหาต่อการผลิตสัตว์และสิ่งแวดล้อมได้ (Benford and Partride, 2010)

การเสริมเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายสารต้านโภชนะดังกล่าวลงในอาหารสัตว์ เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ (Nortey *et al*., 2007; Smith *et al*., 2010; Zijlstra *et al*., 2010) ช่วยเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะจากอาหารสัตว์ให้สูงขึ้น ยังผลให้สมรรถนะการผลิตของสัตว์ดีขึ้นในทุกๆ ด้าน สามารถเพิ่มอัตราส่วนของวัตถุดิบคุณภาพต่ำราคาถูกในอาหารผสม และเปิดโอกาสให้มีการนำวัตถุดิบใหม่ๆ มาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นผลผลิตจากธรรมชาติโดยตรง วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือผลิตผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้มีโอกาสลดต้นทุนค่าอาหารได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังลดปริมาณสารอาหารตกค้างในมูล ซึ่งเป็นผลดีต่อสภาพแวดล้อม ลดปัญหามลภาวะในเรื่องกลิ่นและการทำลายดิน

โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch polysaccharides: NSP) คือ

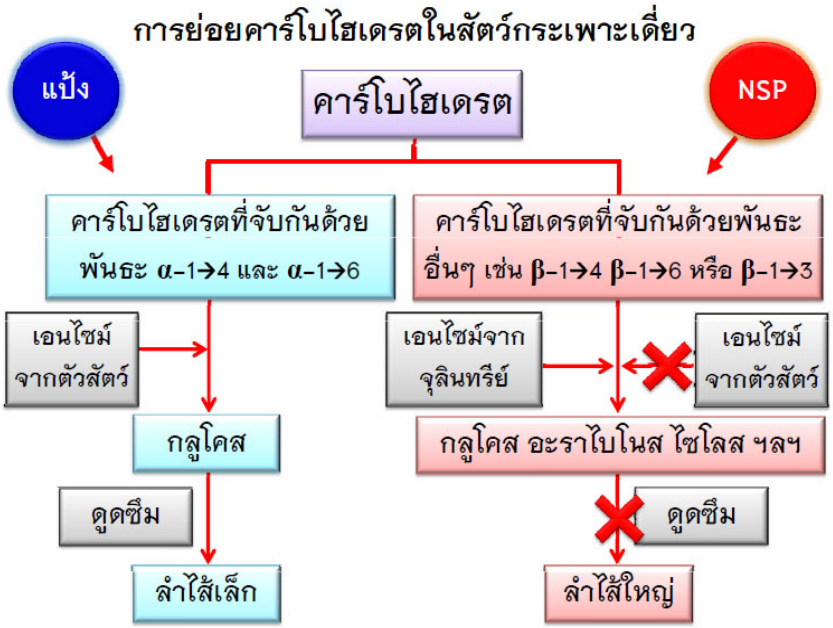
โพลีแซคคาไรด์ หรือคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน (complex carbohydrate) ที่มีการจับกันของน้ำตาลด้วยพันธะไกลโคซิดิกแบบอื่นๆ ที่นอกเหนือไปจากพันธะที่พบในแป้ง $\alpha(1\rightarrow4)$ และ $\alpha(1\rightarrow6)$] เช่น พันธะแบบ $\beta(1\rightarrow4)$, $\beta(1\rightarrow6)$, $\beta(1\rightarrow3)$ ฯลฯ (Choct, 1997) เป็นส่วนประกอบหลักของผนังเซลล์พืช ประกอบไปด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคทิน รวมทั้ง กัม และมิวซิเลจ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ไม่ละลายในน้ำ (insoluble NSP: iNSP) กับกลุ่มที่ละลายในน้ำ (soluble NSP: sNSP) พบได้ทั่วไปในวัตถุดิบพืชอาหารสัตว์ เป็นส่วนที่เรียกว่า เยื่อใยในอาหาร (dietary fiber) โดยในพืชต่างชนิดกันก็จะมีชนิดและปริมาณของ NSP ที่แตกต่างกันออกไป (**รูปที่ 1**) NSP ส่วนใหญ่ที่พบในข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าว เป็น NSP ในกลุ่มของ iNSP ในขณะที่ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรย์ และถั่วต่างๆ จะเป็น NSP ในกลุ่มของ sNSP เป็นหลัก NSP ชนิดที่พบในปริมาณมากที่สุด 3 อันดับ คือ เพนโตซาน (pentosan) เบต้า-กลูแคน (β-glucan) และเซลลูโลส โดยจะพบมากในรำ (bran) แกลบ (husk) และกากของเมล็ดธัญพืช (seed meal) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันต่างๆ



