

ธาตุต่างๆ คลอดจนโปรตีนและกรดอะมิโนในอาหารดีขึ้นด้วย (Mroz et al., 1994) โดยมีรายงานว่า การเสริมน้ำย่อยไฟเตสสังเคราะห์สามารถช่วยปรับปรุงค่าการย่อยได้ของโปรตีนได้สูงถึง 13 หน่วยเปอร์เซ็นต์ (Khan and Cole, 1993) และกรดอะมิโนถึง 5 หน่วยเปอร์เซ็นต์ (Kemme et al., 1994) ทั้งนี้เกิดจากการที่กรดไฟติกหรือเกลือไฟเตสนั้นสามารถจับกับโปรตีนในอาหาร ทำให้น้ำย่อยในตัวของสัตว์ไม่สามารถย่อยได้ การทำงานของน้ำย่อยไฟเตสช่วยให้โปรตีนเป็นอิสระและน้ำย่อยที่ย่อยโปรตีนในร่างกายของสัตว์สามารถย่อยได้ง่ายขึ้น

ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนวัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายที่มีการปรับให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน

(Standardised ileal amino acid digestibility : SID)

จากการที่ค่าการย่อยได้แบบปรากฏของกรดอะมิโนที่วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายมีความผันแปรขึ้นอยู่กับปริมาณ endogenous nitrogen ในของเหลวที่เก็บจากลำไส้เล็ก สัดส่วนของ endogenous protein นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่เกิดขึ้นเป็นปกติอยู่แล้วหรือที่เรียกว่า “non-specific fraction” ส่วนนี้ผันแปรตามปริมาณวัตถุแห้งในอาหารที่สัตว์ได้รับ อีกส่วนหนึ่งเรียกว่า “specific fraction” เป็นส่วนที่หลั่งมากกว่าปกติโดยเกี่ยวข้องกับส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์เช่น เยื่อใย หรือสารขัดขวางการใช้ประโยชน์จากอาหาร จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าการย่อยได้แบบปรากฏนี้จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อระดับโปรตีนที่สัตว์ได้รับสูงขึ้นเนื่องจากค่า endogenous protein ในส่วน non specific fraction ลดลงนั่นเอง แต่ค่าการย่อยได้ที่แท้จริงจะไม่ได้รับอิทธิพลจาก endogenous protein การปรับค่าการย่อยได้แบบปรากฏให้เป็นค่าการย่อยได้ที่แท้จริงสามารถทำได้โดยการนำค่า non specific endogenous protein มาปรับค่าการย่อยได้แบบปรากฏ (AID) ดังสมการ (Mariscal-Landin , 1992)

$$SID (\%) = AID (\%) + \frac{\text{ปริมาณกรดอะมิโนใน non specific fraction (กรัม/กก.วัตถุแห้งที่ได้รับ)} \times 100}{\text{ปริมาณกรดอะมิโนในอาหาร (กรัม/กก.วัตถุแห้ง)}}$$

ค่า non-specific endogenous fraction นี้ได้มีการศึกษาโดยใช้อาหารชนิดต่างๆทั้งอาหารที่ปราศจากโปรตีน หรือการใช้วิธี regression method ที่มีการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ย่อยได้ 100 % อย่างเช่นเคซีน เป็นต้น ซึ่งปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนในส่วน non-specific endogenous จากการใช้อาหารที่ปราศจากโปรตีนมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการใช้วิธีการอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของกรดอะมิโนทรีโอนีน (ตารางที่ 6) ความผันแปรดังกล่าวจะมีผลต่อการปรับค่าการย่อยได้แบบปรากฏให้เป็นแบบแท้จริงในกรณีวัตถุดิบที่มีระดับโปรตีนต่ำเนื่องจากสัดส่วนของ endogenous nitrogen ต่อโปรตีนทั้งหมดในของเหลวที่เก็บจากลำไส้เล็กจะสูง แต่สำหรับกรณีวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีโปรตีนสูงจะไม่ได้รับผลกระทบมากนัก

ตารางที่ 6 : องค์ประกอบของ non-specific endogenous protein ที่พบในส่วนของเหลวจากลำไส้เล็ก ส่วนปลายที่ได้จากวิธีการต่างๆ (กรัม/กก.วัตถุดิบแห้ง)

	อาหารปราศจากโปรตีน ¹	วิธีการอื่นๆรวมวิธีใช้อาหารปราศจากโปรตีน ²
โปรตีน	7.15	11.82
อาร์จินีน	0.20	0.39
ซีสดีน	0.10	0.21
ฮิสติดีน	0.09	0.19
ไอโซลูซีน	0.19	0.38
ลูซีน	0.30	0.49
ไลซีน	0.27	0.40
เมทไธโอนีน	0.09	0.11
ฟีนิลอะลานีน	0.23	0.34
ทรีโอนีน	0.25	0.61
ทริฟโตเฟน	0.08	0.14
วาลีน	0.24	0.54

1 : Jondreville et al., (1995) ; 2 : Rademacher et al., (1999)

การใช้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนและ กรดอะมิโนที่ลำไส้เล็กส่วนปลายในการคำนวณสูตรอาหาร

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณสูตรอาหารสัตว์ทั้งข้อมูลความต้องการสารอาหารของสัตว์ที่แนะนำไว้ในเอกสารต่างๆ อาทิ ARC (Agricultural Research Council) หรือ NRC (National Research Council) มักยึดตามค่าการย่อยได้ของอาหารที่ใช้ข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นหลัก ซึ่งมีค่าการย่อยได้ของโปรตีนสูงกว่า 80% แต่ในทางปฏิบัติแล้วผู้ประกอบการสูตรอาหารจะมีการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่หลากหลายเพื่อลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ ซึ่งค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน การคำนวณสูตรอาหารโดยใช้ข้อมูลปริมาณสารอาหารที่มีทั้งหมดในวัตถุดิบอาหารสัตว์จึงส่งผลให้สัตว์ได้รับโปรตีนและกรดอะมิโนจากอาหารไม่เป็นไปตามที่สัตว์ต้องการหรือตามที่ผู้ผลิตคาดหวังไว้ ซึ่งนอกจากจะมีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์แล้ว โปรตีนหรือกรดอะมิโนที่ไม่ได้ถูกใช้ประโยชน์จะเป็นภาระที่สัตว์ต้องใช้พลังงานในการขับออกในรูปของยูเรียในปัสสาวะและในโครเจนในสิ่งขับถ่ายของสัตว์เหล่านี้ยังมีผลเสียต่อสภาวะแวดล้อมได้ นอกจากนี้การกำหนดระดับกรดอะมิโนที่จำเป็นที่ควรมีในสูตรอาหารซึ่งมักใช้สัดส่วนของ “Ideal protein” สำหรับการให้ผลผลิตแต่ละประเภทนั้น การกำหนดสัดส่วนของกรดอะมิโนที่น้อยเกินไปจะมีความใกล้เคียงกับความต้องการของสัตว์มากกว่าการใช้สัดส่วนของกรดอะมิโนที่มีทั้งหมดในสูตร (Wang and Fuller, 1990) การใช้ข้อมูลค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนโดยเฉพาะค่าการย่อยได้จากลำไส้เล็กส่วนปลายจึงเพิ่มความแม่นยำในการประกอบสูตรอาหาร Batterham (1994) ให้ข้อสังเกตถึงข้อได้เปรียบในการใช้ค่าการย่อยได้ในการคำนวณสูตรอาหารว่าในกรณีวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทธัญพืชและแหล่งโปรตีนที่ผ่านกระบวนการผลิตมาอย่างเหมาะสมแล้ว ค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนที่ลำไส้เล็กส่วนปลายสามารถบ่งบอกถึงค่าการใช้ประโยชน์ของสารอาหาร (Availability) ดังกล่าวในตัวสัตว์ได้ด้วย

