

ผลของการเสริมเอนไซม์ไฟเตสในสูตรอาหารต่อลักษณะการผลิตและลักษณะสัณฐานวิทยาในลำไส้ของไก่เนื้อ
(Effects of phytase supplementation in feed on production characteristics and intestinal
morphology of broilers)

เมธีกร สุริยา

Metee Korn Suriya

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

สัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเอกสารงานวิจัยให้ทราบถึงผลของการเสริมเอนไซม์ไฟเตสในสูตรอาหารต่อลักษณะการผลิตและลักษณะสัณฐานวิทยาในลำไส้ของไก่เนื้อ โดยทำการรวบรวมและศึกษาข้อมูลจากเอกสารวิชาการและสื่ออิเล็กทรอนิกส์จำนวน 9 ฉบับ ระหว่างปี พ.ศ. 2550 – 2565 ซึ่งมีการเสริมเอนไซม์ไฟเตสในสูตรอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 0 - 1000 FTU/kg พบว่าการเสริมทุกระดับทำให้ไก่มีปริมาณการกินได้เท่ากันทุกช่วงอายุ ในส่วนน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ พบว่าการเสริมเอนไซม์ไฟเตสที่ระดับ 500 FTU/kg มีผลทำให้ไก่เนื้อมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มสูงขึ้นกว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ไม่มีการเสริมเท่ากับ 42.70 กรัม/ตัว/วัน ในช่วงอายุ 0 – 35 วัน และ 57.54 กรัม/ตัว/วัน ในช่วงอายุ 0 – 42 วัน และการเสริมที่ระดับ 500 และ 1000 FTU/Kg มีผลทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ในช่วงอายุ 0 – 42 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาในด้านลักษณะสัณฐานวิทยาในลำไส้ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันในทุกๆระดับที่มีการเสริมและไม่มีการเสริม ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการเสริมไฟเตสในสูตรอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 500 FTU/kg เหมาะสมที่สุด ซึ่งส่งผลดีต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่เนื้อและอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว อย่างไรก็ตาม หากฟอสฟอรัสในอาหารอยู่ในรูปที่ใช้ประโยชน์ได้มีปริมาณที่เพียงพอแล้วก็ไม่มีความจำเป็นต้องเสริมเอนไซม์ไฟเตสในสูตรอาหาร

คำสำคัญ : เอนไซม์ไฟเตส สัณฐานวิทยาลำไส้ ไก่เนื้อ

บทนำ

วัตถุดิบอาหารสัตว์หลายชนิดที่ใช้เป็นส่วนประกอบสูตรอาหารของไก่เป็นวัตถุดิบที่ได้จากพืช เช่น เมล็ดธัญพืช เมล็ดพืชน้ำมัน และผลพลอยได้จากเมล็ดพืช ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้จะพบฟอสฟอรัสในรูปของไฟเตต (phytate) หรือกรดไฟติก (phytic acid) ในสภาพที่พืชใช้เก็บสะสมฟอสฟอรัสซึ่งเป็นสารต้านโภชนา (anti-nutritional factors) โดยไฟเตตจะจับกับโปรตีน และแร่ธาตุหลายชนิด เช่น เหล็ก สังกะสี แมกนีเซียม แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส ที่บริเวณลำไส้เล็กเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำที่สัตว์ปีกไม่สามารถนำฟอสฟอรัสในรูปดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ได้ การเสริมเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายสารต้านโภชนาดังกล่าวลงในอาหารสัตว์ เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ (Nortey et al., 2007; Smith et al., 2010; Zijlstra et al., 2010) ช่วยเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนาจากอาหารสัตว์ให้สูงขึ้น ยังส่งผลให้สมรรถนะการผลิตของสัตว์ดีขึ้นในทุกๆ ด้าน มีการศึกษาการเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์ปีกพบว่า การย่อยอาหารของลำไส้เล็กเร็วขึ้นเนื่องจากมีปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้น การดูดซึมในส่วนลำไส้เล็กตอนต้นเพิ่มมากขึ้น มีอาหารตกค้างในลำไส้เล็กตอนปลายน้อยลง ทำให้การเจริญและการหมักของจุลินทรีย์ในลำไส้สั้นลงด้วย