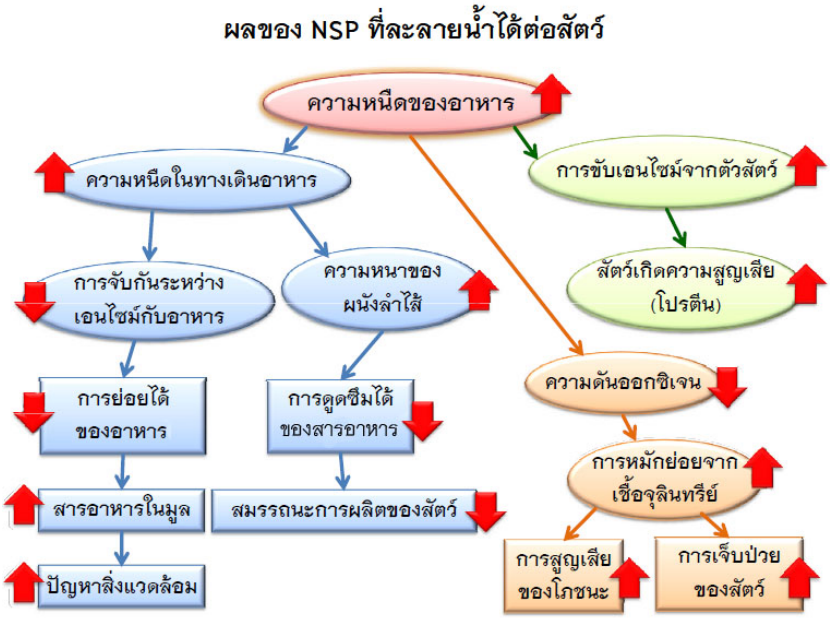
รูปที่ 1 ชนิดและปริมาณของ NSP ในวัตถุดิบอาหารสัตว์ (% วัตถุแห้ง) โดยแสดงอยู่ในรูปผลรวมของ sNSP และ iNSP
ที่มา: ดัดแปลงจาก Choct (1997)

NSP จัดเป็นหนึ่งในสารต้านการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ ที่ก่อให้เกิดปัญหากับตัวสัตว์อย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับสัตว์กระเพาะเดี่ยว (monogastric animals) เช่น สุกร ไก่ ฯลฯ เนื่องจากไม่มีเอนไซม์หรือน้ำย่อย (endoenzyme) ที่สามารถย่อยพันธะแบบ ß ของ NSP ได้ แต่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์จากจุลินทรีย์หลายชนิดด้วยกัน (exoenzyme) (**รูปที่ 2**) ด้วยเหตุนี้ NSP จึงไม่จัดเป็น ANF ของสัตว์กระเพาะรวมหรือสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminants หรือ compound stomach animals) เนื่องจากมีจุลินทรีย์ซึ่งอาศัยอยู่ภายในกระเพาะหมักหรือรูเมน (rumen) ช่วยย่อยสลาย NSP เกิดเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acid: VFA) ซึ่งจะถูกดูดซึมที่กระเพาะหมักและใช้เป็นแหล่งพลังงานของสัตว์ต่อไป แต่กระนั้น iNSP ยังมีประโยชน์ต่อสัตว์ ในแง่ของการเป็นเยื่อใยที่ช่วยในระบบขับถ่าย และปัจจุบันได้มีการนำ sNSP มาใช้ประโยชน์ในรูปของสารส่งเสริมชีวนะ (prebiotic) ซึ่งส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (probiotic) แต่ขัดขวางการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ (pathogen) (Benford and Partride, 2010)