นอกจากนี้ได้มีการรายงานจากผลงานวิจัยต่างๆ ว่า การใช้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนในอาหารยังมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ทั้งลักษณะการเจริญเติบโตและการสะสมโปรตีนในร่างกาย Leibholz (1985) ได้รายงานความสัมพันธ์ใกล้ชิดระหว่างค่าการย่อยได้ของไลซีนวัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายในวัตถุดิบอาหารสัตว์ต่างๆ กับระดับไลซีนที่พบในซากของสุกรโดยมีค่าสหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ตั้งแต่ 0.86 ถึง 0.94 สอดคล้องกับรายงานของ Dierick et al. (1988) ซึ่งพบว่าสมรรถภาพการผลิตของสุกรมีค่าสหสัมพันธ์กับค่าการย่อยได้ของโปรตีนที่วัดจากลำ

ไส้เล็กส่วนปลายมากกว่าค่าการย่อยได้ที่วัดจากมูล โดยค่า r เท่ากับ 0.76 เปรียบเทียบกับ 0.34 สำหรับ อัตราการเจริญเติบโตและค่า r เท่ากับ -0.87 กับ -0.65 ในกรณีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร Rademacher et al. (1996) ได้ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างการคำนวณสูตรอาหารสุกรโดยใช้ค่าไลซีนที่ย่อยได้กับสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรระยะรุ่น โดยใช้อาหารทดลอง 4 สูตรซึ่งมีระดับไลซีนทั้งหมด (total lysine) เท่ากันคือ 0.8 % แต่มีการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ต่างชนิดกันทำให้มีระดับไลซีนที่ย่อยได้ผันแปรตั้งแต่ 0.54 จนถึง 0.64 % ของสูตรอาหาร ผลปรากฏว่าการเจริญเติบโตของสุกรที่ได้รับอาหารที่มีไลซีนที่ย่อยได้ต่างกันจะมีการเจริญเติบโตต่างกันถึง 14 % (ตารางที่ 7) ในขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตกับระดับไลซีนที่มีทั้งหมดในอาหาร ผลดังกล่าวสนับสนุนงานของ Schulz and Boehme (1995) ซึ่งพบว่าสุกรที่ได้รับไลซีนที่ย่อยได้เพิ่มขึ้นโดยที่ระดับไลซีนทั้งหมดในอาหารเท่าเดิม มีการสะสมโปรตีนในร่างกายเพิ่มขึ้นและการเจริญเติบโตดีขึ้น แต่การให้สุกรได้รับไลซีนทั้งหมดเพิ่มขึ้นโดยที่ระดับไลซีนที่ย่อยได้เท่าเดิม ไม่มีผลช่วยให้การเจริญเติบโตของสุกรดีขึ้นแต่อย่างใด

ตารางที่ 7 : ผลของระดับไลซีนที่ย่อยได้ต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะรุ่น

สมรรถภาพการผลิต	ระดับไลซีนที่ย่อยได้ (% ของสูตรอาหาร)			
	0.64	0.61	0.58	0.54
น้ำหนักเริ่มต้น (กก.)	20.8	20.7	20.6	19.9
น้ำหนักสิ้นสุด (กก.)	57.1 ^a	54.3 ^a	52.8 ^a	46.9 ^b
อัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน)	0.87 ^a	0.79 ^a	0.78 ^a	0.63 ^b
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.47 ^a	2.63 ^{ab}	2.64 ^{ab}	2.76 ^b

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ที่มา : Rademacher et al. (1996)

อย่างไรก็ตามการใช้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนที่วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายมีข้อจำกัด ในกรณีการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ผ่านกระบวนการผลิตมาอย่างไม่เหมาะสม เช่นผ่านความร้อนมาสูงจนเกินไป (overheating) การใช้ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนจะไม่มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการเจริญเติบโตของสัตว์ Wieseman et al. (1991) รายงานว่าการใช้ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนของปลาป่นที่ผ่านความร้อนมาสูงเกินไปจะให้ผลใกล้เคียงกับการใช้ค่ากรดอะมิโนทั้งหมด Batterham et al. (1990 b,c) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Moughan et al. (1991) โดยพบว่าการใช้ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในกรณีที่สูตรอาหารใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ผ่านความร้อนมาสูงเช่น กากถั่วเหลือง หรือเนื้อและกระดูกป่น หรือวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีสารขัดขวางการใช้ประโยชน์จากอาหาร อาทิ กากเมล็ดฝ้าย

จะไม่มีผลช่วยทำให้การเจริญเติบโตของสัตว์ดีขึ้น (ตารางที่ 8) เนื่องจากในวัตถุดิบอาหารสัตว์ดังกล่าว ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนบางชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งไลซีน เมทไธโอนีน ทรีโอนีน ทริฟโตเฟน (tryptophan) และฟีนีลอะลานีน (phenylalanine) มีค่าต่ำกว่าค่าการใช้ประโยชน์ได้ (availability) เนื่องจากในสภาพอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะเกิดปฏิกิริยา “maillard reaction” ทำให้กรดอะมิโนดังกล่าวจับกับ น้ำตาลโดยเฉพาะอย่างยิ่ง reducing sugar เกิดเป็นสารประกอบที่สัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แม้ว่าสารประกอบดังกล่าวจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายของสัตว์ได้ก็ตาม (Batterham, 1994) ในกรณีเช่นนี้ การคำนวณสูตรอาหารควรจะใช้ค่าการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนจะให้ผลที่ดีกว่า การใช้ค่าการย่อยได้

ตารางที่ 8 : ค่าการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิดจากการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ผ่านความร้อนสูง (เนื้อและกระดูกป่น) หรือวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีสารขัดขวางการใช้ประโยชน์จากอาหาร (กากเมล็ดฝ้าย) เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง

	กากเมล็ดฝ้าย	เนื้อและกระดูกป่น	กากถั่วเหลือง
ไลซีนที่คงอยู่ในร่างกาย : ไลซีนที่ได้รับ ¹	0.36	0.60	0.70
ทรีโอนีนที่คงอยู่ในร่างกาย : ทรีโอนีนที่ได้รับ ²	0.44	0.59	0.64
เมทไธโอนีนคงอยู่ในร่างกาย : เมทไธโอนีนที่ได้รับ ³	0.38	0.45	0.45
ทริฟโตเฟนที่คงอยู่ในร่างกาย : ทริฟโตเฟนที่ได้รับ ⁴	0.46	0.45	0.38