เอนไซม์ไฟเตส (phytase) เป็นเอนไซม์ที่มีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเพื่อสลายพันธะฟอสโฟโมโนเอสเทอร์กับกรดไฟติก (phytic acid) ทำให้ได้สาร inorganic-phosphates ออกมาโดยสามารถทำปฏิกิริยากับกรดไฟติกและได้ผลิตภัณฑ์เป็นหมู่ฟอสเฟตอย่างน้อยหนึ่งกลุ่มและอะตอมของโลหะต่างๆ ที่จับอยู่กับกรดไฟติกเอนไซม์ไฟเตสจึงถูกนำมาผสมในอาหารสัตว์จำพวกสัตว์กระเพาะเดียวเพื่อช่วยในการย่อยไฟเตต เนื่องจากสัตว์เหล่านี้ไม่สามารถย่อยไฟเตตที่มีอยู่ในส่วนประกอบของอาหารสัตว์ เช่น ข้าว ข้าวโพด กากถั่วเหลือง เป็นต้น ให้ออกมาอยู่ในรูปของฟอสเฟตที่สามารถดูดซึมมาใช้ประโยชน์ได้

สมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเอกสารงานวิจัยให้ทราบถึงผลของการเสริมเอนไซม์ไฟเตสในสูตรอาหารต่อลักษณะการผลิตและลักษณะสัณฐานวิทยาในลำไส้ของไก่เนื้อ

ผลของการเสริมเอนไซม์ไฟเตสในอาหารไก่เนื้อต่อลักษณะการผลิต

Table 1. Effects of phytase supplementation on growth performance traits in male broiler.

Parameter	Age (day)	Level of dietary phytase FTU/kg			
		0	500	SEM	P-value
Feed intake (g/b/d)	0-35 d	91.44	92.42	0.51	0.185
Weight gain (g/b/d)	0-35 d	52.38 ^a	53.60 ^b	0.21	0.001
Feed conversion ratio	0-35 d	1.74	1.72	0.01	0.179

^{a,b} Mean in the same column followed by different letters at P<0.05

1 FTU is defined as the quantity of enzyme required to liberate 1 μ mol inorganic P min, at pH 5.5, from an excess of 15 μ mol L sodium phytate at 37 °C kg feed.

SEM = Standard error of mean

Source: Hassanbadi et al. (2022)

จากการศึกษาของ Hassanbadi et al. (2022) ได้ทำการเสริมเอนไซม์ไฟเตสที่ระดับ 0 และ 500 FTU/kg (Table1) พบว่าการเสริมเอนไซม์ไฟเตสในสูตรอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 500 FTU/kg ช่วงอายุ 0-35 วัน ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่มีการเสริม แต่การเสริมเอนไซม์ไฟเตสที่ระดับ 500 FTU/kg ช่วงอายุ 0-35 วัน ส่งผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไก่เนื้อกลุ่มควบคุม ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะว่าเอนไซม์ไฟเตสมีความสามารถในการย่อยสารประกอบไฟเตตที่มีอยู่ในอาหาร เพื่อปลดปล่อยฟอสฟอรัส ทำให้สามารถใช้ประโยชน์มากขึ้นจากฟอสฟอรัส แคลเซียม สังกะสี และกรดอะมิโนชนิดอื่นๆ ที่จำเป็น (Fon, 2536) ทำให้ฟอสฟอรัสดูดซึมไปใช้ในการสร้างกระดูกของไก่ได้ดีขึ้น จึงส่งผลต่อการเพิ่มของน้ำหนักตัวไก่

Table 2. Effects of phytase supplementation on the performance of broiler.

Parameter	Age (day)	Level of dietary phytase FTU/kg			
		0	500	SEM	P-value
Feed consumption (g)	0-14	454	446	6.00	0.32
	15-28	1347	1328	19.00	0.57
	29-42	2362	2290	39.00	0.68
Weight gain (g)	0-14	352	359	4.70	0.74
	15-28	877	851	15.00	0.75
	29-42	1248	1198	40.00	0.67
Feed conversion ratio	0-14	1.28	1.23	0.01	0.18
	15-28	1.53	1.56	0.02	0.42
	29-42	1.89	1.91	0.03	0.12

1 FTU is defined as the quantity of enzyme required to liberate 1 μ mol inorganic P min, at pH 5.5, from an excess of 15 μ mol L sodium phytate at 37 °C kg feed.