นอกจากจะไม่สามารถย่อยได้แล้ว sNSP ยังมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำและพองตัวเป็นวุ้น ซึ่งสามารถขยายหรือพองตัวได้ถึง 10-25 เท่าของน้ำหนักตัวมันเอง และจะรวมตัวกับสารอาหารต่างๆ ในกระเพาะอาหาร ทำให้ อาหารที่สัตว์กินเข้าไปมีลักษณะหนืดคล้ายเจล โดยความหนืด (viscosity) ที่เกิดขึ้น ส่งผลกระทบกับตัวสัตว์หลายประการด้วยกัน (**รูปที่ 3**)

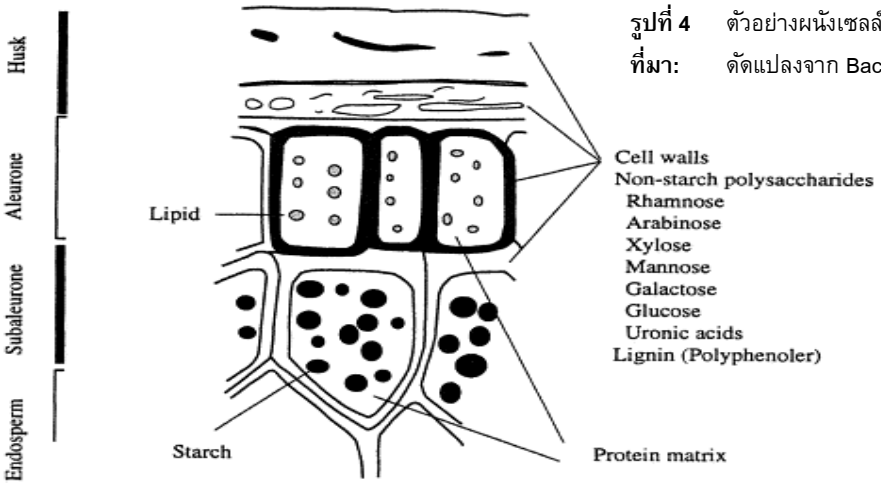


รูปที่ 2 การย่อยคาร์โบไฮเดรตของสัตว์กระเพาะเดี่ยว
ที่มา: ดัดแปลงจาก Choct (1997)

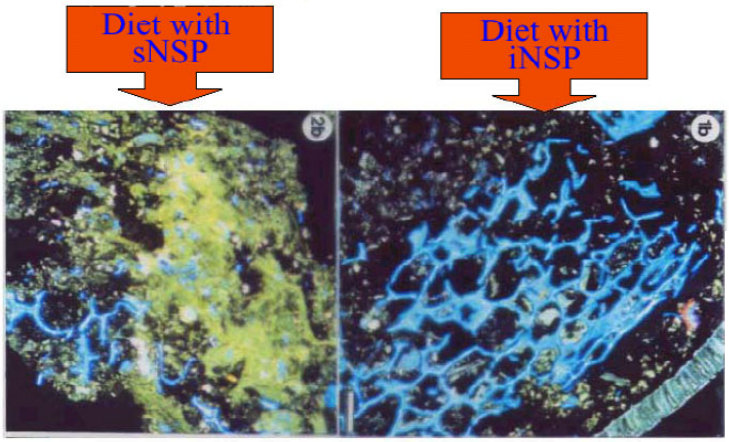


รูปที่ 3 ผลของ sNSP ต่อสัตว์กระเพาะเดี่ยว
ที่มา: ดัดแปลงจาก Choct (1997)