1 : อาหารมีระดับไลซีนที่ย่อยได้เท่ากับคือ 0.36 กรัม/ MJ DE (Batterham et al., 1990c)

2 : อาหารมีระดับทรีโอนีนที่ย่อยได้เท่ากับคือ 0.22 กรัม/ MJ DE (Beech et al., 1991)

3 : อาหารมีระดับเมทไธโอนีนที่ย่อยได้เท่ากับคือ 0.09 กรัม/ MJ DE (Batterham et al., 1993)

4 : อาหารมีระดับทริฟโตเฟนที่ย่อยได้เท่ากับคือ 0.065 กรัม/ MJ DE (Batterham et al., 1994)

งานวิจัยค่าการย่อยได้ที่ลำไส้เล็กส่วนปลายในประเทศไทย

จากการรวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนวัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายในสุกรที่ดำเนินการมาแล้วในประเทศไทยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหลั่ง endogenous nitrogen อาทิ เยื่อใยในอาหาร และสารพิษในวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งมีผลต่อค่าการย่อยได้แบบปรากฏ
2. การศึกษาค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนที่วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจากการเก็บมูลในวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดที่ใช้ในอาหารสุกร

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโน

เกรียงไกร และคณะ (2537) ศึกษาการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนวัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายโดยใช้เทคนิค “simple T-cannula” ในอาหารที่มีการใช้กากตะหุ้งซึ่งมีสารแพ้ (allergic substance) CB-1A ในระดับต่างๆ กัน ผลปรากฏว่าการเพิ่มระดับของกากตะหุ้งซึ่งมีสาร CB-1A สูงขึ้นในอาหารมีผลให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนลดลงเป็นลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอะมิโนทรีโอนีนและไอโซลูซีน ($p < 0.05$)

Nongyao et al. (1990a) ได้ศึกษาระดับและชนิดของเยื่อใยต่อค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนที่วัดจากมูลและค่าที่วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลาย โดยใช้เยื่อใย 5 ชนิดคือเยื่อใยรวม (crude fiber) NDF ADF ลิกนิน และเซลลูโลส แต่ละชนิดใช้ 4 ระดับคือ 1 3 7 และ 9 % ในสูตรอาหาร ผลปรากฏว่าการเพิ่มเยื่อใยทุกชนิดในสูตรอาหารทำให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนทั้งที่วัดจากมูลและที่วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายมีค่าลดลง ทั้งนี้เกิดจากการเพิ่มขึ้นของส่วน endogenous nitrogen ในระบบทางเดินอาหารนั่นเอง นอกจากนี้ค่าการย่อยได้ที่วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายมีค่าสูงกว่าค่าที่วัดจากมูล ความแตกต่างระหว่างค่าการย่อยได้ที่วัดจากทั้งสองตำแหน่งมีค่าผันแปรตั้งแต่ 1.76-8.41 หน่วยเปอร์เซ็นต์ และ Nongyao et al. (1990b) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับเยื่อใยในอาหารกับค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเพื่อหาแนวทางในการใช้ค่าเยื่อใยในอาหารมาประมาณค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนทางอ้อม โดยใช้เยื่อใยทั้ง 5 ชนิดเช่นเดิม แต่ละชนิดใช้ 5 ระดับ ผลพบว่าเยื่อใยในอาหารทั้ง 5 ชนิดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนทั้งที่วัดจากมูลและที่วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลาย ค่าการย่อยได้แบบปรากฏที่วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายมีความสัมพันธ์กับค่า NDF ($r = 0.53$ ถึง 0.63) ADF ($r = 0.5$ ถึง 0.77) เซลลูโลส ($r = 0.5$ ถึง 0.75) และเยื่อใยรวมมีค่า $r =$

0.58 ถึง 0.81 ในทางตรงกันข้ามความสัมพันธ์ระหว่างค่าการย่อยได้แบบแท้จริงของกรดอะมิโนกับเชื้อใยในอาหารมีค่าต่ำกว่า สำหรับค่าการย่อยได้วัดจากมูลมีค่าสหสัมพันธ์เชิงลบกับ NDF มากกว่าค่าเชื้อใยรวม และจากการใช้สมการ regression พบว่าสามารถประมาณค่าการย่อยได้ที่วัดจากมูลของกรดอะมิโนได้จากระดับ NDF ในอาหาร และ ADF สำหรับค่าการย่อยได้วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลาย ในขณะที่เทคนิคนี้ไม่สามารถใช้ในการประมาณค่าการย่อยได้ที่แท้จริงและแบบปรากฏสำหรับกรดอะมิโนทุกชนิดทั้งที่วัดจากมูลและวัดจากลำไส้เล็กส่วนปลาย

สำหรับผลของแหล่งที่มาของเชื้อใยในอาหารต่อค่าการย่อยได้นั้น Nongyao et al. (1991a) ได้ใช้แหล่งที่มาของเชื้อใยจากพืช 4 ชนิดคืออัลฟาฟา (มีระดับ NDF และเฮมิเซลลูโลสสูง) ใบมันสำปะหลัง (มี NDF สูง) กากยางพารา (มีเชื้อใยรวมและเซลลูโลสสูง) และใบกระถิน (มี ADF และลิกนินสูง) ในระดับ 20 % ของสูตรอาหาร เปรียบเทียบกับการใช้เซลลูโลสสังเคราะห์ในระดับ 5 % (สูตรควบคุม) ผลปรากฏว่าค่าการย่อยได้แบบปรากฏของกรดอะมิโนที่วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายด้วยเทคนิค "simple T-cannula" มีค่าสูงกว่าค่าการย่อยได้ที่วัดจากการเก็บมูล โดยมีค่าสูงสุดในสูตรที่ใช้ใบมันสำปะหลังขณะที่ใบกระถินมีค่าต่ำที่สุด ส่วนค่าการย่อยได้ที่วัดจากมูลพบว่าสูตรที่ใช้ใบมันสำปะหลังและสูตรควบคุมมีค่าสูงสุดในขณะที่อัลฟาฟามีค่าต่ำที่สุด โดยสรุปพบว่าเชื้อใยในอาหารมีผลกระทบต่อค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน โปรตีน และไกลซีน ซึ่งเป็นผลจากการที่เมทไธโอนีนมาจากกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ ส่วนโปรตีนและไกลซีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ endogenous protein ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับเชื้อใยในอาหาร ส่วนค่าการย่อยได้แท้จริงที่วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายไม่ได้รับผลกระทบจากเชื้อใยในอาหาร ในขณะที่ค่าการย่อยได้วัดจากมูลมีความแตกต่างกันและมีค่าต่ำกว่าค่าการย่อยได้วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลาย ดังนั้นในอาหารที่มีเชื้อใยสูงควรต้องมีการศึกษาค่าการย่อยได้ที่แท้จริงควบคู่กับค่าการย่อยได้แบบปรากฏด้วยเพื่อให้การคำนวณสูตรอาหารมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (Nongyao et al., 1991b)