Source: Mohammadagheri et al. (2016)

จากการศึกษาของ Mohammadgheri al. (2016) ได้ทำการเสริมเอนไซม์ไฟเตสที่ระดับ 0 และ 500 FTU/kg (Table2) พบว่าการเสริมเอนไซม์ไฟเตสในสูตรอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 500 FTU/kg ช่วงอายุ 0-14, 15-28 และ 29-42 วัน ส่งผลให้ในแต่ละช่วงอายุของไก่เนื้อมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการกินได้ และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มลดลง และมีแนวโน้มทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ผลการศึกษาทั้งสามลักษณะการผลิตดังกล่าวข้างต้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการย่อยอาหารของสัตว์ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำย่อยที่สัตว์สร้างออกมาในทางเดินอาหาร ซึ่งปริมาณน้ำย่อยที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์ สัตว์อายุน้อยมีการพัฒนาระบบทางเดินอาหารน้อย ทำให้การผลิตน้ำย่อยน้อยตามไปด้วย (จิราภรณ์, 2546) จึงส่งผลทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่ลดลง ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณการกินได้ที่มีแนวโน้มลดลง

Table 3. Effects of phytase supplementation on body weight (g), weight gain (g), feed intake (g) and feed conversion ratio in broiler chicks.

Parameter	Age (day)	Level of dietary phytase FTU/kg				
		0	500	1000	SEM	P-value
Body weight (g)	11	244 ^b	257 ^a	262 ^a	2.10	0.001
	24	831 ^b	881 ^a	893 ^a	10.50	0.033
	42	2232	2359	2369	27.70	0.075
Weight gain (g)	1-11	204 ^b	215 ^a	220 ^a	2.00	0.002
	12-24	587	624	631	9.50	0.128
	25-42	1402	1478	1476	19.20	0.173
	1-42	2190	2316	2327	27.70	0.076
Feed intake (g)	0-11	287	284	284	1.80	0.825
	12-24	895	927	937	9.20	0.160
	25-42	2370	2439	2477	30.50	0.349
	1-42	3544	3638	3690	37.20	0.268
Feed conversation ratio (g)	1-11	1.44 ^a	1.33 ^{ab}	1.29 ^b	0.016	0.0002
	12-24	1.53 ^a	1.49 ^b	1.46 ^b	0.009	0.005
	25-42	1.69	1.65	1.68	0.009	0.258
	1-42	1.62 ^a	1.57 ^b	1.57 ^b	0.007	0.008

^{a,b} Mean in the same column followed by different letters at P<0.05

1 FTU is defined as the quantity of enzyme required to liberate 1 μ mol inorganic P min, at pH 5.5, from an excess of 15 μ mol L sodium phytate at 37 °C kg feed.

SEM = Standard error of mean

Source: Karami et al. (2020)

จากการศึกษาของ Karami et al. (2020) ได้ทำการเสริมเอนไซม์ไฟเตสที่ระดับ 0, 500 และ 1000 FTU/kg (Table3) พบว่าการเสริมเอนไซม์ไฟเตสในสูตรอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 500 และ 1000 FTU/kg ส่งผลให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นในช่วงอายุ 11 และ 24 วัน เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริม แต่การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวมีการเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีการเสริมในระดับที่สูงขึ้น ที่ช่วงอายุ 1-11 วัน นอกจากนี้ ยังพบว่าการเสริมเอนไซม์ไฟเตสที่ระดับ 500 และ 1000 FTU/kg ไม่ส่งผลต่ออัตราการกินได้ที่ช่วงระยะการศึกษา แต่กลับพบว่า การเสริมเอนไซม์ไฟเตสที่ระดับ 500 และ 1000 FTU/kg ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่ดีกว่าที่ไม่มีการเสริม ในช่วงอายุ 1-11, 12-24 และ 1-42 วัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไฟเตสที่เสริมเข้าไปในสูตรอาหารมีความสามารถในการย่อยสารประจุบวกได้ดี โดยเฉพาะแคลเซียมกับฟอสฟอรัส ทำให้มีการดูดซึมนำไปใช้ในการสร้างกระดูกของไก่ และมีการย่อยอาหารของลำไส้เล็กเร็วขึ้นเนื่องจากมีปริมาณเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นผลให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ผลของการเสริมเอนไซม์ไฟเตสต่อลักษณะสัณฐานวิทยาในลำไส้