1. ทำให้ความหนืดในทางเดินอาหารเพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับการที่ NSP เป็นส่วนประกอบหลักของผนังเซลล์พืชและไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์จากตัวสัตว์เอง NSP จึงเปรียบเสมือนกำแพงปิดกั้น ทำให้การจับกันระหว่างเอนไซม์และอาหารเป็นไปได้อย่างยากลำบาก การย่อยได้ของโภชนะทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็น คาร์โบไฮเดรต (แป้ง) ไขมัน โปรตีน และ /หรือแร่ธาตุบางชนิดลดลง เนื่องจากโภชนะดังกล่าวเป็นส่วนประกอบที่อยู่ภายในเอนโดสเปิร์ม (endosperm) ของพืช (**รูปที่ 4**) เหลือสารอาหารออกมากับมูลมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาได้ โดยอาจเกิดปัญหาการตกค้างสะสมอยู่บนพื้นดินที่ทำการเกษตร ซึ่งเป็นอันตรายต่อพืชและสัตว์โดยตรง หรือแม้แต่เมื่อถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ จะทำให้เกิดการแพร่พันธุ์ของแพลงตอนที่มากเกินไป ผลก็คือ ทำให้น้ำขาดออกซิเจน สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำตาย และที่สำคัญไปกว่านั้นก็คือ เงินที่เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ต้องสูญเสียไปกับอาหารที่สัตว์ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. และถึงแม้ว่าอาหารบางส่วนจะถูกย่อย แต่สัตว์ก็จะไม่สามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากอาหารที่มีลักษณะเป็นเจลจะไปปกคลุมผนังของลำไส้เล็ก ทำให้ผนังมีลักษณะที่หนาขึ้น เกิดการปิดกันไม่ให้มีการดูดซึมโภชนะต่างๆ ของวิลไล (villi) หรือการดูดซึมเป็นไปได้อย่างยากลำบาก (**รูปที่ 5**) สัตว์ได้รับโภชนะไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต ทำให้สมรรถนะการผลิตของสัตว์ลดลงตามไปด้วย
3. ความหนืดที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ความดันออกซิเจน (oxygen tension) ภายในทางเดินอาหารต่ำกว่าปกติ ซึ่งจะไปมีผลส่งเสริมให้เกิดการหมักย่อยอาหารของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดที่อยู่ภายในลำไส้ใหญ่ เกิดการสูญเสียโภชนะให้กับจุลินทรีย์โดยเปล่าประโยชน์ จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากผิดปกติ เกิดการเสียสมดุลระหว่างจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์และจุลินทรีย์ที่ก่อโรค ทำให้สัตว์เจ็บป่วยและเป็นโรคต่างๆ ตามมาได้
4. ความหนืดจะไปกระตุ้นผนังของทางเดินอาหารให้หลั่งเอนไซม์เพิ่มขึ้น แต่เอนไซม์ดังกล่าวก็จะถูก sNSP ดูดซับ (จับ) ไว้และถูกขับออกมาพร้อมกันในมูล ซึ่งเอนไซม์ก็คือโปรตีนที่ร่างกายสัตว์สร้างขึ้น ทำให้สัตว์สูญเสียโปรตีนโดยใช่เหตุ



รูปที่ 4 ตัวอย่างผนังเซลล์ของเมล็ดข้าวโอ๊ต
ที่มา: ดัดแปลงจาก Bach Knudsen (2001)



รูปที่ 5 ผนังลำไส้เล็กส่วนปลาย (ileum) ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มี sNSP และ iNSP เป็นส่วนประกอบหลัก
ที่มา: ดัดแปลงจาก Choct (2001)/ไม่ตีพิมพ์

จะเห็นได้ว่า วัตถุดิบอาหารสัตว์ตามสภาพธรรมชาติหรือแม้แต่ได้ผ่านขั้นตอนการผลิตมาบ้างแล้ว สัตว์ก็ยังไม่สามารถย่อยได้หมดจด เป็นเหตุให้สัตว์ได้รับสารอาหารไม่เพียงพอหรือทำให้ต้นทุนการผลิตสูงเกินเหตุ และมีสิ่งขับถ่ายออกมาในมูลมากก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อม (Choct, 1997) การเสริมเอนไซม์ลงในอาหารเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะลดปัญหานี้ได้ ในบรรดาเอนไซม์ที่จำหน่ายกันอยู่ตามท้องตลาด เอนไซม์ในกลุ่มที่ย่อยสลายโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (NSP-degrading enzyme; NSPase) ดูเหมือนจะมีความสำคัญ