ค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในประเทศไทย

Paraksa (1998) ได้ศึกษาค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนและกรดอะมิโนวัดจากการเก็บมูลและจากลำไส้เล็กส่วนปลายในวัตถุดิบ 6 ชนิดที่นิยมใช้ในการเลี้ยงสุกรคือข้าวโพด ปลายข้าว รำละเอียด กากถั่วเหลือง (44 % โปรตีน) กากถั่วลิสง (42 % โปรตีน) และปลาป่น (57 % โปรตีน) โดยใช้เทคนิค "simple T-cannula" ในสุกรน้ำหนัก 30-90 กก. ผลพบว่าค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนวัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายมีค่าต่ำกว่าค่าที่วัดจากมูล ค่าการย่อยได้ของข้าวโพดและปลายข้าวมีค่าใกล้เคียงกันแต่รำละเอียดมีค่าการย่อยได้ทั้งโปรตีนและกรดอะมิโนทุกชนิดต่ำกว่า ส่วนแหล่งวัตถุดิบ

โปรตีนพบว่ากากถั่วเหลืองมีค่าการย่อยได้ดีที่สุด รองลงมาคือปลาป่นและกากถั่วลิสงมีค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนต่ำที่สุด

Tartrakoon et al. (1999) ได้รายงานค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนของแหล่งโปรตีนจากพืช 3 ชนิดคือ กากถั่วเหลือง (44 % โปรตีน) กากถั่วลิสง (52 % โปรตีน) และกากงา (37.5 % โปรตีน) จากการใช้เทคนิค “simple T-cannula” ในสุกรเช่นเดียวกัน ค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนและกรดอะมิโนทั้งที่วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลายและจากมูลของกากถั่วลิสงมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ กากถั่วเหลือง และกากงามีค่าการย่อยได้ต่ำที่สุด และจากการทดสอบการใช้ข้อมูลค่าการย่อยได้ที่ลำไส้เล็กส่วนปลายของวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้งสามชนิดในการคำนวณสูตรอาหาร โดยใช้ทดแทนกากถั่วเหลืองในระดับ 10 % ของสูตรอาหาร และคำนวณให้มีระดับกรดอะมิโนที่ย่อยได้เท่ากัน ผลปรากฏว่าค่าไนโตรเจนที่คงอยู่ในร่างกาย (N-retention) และลักษณะการเจริญเติบโตของสุกรกลุ่มที่ใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองมีค่าสูงที่สุดในช่วงสุกรรุ่นและสูตรที่ใช้กากถั่วลิสงมีค่าสูงที่สุดในช่วงสุกรขุน การใช้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในการคำนวณสูตรอาหารกรณีที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นหลักจะให้ผลใกล้เคียงกับการคำนวณโดยใช้ข้อมูลกรดอะมิโนที่มีทั้งหมด แต่ในกรณีมีการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ ที่เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตร การคำนวณโดยยึดค่าโปรตีนและกรดอะมิโนที่ย่อยได้ในวัตถุดิบอาหารสัตว์จะช่วยให้ความสมดุลของกรดอะมิโนดีขึ้น ส่งผลให้การเจริญเติบโตและการสะสมโปรตีนของร่างกายสูงขึ้นด้วย (Tartrakoon et al. อยู่ระหว่างการตีพิมพ์)

นางเยาว์ และคณะ (อยู่ระหว่างการตีพิมพ์) ได้ศึกษาค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นในวัตถุดิบอาหารสัตว์ 3 กลุ่มที่ใช้ในการผลิตอาหารสุกรของประเทศไทยคือกลุ่มให้พลังงาน (ข้าวโพด รำละเอียด ปลาขี้ขาว ข้าวฟ่าง) กลุ่มให้โปรตีนจากพืช (กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากงา กากเมล็ดฝ้าย) และกลุ่มให้โปรตีนจากสัตว์ (ปลาป่น เครื่องในไก่ป่น หัวและเปลือกกุ้ง ป่น ขนไก่ป่น) ผลปรากฏว่าในกลุ่มวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งพลังงานมีค่าการย่อยได้แบบปรากฏที่วัดจากมูลของโปรตีนและกรดอะมิโนรวมมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจากลำไส้เล็กส่วนปลายโดยใช้เทคนิค “simple T-cannula” ยกเว้นข้าวฟ่าง ส่วนค่าการย่อยได้ของกลุ่มที่ให้โปรตีนจากพืชนั้นพบว่ากากถั่วเหลืองและกากถั่วลิสงมีค่าการย่อยได้วัดจากมูลต่ำกว่าค่าที่ได้จากลำไส้เล็กส่วนปลาย แต่กากเมล็ดฝ้ายให้ผลตรงกันข้าม ค่าการย่อยได้ที่วัดจากมูลของโปรตีนและกรดอะมิโนในกลุ่มวัตถุดิบให้โปรตีนจากสัตว์มีค่าต่ำกว่าค่าจากลำไส้เล็กส่วนปลายยกเว้นในปลาป่นและขนไก่ป่น

ตารางที่ 9: ค่าการย่อยได้แบบปรากฏที่วัดจากมูล (apparent faecal digestibility) ของโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นในวัตถุดิบอาหารสัตว์กลุ่มให้พลังงานบางชนิดที่ใช้ในประเทศไทย

	ข้าวโพด			ปลายข้าว			รำละเอียด			ข้าวฟ่าง
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	2
โปรตีน	83.9	80.0	82.0	88.5	77.7	83.1	67.8	67.6	67.7	82.9
อาร์จินีน	88.8	72.2	80.5	91.8	79.2	85.5	85.4	85.5	85.5	82.5
ฮิสติดีน	84.7	81.5	83.1	86.1	76.9	81.5	70.6	66.0	68.3	82.5
ไอโซลูซีน	83.8	73.4	78.6	88.0	80.1	84.1	69.8	66.6	68.2	75.9
ลูซีน	91.1	83.0	87.1	90.8	82.7	86.8	69.0	66.3	67.7	81.9
ไลซีน	84.8	74.2	79.5	87.6	82.2	84.9	74.5	74.9	74.7	86.5
เมทไธโอนีน	84.5	75.5	80.0	87.9	82.6	85.3	79.8	75.8	77.8	84.0
ฟีนิลอะลานีน	88.4	87.8	88.1	89.9	89.0	89.5	72.4	65.7	69.1	76.0
ทรีโอนีน	79.2	70.9	75.1	87.5	88.7	88.1	65.5	67.2	66.4	77.3
วาเลิน	83.0	76.9	80.0	87.4	80.7	84.1	72.3	67.2	69.8	81.7

1 : Paraksa (1998) ใช้เทคนิค simple T-cannula ; 2 : นงเยาว์ และคณะ (อยู่ในระหว่างการตีพิมพ์) ใช้เทคนิค simple T-cannula

ตารางที่ 10: ค่าการย่อยได้แบบปรากฏที่วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลาย (apparent ileal digestibility) ของโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นในวัตถุดิบอาหารสัตว์กลุ่มให้พลังงานบางชนิดที่ใช้ในประเทศไทย