จากผลการศึกษาของ Hassanbadi et al. (2022) ได้ทำการทดลองเสริมเอนไซม์ไฟเตสในสูตรอาหารที่ระดับ 0 และ 500 FTU/kg พบว่าการเสริมเอนไซม์ไฟเตสที่ระดับ 500 FTU/kg (Table4) ส่งผลให้ความกว้างและความลึกของคริปต์ (Crypt) เพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ในขณะที่เสริมในระดับที่ 500 FTU/kg พบว่าความสูงของวิลโลสดลดลง แต่ไม่แตกต่างกันจากกลุ่มที่ไม่มีการเสริม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Mohammadagheri et al. (2016) (Table5) และการทดลองของ Karami et al. (2020) (Table6) ที่พบว่าเสริมเอนไซม์ไฟเตสที่ระดับ 0, 500 และ 1000 FTU/kg ไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของความกว้าง ความลึกของคริปต์ (Crypt) และความสูงของวิลโลส ทั้งนี้อาจมีผลเนื่องจากไฟเตสจับกับโปรตีนและสารประกอบได้ดี เช่น เหล็ก สังกะสี แมกนีเซียม แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส การได้รับไฟเตสในปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อกรดไขมันที่บริเวณลำไส้เล็กเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ (Fon, 2536) ทำให้สัตว์ปีกไม่สามารถนำฟอสฟอรัสมาใช้ประโยชน์ได้

Table 4. Effects of phytase supplementation on histomorphology of jejunum of broiler (35 days).

Jejunum histology (μm)	Level of dietary phytase FTU/kg			
	0	500	SEM	P-value
Villus height	1222	1236	21.24	0.60
Villus width	178	175	3.89	0.30
Crypt depth	197	199	4.28	0.85

1 FTU is defined as the quantity of enzyme required to liberate 1 μmol inorganic P min, at pH 5.5, from an excess of 15 μmol L sodium phytate at 37 °C kg feed.

SEM = Standard error of mean

Source: Hassanbadi et al. (2022)

Table 5. Effects of phytase supplementation on histomorphology of jejunum of broilers at 42nd day.

Jejunum histology (μm)	Level of dietary phytase FTU/kg			
	0	500	SEM	P-value
Villus height	1155	1188	23.00	0.35
Villus width	147	150	2.00	0.35
Crypt depth	159	157	2.00	0.42

1 FTU is defined as the quantity of enzyme required to liberate 1 μmol inorganic P min, at pH 5.5, from an excess of 15 μmol L sodium phytate at 37 °C kg feed.

SEM = Standard error of mean

Source: Mohammadagheri et al. (2016)

Table 6. Effects of phytase supplementation on histomorphology of jejunum of broiler chicks at 28 days of age.

Jejunum histology (μm)	Level of dietary phytase FTU/kg				
	0	500	1000	SEM	P-value
Villus height	660	717	742	21.90	0.139
Villus width	152	145	164	6.19	0.242
Crypt depth	188	212	193	4.84	0.061

1 FTU is defined as the quantity of enzyme required to liberate 1 μmol inorganic P min, at pH 5.5, from an excess of 15 μmol L sodium phytate at 37 °C kg feed.