ที่สุด ด้วยเหตุผลที่ว่า เอนไซม์ชนิดอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นที่ผลิตได้จากตัวสัตว์เองหรือที่จงใจเสริมลงในสูตรอาหารสัตว์ จะไม่สามารถเข้าทำงานหรือย่อยอาหารได้เลย ถ้ายังไม่สามารถทำลายกำแพง (ผนังเซลล์) ของอาหารที่ต้องการย่อยนั้นลงได้

แหล่งที่มาของเอนไซม์

เอนไซม์พบทั้งในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ เอนไซม์จากพืชและสัตว์มีความเสถียร (stability) ต่ำกว่าจุลินทรีย์และมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป (Bedford and Partridge, 2010) เอนไซม์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์พบทั้งที่สร้างอยู่ในเซลล์ (intracellular enzyme) และขับออกมานอกเซลล์ (extracellular enzyme) ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ การผลิตเอนไซม์จากจุลินทรีย์มีข้อดีกว่าเอนไซม์จากพืชและสัตว์ เนื่องจากจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้รวดเร็วและเลี้ยงง่ายกว่าสัตว์ ไม่ต้องใช้พื้นที่มาก และไม่ขึ้นอยู่กับฤดูกาล ซึ่งเอนไซม์จากจุลินทรีย์แต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติที่จำเพาะแตกต่างกัน เช่น สภาวะที่เหมาะสมในการทำงาน ความคงทนต่อสภาวะต่างๆ ความจำเพาะต่อสับสเตรท (วัตถุดิบที่ต้องการย่อย) ฯลฯ การที่จุลินทรีย์ผลิตเอนไซม์ที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดความหลากหลายในการใช้ประโยชน์ให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมต่างๆ ได้มากมาย

ข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้เอนไซม์เพื่อเสริมในอาหารสัตว์