	ข้าวโพด			ปลายข้าว			รำละเอียด			ข้าวฟ่าง
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	2
โปรตีน	73.8	79.3	76.6	78.4	80.2	79.3	61.1	67.7	64.4	71.1
อาร์จินีน	84.4	79.5	82.0	84.9	82.7	83.8	82.1	89.3	85.7	71.6
ฮิสติดีน	74.2	83.8	79.0	77.8	79.0	78.4	63.5	83.7	73.6	74.5
ไอโซลูซีน	79.3	79.1	79.2	83.0	87.4	85.2	67.0	70.6	68.8	75.4
ลูซีน	83.4	90.2	86.8	84.6	83.7	84.2	67.2	70.0	68.6	85.4
ไลซีน	76.9	68.2	72.6	79.9	86.3	83.1	71.8	80.4	76.1	64.4
เมทไธโอนีน	81.6	85.3	83.5	85.7	88.6	87.2	78.7	74.8	76.8	80.7
ฟีนิลอะลานีน	83.7	85.2	84.5	82.3	92.4	87.4	69.7	73.7	71.7	75.3
ทรีโอนีน	63.4	70.9	67.2	74.4	93.4	83.9	56.6	71.5	64.1	66.0
วาเลิน	78.2	79.1	78.7	81.0	81.4	81.2	67.8	68.7	68.3	71.2

1 : Paraksa (1998) ใช้เทคนิค simple T-cannula ; 2 : นงเยาว์ และคณะ (อยู่ในระหว่างการตีพิมพ์) ใช้เทคนิค simple T-cannula

ตารางที่ 11 : ค่าการย่อยได้แบบปรากฏวัดจากการเก็บมูล (apparent faecal digestibility) ของโปรตีน และกรดอะมิโนที่จำเป็นในวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีนจากพืชบางชนิด

	กากถั่วเหลือง				กากถั่วลิสง				กากงา			กาก ฝ้าย ³
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	2	3	เฉลี่ย	
โปรตีน	86.6	81.0	84.7	84.1	86.2	88.4	88.7	87.8	62.7	85.9	74.3	71.5
อาร์จินีน	90.9	66.3	86.2	81.1	91.5	83.1	96.8	90.5	-	93.6	93.6	86.2
ฮิสติดีน	88.6	-	90.8	89.7	86.0	-	83.5	84.8	57.4	84.5	71.0	65.7
ไอโซลูซีน	86.0	66.3	87.7	80.0	85.0	83.1	77.2	81.8	57.4	90.8	74.1	67.1
ลูซีน	86.5	79.9	88.4	84.9	86.9	85.8	74.1	82.3	64.5	90.8	77.7	67.5
ไลซีน	90.1	80.9	89.7	86.9	82.8	90.3	73.7	82.3	76.9	92.1	84.5	57.4
เมทไธโอนีน	83.6	66.7	89.7	80.0	82.9	98.7	80.3	87.3	76.5	91.7	84.1	63.4
ฟีนิลอะลานีน	88.1	80.0	88.8	85.6	88.2	90.0	83.5	86.8	49.6	87.3	68.5	81.9
ทรีโอนีน	85.8	76.7	86.4	83.0	81.3	86.6	68.3	78.7	45.9	89.5	67.7	57.2
วาเลีน	84.8	75.2	87.1	82.4	85.0	82.0	77.0	81.3	63.2	89.8	76.5	66.7

1 : Paraksa (1998) ใช้เทคนิค simple T-cannula ; 2 : Tartrakoon et al., (1999) ใช้เทคนิค simple T-cannula

3 : นงเยาว์ และคณะ (อยู่ในระหว่างการตีพิมพ์) ใช้เทคนิค simple T-cannula

ตารางที่ 12 : ค่าการย่อยได้แบบปรากฏวัดจากลำไส้เล็กส่วนปลาย (apparent ileal digestibility) ของโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นในวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีนจากพืชบางชนิด

	กากถั่วเหลือง				กากถั่วลิสง				กากงา			กาก ฝ้าย ³
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	2	3	เฉลี่ย	
โปรตีน	82.2	82.4	87.6	84.1	78.0	84.9	92.9	85.3	42.2	86.6	64.4	68.2
อาร์จินีน	86.8	52.9	91.9	77.2	88.0	86.3	96.5	90.3	-	84.7	84.7	95.7
ฮิสติดีน	80.3	-	89.4	84.9	79.2	-	86.5	82.9	48.8	68.0	58.4	67.2
ไอโซลูซีน	84.6	52.9	89.9	75.8	83.1	86.3	73.4	80.9	48.8	65.4	57.1	63.4
ลูซีน	84.2	83.4	89.7	85.8	82.1	87.9	73.2	81.1	56.7	77.9	67.3	71.1
ไลซีน	86.3	89.4	90.5	88.7	78.6	93.8	73.2	81.9	70.0	83.9	77.0	66.9
เมทไธโอนีน	82.2	83.5	88.0	84.6	83.9	99.0	80.5	87.8	65.7	81.4	73.6	75.5
ฟีนิลอะลานีน	83.9	88.5	88.6	87.0	83.3	92.1	84.2	86.5	43.5	91.0	67.3	71.6
ทรีโอนีน	75.6	72.7	87.4	78.6	68.8	83.4	72.1	74.8	33.9	59.4	46.7	64.9
วาเลีน	82.0	66.6	85.1	77.9	81.2	84.2	76.0	80.5	53.5	68.0	60.8	61.1

1 : Paraksa (1998) ใช้เทคนิค simple T-cannula ; 2 : Tartrakoon et al., (1999) ใช้เทคนิค simple T-cannula

3 : นงเยาว์ และคณะ (อยู่ในระหว่างการตีพิมพ์) ใช้เทคนิค simple T-cannula

ตารางที่ 13 : ค่าการย่อยได้แบบปรากฏที่วัดจากการเก็บมูล (apparent faecal digestibility) ของโปรตีน และกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีนจากสัตว์บางชนิด

	ปลาป่น			เครื่องใน ไก่ป่น	กากถบึง	ขนไก่ป่น
	1	2	เฉลี่ย			
โปรตีน	81.4	85.9	83.7	75.3	82.9	76.7
อาร์จินีน	86.5	93.6	90.1	83.9	80.8	78.8
ฮิสติดีน	84.1	84.5	84.3	69.7	82.8	70.1
ไอโซลูซีน	86.6	90.8	88.7	83.4	88.7	82.5
ลูซีน	86.8	90.8	88.8	76.6	87.1	84.6
ไลซีน	87.5	92.1	89.8	75.0	86.1	64.9
เมทไธโอนีน	85.7	91.7	88.7	75.9	89.9	73.3
ฟีนิลอะลานีน	83.8	87.3	85.4	68.0	85.9	86.1
ทรีโอนีน	82.9	89.5	86.2	75.6	81.5	77.8
วาเลีน	82.4	89.8	86.1	77.4	84.2	81.9

1. Parakee (1998) ใช้เทคนิค simple T-cannula , 2 : นงเยาว์ และคณะ (อยู่ในระหว่างการตีพิมพ์) ใช้เทคนิค simple T-cannula

ตารางที่ 14: ค่าการย่อยได้แบบปรากฏที่วัดจากลำไส้เล็กส่วนปลาย (apparent ileal digestibility) ของโปรตีนและกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีนจากสัตว์บางชนิด