SEM = Standard error of mean

Source: Karami et al. (2020)

จากงานทดลองทั้ง 3 โดยมีวัตถุประสงค์ศึกษาผลของการเสริมเอนไซม์ไฟเตสในสูตรอาหารต่อลักษณะการผลิตและลักษณะสัณฐานวิทยาในลำไส้ของไก่เนื้อ ผลการทดลองของ Hassanbadi et al. (2022) และ Karami et al. (2020) มีความสอดคล้องที่พบว่า การเสริมที่ระดับ 500 และ 1000 FTU/kg ส่งผลให้น้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ไม่มีการเสริม และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้น อีกทั้งปริมาณการกินได้ของไก่เนื้อไม่มีความแตกต่างกันในทุกๆระดับที่มีการเสริม ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองของ Mohammadagheri et al. (2016) ที่ทำการเสริมทุกระดับพบว่าทั้งการกินได้ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อมีค่าใกล้เคียงกันทุกระดับ ทั้งนี้อาจมีผลมาจากอายุของสัตว์ที่สร้างปริมาณน้ำย่อยได้น้อยและการดูดซึมของฟอสฟอรัสในอาหารของสัตว์ลดลง เนื่องจากสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่มีเอนไซม์ที่สามารถช่วยย่อยไฟเตตได้ จึงส่งผลให้เกิดการขาดแร่ธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งมีบทบาทในการสร้างกระดูกร่วมกับแคลเซียม ในขณะที่ด้านลักษณะสัณฐานวิทยาในลำไส้ พบว่า ทั้งงานของ Hassanbadi et al. (2022), Mohammadagheri et al. (2016) และ Karami et al. (2020) ให้ผลที่สอดคล้องกันโดยพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งในไก่เนื้อกลุ่มที่มีการเสริมและกลุ่มที่ไม่มีการเสริมเอนไซม์ไฟเตส เนื่องจากกรดไฟติกในวัตถุดิบอาหารสามารถจับกับโมเลกุลของแร่ธาตุที่มีประจุบวก และที่ระดับความเป็นกรดต่างของลำไส้ทำให้เกิดเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งทำให้สัตว์ไม่สามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่

สรุป

การเสริมเอนไซม์ไฟเตสในระดับที่ 0, 500 และ 1000 FTU/kg ในสูตรอาหารไก่เนื้อ ไม่ส่งผลกระทบต่อการกินได้ ในขณะที่น้ำหนักตัวของไก่กลุ่มที่มีการเสริมไฟเตสมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดผลดีในอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของลักษณะสัณฐานวิทยาในลำไส้ อย่างไรก็ตาม การเสริมไฟเตสในสูตรอาหารที่ระดับ 500 FTU/kg เหมาะสมที่สุด เนื่องจากทำให้เกิดผลดีขึ้นในลักษณะการผลิต จึงไม่จำเป็นต้องใช้สูงถึงระดับ 1000 FTU/kg

เอกสารอ้างอิง

จิราภรณ์. 2546. บทบาทของเอนไซม์ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์. แหล่งที่มา : https://www.dss.go.th/images/st-article/ct_5_2546_enzyme.pdf. 27 ธันวาคม.

Beeson, L., Walk, C., Bedford, M. and Olukosi, OA. 2017. “Hydrolysis of phytate to its lower esters can influence the growth performance and nutrient utilization of broilers with regular or super doses of phytase”. **Poult Sci.** 96: 2243-2253.

Fon. 2536. ไฟเตท สารลดการดูดซึมแร่ธาตุในร่างกาย. แหล่งที่มา : <https://www.doctor.or.th/article/detail/3738>. 13 ธันวาคม.

Golian, A., Hassanbadi, A., Khaligh, F. and Zarghi, H. 2022. “Effect of zinc and phytase supplementation on performance, immune response, digestibility and intestinal features in broilers fed a wheat-soybean meal diet”. **Italian Journal of Animal Science.** 21(1): 430-444.

Karami, M., Karami, A., Sadeghi, A., Zentek, J. and Boroojeni, F.G. 2020. “Evaluation of interactive effects of phytase and benzoic acid supplementation on performance, nutrients digestibility, tibia mineralisation, gut morphology and serum traits in male broiler chickens”. **Italian Journal of Animal Science.** 19(1): 1428-1438.

Mohammadagheri, N., Najafi, G. and Najafi, R. 2016. “Effects of dietary supplementation of organic acids and phytase on performance and intestinal histomorphology of broilers”. **Veterinary Research Forum.** 7(3): 189 – 195.

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.