1) เอนไซม์นั้นควรทำงานได้ดีในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 2-3 (กระเพาะ) และ 6 -7 (ลำไส้เล็ก) ซึ่งผลิตภัณฑ์เอนไซม์ต่างๆ ที่ใช้ผสมในอาหารสัตว์ในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญเฉพาะการทำงานได้ดีที่ค่าความเป็นกรด -ด่างของลำไส้เล็ก แต่ถ้าเอนไซม์นั้นสามารถทำการย่อยได้ตั้งแต่ที่กระเพาะ (การทำลายกำแพง) ก็จะส่งผลให้การย่อยและการดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็กมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น
2) เอนไซม์นั้นควรทำงานได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 37-40°ซ ซึ่งเป็นอุณหภูมิของร่างกายสัตว์
3) เนื่องจากเอนไซม์คือโปรตีนชนิดหนึ่ง เอนไซม์ที่เสริมเข้าไปในอาหารจึงต้องทนต่อการย่อยของเอนไซม์ในกลุ่มของโปรตีเอสที่ผลิตได้เองภายในตัวสัตว์ (endoprotease)
4) เอนไซม์นั้นต้องทนต่อกรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid; HCl) ที่สร้างขึ้นบริเวณกระเพาะอาหาร และเกลือน้ำดี (bile salt) ที่สร้างขึ้นบริเวณลำไส้เล็กส่วนต้นของสัตว์ ไม่เกิดการเสียสภาพตามธรรมชาติของโปรตีน (protein denaturation) จนถึงขั้นไม่สามารถทำงานได้อีกต่อไป
5) ปัจจุบันกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ จะเน้นเรื่องของความปลอดภัยทางอาหาร (food safety) ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดเม็ดของอาหาร (pelleting) จึงต้องสามารถฆ่าเชื้อก่อโรคได้ด้วย ถึงแม้ความร้อนจะทำให้สัตว์ใช้ประโยชน์จากสารอาหารได้เพิ่มขึ้นและปลอดภัยจากเชื้อก่อโรค แต่ในขณะเดียวกันเอนไซม์ที่เสริมเข้าไปในอาหาร ที่ทนความร้อนได้น้อยก็จะเกิดการเสียสภาพได้เช่นกัน ดังนั้นเอนไซม์ที่เสริมในอาหารสัตว์จึงต้องทนความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90-95°ซ ให้ได้อย่างน้อย 2-5 นาที ทั้งนี้ขึ้นกับขั้นตอนการทำให้อาหารเม็ดเย็นตัวลง (cooling) หลังจากขั้นตอนการอัดเม็ดของอาหาร (Benford and Partride, 2010) แต่ถ้าเอนไซม์ที่ผลิตไม่สามารถทนความร้อนได้ ผู้ผลิตอาจต้องพิจารณาคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ที่สนใจในกลุ่มที่ชอบร้อน (thermophilic) คือเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 65–85°ซ และกลุ่มที่ชอบร้อนมาก (hyperthermophilic) คือเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 85–110°ซ (Leuschner and Antranikian, 1995) หรืออาจต้องใช้เทคนิคการตรึงเอนไซม์ (enzyme immobilization) เข้าช่วย และถึงแม้ว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ผ่านการดัดแปลงพันธุกรรม (genetically modified organisms; GMOs) จะสามารถผลิตเอนไซม์ที่ทนต่อความร้อนได้แล้วก็ตาม (Cowieson *et al*., 2005) แม้ว่าในขณะนี้ยังไม่มีรายงานว่ามี ผู้ใดได้รับอันตรายจากการบริโภคอาหาร GMOs แต่ความกังวลต่อความเสี่ยงของการใช้ GMOs เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยาก ซึ่งขณะนี้ยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ และประเทศส่วนใหญ่มีกฎหมายบังคับให้ติดฉลากบ่งบอกว่าเป็นอาหาร GMOs
6) เอนไซม์นั้นต้องได้มาจากแหล่งผลิตที่ปลอดภัย หรือถ้าเป็นเชื้อจุลินทรีย์ก็ต้องเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ได้รับการยอมรับแล้วว่าปลอดภัย (generally reco gnized as safe; GR AS) ไม่สร้างสารพิษ (toxin) ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายแก่สัตว์หรือผู้บริโภคผลิตผลจากสัตว์นั้น
7) เนื่องจากเอนไซม์แต่ละชนิดสามารถย่อยอาหารเฉพาะอย่างหรือขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของอาหารนั้นๆ รวมไปถึงสายพันธุ์ที่มีความหลากหลายของพืชอาหารสัตว์แต่ละชนิด ดังนั้นการเสริมเอนไซม์ในอาหาร อาจมีบางกรณีที่ได้ผลดีขึ้นและไม่ได้ผลอะไรเลย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความพยายามเพิ่มการย่อยได้ของโภชนะหรือสารอาหารตัวใดตัวหนึ่งมากเกินไป แต่ไม่ได้เพิ่มการย่อยได้ของสารอาหารทั้งหมด การเสริมเอนไซม์เพียงชนิดเดียวจึงไม่สามารถแก้ปัญหาได้ทั้งหมด ดังนั้นการใช้เอนไซม์หลายชนิดผสมกันหรือที่เรียกว่า เอนไซม์โดยรวม (crude enzyme) จะช่วยให้สัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากสารอาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในวัตถุดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย NSPase จะทำหน้าที่ย่อยส่วนของผนังเซลล์พืช (ทำลายกำแพง) จากนั้นเอนไซม์ในกลุ่มของโปรตีเอส อะไมเลส ไลเปส หรือแม้กระทั่ง ไฟเตส จึงจะสามารถเข้าทำงานต่อไปได้
8) ถึงแม้บนฉลากประกอบผลิตภัณฑ์ จะมีการระบุกิจกรรมของเอนไซม์ (enzyme activity) คิดเป็นยูนิต (units) ที่สูง แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะดีเสมอไป ต้องคำนึงถึงวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในประเทศ (tropical feedstuff) ร่วมด้วย ซึ่งเป็นวัตถุดิบจริงที่เกษตรกรใช้ ประกอบสูตรอาหาร เอนไซม์ที่ถูกคัดเลือกมาจากสับสเตรท (วัตถุดิบอาหาร) ต่างชนิดกัน ก็จะมีความสามารถและ/หรือความจำเพาะเจาะจง (specificity) กับวัตถุดิบอาหารต่างกัน กล่าวคือเอนไซม์ที่ถูกคัดเลือกมาจากวัตถุดิบ