	ปลาป่น			เครื่องใน ไก่ป่น	กากถบึง	ขนไก่ป่น
	1	2	เฉลี่ย			
โปรตีน	72.4	81.4	76.9	76.3	83.9	67.2
อาร์จินีน	84.2	91.1	87.7	83.6	82.6	83.2
ฮิสติดีน	82.4	87.0	84.7	67.2	83.5	68.8
ไอโซลูซีน	83.4	90.5	86.9	79.0	83.9	83.2
ลูซีน	84.8	92.0	88.4	76.0	85.2	81.0
ไลซีน	84.3	91.9	88.1	77.8	86.7	63.0
เมทไธโอนีน	83.9	91.8	87.9	80.2	91.1	69.2
ฟีนิลอะลานีน	80.4	89.2	84.8	77.4	97.7	84.4
ทรีโอนีน	78.9	89.4	84.2	72.8	89.0	76.0
วาเลีน	80.2	89.7	85.0	75.5	87.7	81.9

1. Parakee (1998) ใช้เทคนิค simple T-cannula , 2 : นงเยาว์ และคณะ (อยู่ในระหว่างการตีพิมพ์) ใช้เทคนิค simple T-cannula

ข้อเสนอแนะการดำเนินงานวิจัยในอนาคต

1. ค่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายๆ ด้านทั้งที่เกิดจากตัวของวัตถุดิบเองเช่นแหล่งของวัตถุดิบ สายพันธุ์ ขั้นตอนการปลูกและขบวนการผลิตของวัตถุดิบ ตลอดจนความผันแปรที่เกิดจากการดำเนินการศึกษา อาทิ วิธีการและเทคนิคที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง ลักษณะ องค์ประกอบของอาหารทดสอบ ฯลฯ จึงจำเป็นต้องมีการจัดทำให้เป็นมาตรฐานเดียวกันหรือปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุด

1.1 เทคนิคการเก็บตัวอย่าง จากการรวบรวมงานวิจัยจะเห็นได้ว่าเทคนิควิธีการเก็บตัวอย่างของเหลวจากลำไส้เล็กส่วนปลายในสุกรมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อด้อยต่างกัน สำหรับงานวิจัยที่ดำเนินการในประเทศไทยมักใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบ “simple T-cannula” ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดทั้งในด้านการผ่าตัดและดูแลสัตว์ทดลองหลังการผ่าตัด แต่วิธีนี้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างของเหลวจากลำไส้เล็กส่วนปลายได้ทั้งหมด จำเป็นต้องสุ่มตัวอย่างซึ่งต้องแน่ใจว่าตัวอย่างที่สุ่มเก็บมานั้นเป็นตัวแทนที่ดีของตัวอย่างทดสอบ จากการตรวจเอกสารพบว่าระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างจำเป็นต้องไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมงติดต่อกัน ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบที่ใช้ทดสอบควรไม่เกิน 3 มม. และควรมีความสม่ำเสมอของอาหารทดลอง นอกจากนี้ชนิดและเทคนิคการวิเคราะห์สารบ่งชี้ต้องมีค่าอัตราการตรวจพบใกล้เคียงกับ 100 % มากที่สุดเพื่อลดความผันแปรให้น้อยที่สุด

1.2 วิธีการทดลอง วิธีการทดลองเป็นปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนและกรดอะมิโนดังกล่าวข้างต้น การเลือกใช้วิธีการทดลองที่เหมาะสมกับชนิดของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ต้องการทดสอบจะช่วยลดความแปรปรวนจากการทดลองได้ สำหรับวัตถุดิบอาหารสัตว์กลุ่มธัญพืชหรือกลุ่มที่มีโปรตีนต่ำ การใช้วิธี regression หรือ difference method จะเหมาะสมกว่าการใช้วิธีการวัดแบบโดยตรง (direct method) แต่สำหรับวัตถุดิบกลุ่มให้โปรตีนแล้วการใช้วิธีการทดลองทั้ง 3 แบบให้ผลไม่แตกต่างกัน สำหรับวัตถุดิบที่ไม่สามารถใช้ในระดับสูงในอาหารได้แล้วควรใช้วิธี regression method จะเหมาะสมกว่าอีก 2 วิธี

1.3 ในกรณีการศึกษาค่าการย่อยได้แบบปรากฏ ควรมีการกำหนดระดับสารอาหารบางชนิดที่มีผลต่อค่าการย่อยได้ เช่น ระดับเยื่อใยและโปรตีนในอาหารทดลอง ตลอดจนกำหนดระดับการให้อาหารให้เป็นมาตรฐานเดียวกันเช่นการกำหนดการให้อาหารตามน้ำหนักตัว (metabolic weight) ของสัตว์ทดลอง เพื่อลดความผันแปรของค่า non-specific endogenous protein

1.4 การวิเคราะห์กรดอะมิโนในตัวอย่างมีหลายวิธี ซึ่งอาจมีความผันแปรระหว่างค่ากรดอะมิโนที่ได้ จึงควรมีการกำหนดวิธีการวิเคราะห์กรดอะมิโนให้เป็นวิธีเดียวกัน หรือศึกษาเปรียบเทียบค่าที่ได้จากวิธีการต่างๆ ก่อน เพื่อให้สามารถวางแผนทางในการลดความผันแปรของข้อมูลและให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน

1.5 เนื่องจากค่าการย่อยได้แบบปรากฏ (apparent digestibility) มีความผันแปรมากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีระดับโปรตีนต่ำ ดังนั้นจึงควรมีการปรับค่าการย่อยได้ให้เป็นค่ามาตรฐานเดียวกัน (standardised ileal digestibility) ซึ่งมีความถูกต้องมากกว่า

2. การเลือกและการสุ่มตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ต้องการทดสอบอย่างเหมาะสม เพื่อให้ค่าการย่อยได้ที่ได้จากการศึกษามีความใกล้เคียงและเป็นตัวแทนที่ดีสำหรับวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในทางปฏิบัติและตรงกับความต้องการของผู้นำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ สำหรับวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีโปรตีนหลายระดับหรือมีคุณภาพที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง ควรมีการศึกษาแยกตามประเภท

3. ควรมีการกำหนดชนิดของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในการวิจัยโดยเรียงลำดับความสำคัญและความต้องการของผู้ต้องการใช้ข้อมูลดังกล่าว

4. เนื่องจากการศึกษาค่าการย่อยได้ ณ ตำแหน่งลำไส้เล็กส่วนปลายต้องใช้ประสบการณ์ ความชำนาญของผู้วิจัย อีกทั้งยังไม่เป็นที่แพร่หลายสำหรับนักวิจัยในประเทศไทย ดังนั้นจึงควรจะมีการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดที่มีข้อมูลการศึกษาวิจัยมากในต่างประเทศ เช่น ข้าวโพดสำหรับวัตถุดิบกลุ่มให้พลังงานและกากถั่วเหลือง 44 % โปรตีนสำหรับวัตถุดิบกลุ่มให้โปรตีนเป็นกลุ่มเปรียบเทียบด้วย ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นดัชนีบ่งบอกความถูกต้องและแม่นยำของกระบวนการวิจัย

5. การศึกษาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์จำเป็นต้องใช้เวลานานและค่าใช้จ่ายมาก ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาวิธีการวัดค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนทางอ้อมที่รวดเร็วและเสียค่าใช้จ่ายน้อย เช่นการวัดด้วยวิธีการที่เหมาะสมในห้องปฏิบัติการควบคู่กันไปด้วย เพื่อสามารถนำไปปรับใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างกว้างขวาง

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงไกร กัลหะรัตน์ กษิตศ อื้อเชียวชาญกิจ สำเร้ง ไพบุลย์ สิ้นชัย พารักษา. 2537. ผลของระดับสารแพ้ CB-1A ต่อการย่อยได้ของสารอาหารชนิดต่างๆ ของกากกะหล่ำโดยการเก็บตัวอย่างจากส่วนปลายลำไส้เล็กของสุกร. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 32, 3-5 กุมภาพันธ์ 2537. หน้า 79-84
- นงเยาว์ จันทราช สุเมธิ กิตติพงศ์ไพศาล สมเกียรติ สิลสุทธิ์ (อยู่ในระหว่างการตีพิมพ์). การใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนของอาหารสัตว์ภายในประเทศสำหรับสุกรรุ่นและขุน. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏจันทรเกษม. 10900
- Adeola, O. 2001. Digestion and balance techniques in pigs. In: A.J. Lewis and L.L. Southern (eds.): Swine Nutrition, CRC Press LLC; 903-916
- AJINOMOTO. 1995. Apparent ileal digestibility of crude protein and essential amino acids in feedstuffs for swine. AJINOMOTO, Ltd, TOKYO, JAPAN
- Atwal, A.S. and Stothers, S.C. 1982. Assay of amino acid availability in swine and poultry. Proc. Nutrition Conf. Feed Manufacturers, University of Guelph, pp. 59-65
- Batterham, E.S. 1994. Protein and energy relationships for growing pigs. In: D.J.A. Cole, J. Wiesman, M.A. Varley (eds.): Principles of Pig Science, Nottingham University Press, Sutton Bonington; 107-121
- Batterham, E.S.; Anderson, L.M.; Baigent, D.R. 1993. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs : methionine. Br. J. Nutr. 70: 711-720
- Batterham, E.S.; Anderson, L.M.; Baigent, D.R. 1994. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs : tryptophan. Br. J. Nutr. 71: 345-360
- Batterham, E.S.; Anderson, L.M.; Baigent, D.R.; Beech, S.A.; Elliott, R. 1990c. Utilization of ileal digestible amino acids by pigs: Lysine. Br. J. Nutr. 64: 679-690

- Batterham, E.S.; Anderson, L.M.; Baigent, D.R.; Darnell, R.E.; Taverner, M.R. 1990b. A comparison of the availability and ileal digestibility of lysine in cottonseed and soya-bean meals for grower/finisher pigs. *Br. J. Nutr.* 64: 663-677
- Batterham, E.S.; Anderson, L.M.; Baigent, D.R.; White, E. 1990a. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs: Effect of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention. *Br. J. Nutr.* 64: 81-94
- Beech, S.A., Batterham, E.S.; Elliott, R. 1991. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs : threonine. *Br. J. Nutr.* 65 : 381-390
- Bergner, H.; Lueck, M.; Mueller, J. 1981. Untersuchung zur Sorption von Aminosaeuren an Diaetkomponenten. 1. Mitteilung: Sorption verschiedener Aminosaeuren an Weizenstrohmehl, Alkalilignin und Zellulose. *Arch. Tierern.* 31: 265-271
- Birk, Y. 1989. Protein protease inhibitors of plant origin and their significance in nutrition. In: J. Huisman, A.F.B. van der Poel, I.E. Liener (eds.): *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*, Pudoc, Wageningen, NL; 83-94
- Buraczewska, L. 1981. Absorption of amino acids in different parts of the small intestine in growing pigs. 4. Effect of sugars on absorption of amino acids and water. *Acta Physiol. Pol.* 32: 585-593
- Buraczewska, L.; Schulz, E.; Schroeder, H. 1987. Ileal digestibility of amino acids in pigs fed barleys differing in protein content. *Arch. Anim. Nutr.* 37: 801-807
- Chesson, A.C. 1993. Feed enzyme. *Anim. Feed Sci. Technol.* 45: 65-79
- Cousins, B.W.; Tanksley, T.D.JR.; Knabe, D.A.; Zebrowska, T. 1981. Nutrient digestibility and performance of pigs fed sorghums varying in tannin concentration. *J. Anim. Sci.* 53: 1524-1537
- CVB. 1984. Faecal digestible amino acids in feedstuffs for pigs (in Dutch). Lelystad, The Netherlands, Centraal Veevoederbureau
- CVB.1990. Apparent ileal digestible amino acids in feedstuffs for pigs (in Dutch). Lelystad, The Netherlands; Centraal Veevoederbureau.

- Darcy-Vrillon, B., J.P. Laplace. 1990. Digesta collection procedure may affect ileal digestibility in pigs fed diets based on wheat bran or beet pulp. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 27 : 307-316
- Darcy, B.; Laplace, J.P.; Villiers, P.A. 1981. Digestion dans l'intestin grêle chez le porc. 4. Cinétique de passage des digesta au niveau de la jonction ileo-caeco-colique et bilans de la digestion selon la nature de l'amidon et la source de protéines alimentaires. *Ann. Zootech.* 30: 31-62
- Darcy-Vrillon, B.; Souffrant, W.B.; Laplace, J.P.; Rerat, A.; Gebhardt, G.; Vaugelade, P.; Jung, J. 1985. Proc. 3rd Int. Symposium on Digestive Physiology in Pigs, Copenhagen, 580. *Beretning fra Statens Høstbrugsforsøg*; 326
- De Lange, C.F.M.; Sauer, W.C.; Mosenthin, R.; Souffrant, W.B. 1989. The effect of feeding different protein-free diets on the recovery and amino acid composition of endogenous protein collected from the distal ileum and feces in pigs. *J. Anim. Sci.* 67: 746-754
- Den Hartog, L.A.; Huisman, J.; Thielen, W.J.G.; van Schayk, G.H.A.; Boer, H.; van Weerden, E.J. 1988. The effect of including various structural polysaccharides in pig diets on ileal and faecal digestibility of amino acids and minerals. *Livest. Prod. Sci.* 18: 157-170
- Dierick, N.A.; Vervaeke, I.J.; Decuypere, H.K. Hendrickx, J.A. 1986. Influence of the gut flora and some growth-promoting feed additives on nitrogen metabolism in pigs. II. Studies in vivo. *Livest. Prod. Sci.* 14 : 177-193
- Dierick, N.A.; Vervaeke, I.J.; Decuypere, J.A.; Van der Heyde, H.; Hendrickx, H.K. 1988. Correlation of ileal and faecal digested protein and organic matter to production performance in growing pigs. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Naturwissenschaftliche Reihe.* 37: 50-51
- Fan, M.Z. and Sauer, W.C. 1994. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in low-protein feedstuffs with the direct, difference and regression method. In: W.B. Souffrant, H. Hagemester (eds.): 6th Int. Symposium on Digestive Physiology in Pigs, Bad Doberan, Germany, EAAP Publ. 80:103-106