อาหารสัตว์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในประเทศ (ยกตัวอย่างเช่น รำข้าว) ก็จะย่อยวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดนั้น (รำข้าว) ได้ดีกว่าเอนไซม์ที่ถูกคัดเลือกมาจากวัตถุดิบอาหารสัตว์อีกชนิดหนึ่ง (ยกตัวอย่างเช่น รำข้าวสาลี)

9) สุดท้ายผลิตภัณฑ์เอนไซม์นั้น ควรมีผลการวิจัยและการทดสอบคุณภาพจากแหล่งที่น่าเชื่อถือได้ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็น กระบวนการผลิต การวัดสมรรถนะการผลิต การศึกษาสุขภาพของสัตว์ และ/หรือการประเมินผลในเชิงเศรษฐกิจ

สรุปข้อดีของการใช้เอนไซม์ในอาหารสัตว์ :

- ✓ ปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิต - โดยสลายสารต้านโภชนะ ทำให้สัตว์ย่อยอาหารได้มากขึ้น ช่วยให้มีผลผลิตมากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยเสริมการทำงานของเอนไซม์ในลูกสัตว์ เนื่องจากระบบการย่อยอาหารของลูกสัตว์ยังพัฒนาไม่เต็มที่ ทำให้ผลิตเอนไซม์ไม่เพียงพอ
- ✓ สิ่งแวดล้อมดีขึ้น - การย่อยและการดูดซึมอาหารที่ดีขึ้น ลดปริมาณมูลที่เกิดขึ้น และลดการขับฟอสฟอรัสและไนโตรเจนออกมากับมูล
- ✓ รักษาการผลิตให้คงที่ – ลดความแปรปรวนของคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ช่วยให้อาหารสัตว์มีความสม่ำเสมอ ทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดี
- ✓ ช่วยรักษาสุขภาพของทางเดินอาหาร - โดยปรับปรุงการย่อยได้ของโภชนะ ทำให้เหลือโภชนะสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรคน้อยลง

เอกสารอ้างอิง

Bach Knudsen, K.E. 2001. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. *Anim. Feed Sci. Tech.* 90: 3-20.

Bedford, M.R. and G.G. Partridge. 2010. In *"Enzymes in Farm Animal Nutrition"*. (2nd ed.). Edited by M.R. Bedford and G.G. Partridge. CABI. 319 pp.

Choct, M. 1997. Enzymes in Animal Nutrition: The unseen benefits. In *"Enzymes in Animal Nutrition"*. Edited by R.R. Marquardt. IDRC Books, Ontario, Canada. pp. 48-51.

Cowieson, A.J., M. Hruby, and M.F. Isaksen. 2005. The effect of conditioning temperature and exogenous xylanase addition on the viscosity of wheat-based diets and the performance of broiler chicks. *Brit. Poultry Sci.* 46: 717-724.

Leuschner, C. and G. Antranikian. 1995. Heat-stable enzymes from extremely thermophilic and hyperthermophilic microorganisms. *World J. Microb. Biot.* 11: 95-114.

Nortey, T.N., J.F. Patience, P.H. Simmins, N.L. Trottier, and R.T. Zijlstra 2007. Effects of individual or combined xylanase and phytase supplementation on energy, amino acid, and phosphorus digestibility and growth performance of grower pigs fed wheat-based diets containing wheat millrun. *J. Anim. Sci.* 85: 1432-1443.

Smith, A.G., P. Reilly, T. Sweeney, K.M. Pierce, D.A. Gahan, J.J. Callan, and J.V. O'Doherty. 2010. The Effect of cereal type and exogenous enzyme supplementation on intestinal microbiota and nutrient digestibility in finisher pigs. *Livest. Sci.* 133: 148-150.

Zijlstra, R.T., A. Owusu-Asiedu, and P.H. Simmins. 2010. Future of NSP-degrading enzymes to improve nutrient utilization of co-products and gut health in pigs. *Livest. Sci.* 134: 255-257.