- Fan, M.Z.; Sauer, W.C.; Hardin, R.T.; Lien, K.A. 1994. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs: Effect of dietary amino acid level. *J. Anim. Sci.* 72: 2851-2859
- Fan, M.Z.; Sauer, W.C.; Li, S. 1993. The additivity of the digestible energy and apparent ileal digestible amino acid supply in barley, wheat and canola meal or soybean meal diets for growing pigs. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 70: 72-81
- Freed, D.L.J. and Buckley, C.H. 1978. Mucottractive effect of lectin. *Lancet*
- Fuller, M.F and Livingstone, R.M. 1982. Annual report of studies in Animal Nutrition and Allied Sciences. Rowett Research Institute. 39: 585-586
- Fuller, M.F and Wang, T.C. 1990. Digestible ideal protein- a measure of dietary protein value. *Pig News and Information.* 11: 353-357
- Furuya, S. and Kaji, Y. 1991. Additivity of the apparent and true ileal digestible amino acid supply in barley, maize, wheat or soya-bean meal based diets for growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 32: 321-331
- Graham, H.; Åman, P. 1986. Circadian variation in composition of duodenal and ileal digesta from pigs fitted with T-cannulas. *Anim. Prod.* 43: 133-140
- Graham, H., Lowgren, W., Peterson, D., Aman, P. 1988. Effect of enzyme supplementation on digestion of barley/pollard-based pig diet. *Nutr. Rep. Int.* 38: 1073-1079
- Green, S.; Bertrand, S.L.; Duron, M.J.C.; Maillard, R. 1988. Digestibility of amino acids in soya-bean, sunflower and groundnut meal, measured in pigs with ileo-rectal anastomosis and isolation of the large intestine. *J. Sci. Food Agric.* 42: 119-128
- Grosjean, F.; Jondreville, C.; Williatte-Hazouard, I.; Skiba, F.; Carrouee, B.; Gatel, F. 2000. Ileal digestibility of protein and amino acids of feed peas with different trypsin inhibitor activity in pigs. *Can J. Anim. Sci.* 80 : 643-652
- Haydon, K.D.; Knabe, D.A.; Tanksley, T.D.Jr. 1984. Effect of level of feed intake on nitrogen, amino acid and energy digestibilities measured at the end of the small intestine and over the total digestive tract. *J. Anim. Sci.* 59: 717-724

- Haydon, K.; Tanksley, T.D.Jr.; Knabe, D.A. 1981. Effect of protein level on apparent digestibilities of nitrogen and amino acids at the end of the small intestine and over the total tract in growing-finishing swine. Texas A&M University Swine Short Course Proceedings, College Station, Texas, pp. 102-105
- Heinz, T.; Souffrant, W.B.; Huisman, J.; Jansman, A.J. 1991. Apparent and true protein digestibility of ANF containing legume seeds measured by ^{15}N -technique. In: Proc. 42nd Annual Meeting of the EAAP, Berlin, 8-12 Sept. paper P 3.9
- Hennig, U.; W?nsche, J.; Schadereit, R.; Kreienbring, F.; Souffrant, W.B. 1991. Praezaekale Protein- und Aminosaeurenverdaulichkeit sowie Gesamt-Rohn?hrstoffverdaulichkeit der Extraktionsschrote von drei Raps- Varietaeten, ermittelt an ileorektostomierten bzw. intakten Schweinen. Arch. Anim. Nutr. 41: 141-153
- Howard, P.; Mahoney, R.R.; Wilder, T. 1986. Binding of amino acids by dietary fibre and wheat bran. Nutr. Rep. Int. 34: 135-140
- Huisman, J.; van Weerden, E.J.; Hof, G.; van Hellemond, K.K.; van Leeuwen, P. 1985. The effect of insertion of re-entrant cannulae on digestive processes. Proc. 3rd Int. Symposium on Digestive Physiology in the Pigs, Kollekolle, Denmark; 341-343
- Imbeah, M.; Sauer, W.C.; Mosenthin, R. 1988. The prediction of the digestible amino acid supply in barley, soybean meal or canola meal diets and pancreatic enzyme secretion in pigs. J. Anim. Sci. 66: 1409-1417
- Ivan, M. and Farrell, D.J. 1976. Nutritional evaluation of wheat. 5. Disappearance of components in digesta of pigs prepared with two re-entrant cannulae. Anim. Prod. 23 : 111-119
- Jansman, A.J.M.; Verstegen, M.W.A.; Huisman, J.; van der Berg, J.W.O. 1995. Effects of hulls of faba beans (*Vicia faba* L.) with a low or high content of condensed tannins on the apparent ileal and fecal digestibility of nutrients and excretion of endogenous protein in ileal digesta and feces of pigs. J. Anim. Sci. 73: 118-127
- Jondreville, C., Van den Broecke, J., Gatel, F., Grosjean, F., Van Cauwenberghe, S., Seve, B. 2000. Ileal amino acid digestibility and estimates of endogenous amino acid losses in pigs fed rapeseed meal, sunflower meal and soybean meal. Can. J. Anim. Sci. 80 : 495-506

- Jondreville, C., Van den Broecke, J., Gatel, F., Grosjean, F., Van Cauwenberghe, S. 1995. Ileal digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs In: Eurolysine, BP 248.09, 16 rue Ballu and Technical Institute for Cereals and Forages (ITCF), 8 avenue du President Wilson, Paris, France.
- Jones, R.W.; Lin, F.; Tanksley, T.D.Jr.; Knabe, D.A. 1981. Digestibility of amino acids in soybean, cottonseed and meat and bone meals in growing pigs. Texas A&M University Swine Short Course Proceedings, College Station, Texas, pp. 91-101
- Jørgensen, H.; Sauer, W.C.; Thacker, P.A. 1984. Amino acid availabilities in soybean meal, sunflower meal, fish meal and meat and bone meal fed to growing pigs. J. Anim. Sci. 58: 926-934
- Just, A. 1983. The role of the large intestine in the digestion of nutrient and amino acid utilization in monogastrics. In: R. Pion, M. Arnal, D. Bonin. (eds.): Proceedings of the 4th Int. Symposium on Protein Metabolism and Nutrition, Vol. I, Clermont-Ferrand, France; 289-309
- Just, A.; Sauer, W.C.; Bech-Anderson, S.; Jorgensen, H.H.; Eggum, B.O. 1980. The influence of the hindgut microflora on the digestibility of protein and amino acids in growing pigs elucidated by addition of antibiotics to different fractions of barley. Z. Tierphysiol. Tierernaehr. Futtermittelkd. 43 : 83-91
- Kemme, P.A.; Jongbloed, A.W.; Mroz, Z.; Makinen, M. 1994. Effect of microbial phytase and phytate on ileal amino acid digestibility of the maize-soybean meal diet in pigs. In: 3. Tagung "Schweine-und Gefluegelernaehrung" Halle/Saale, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, pp. 139-142
- Khan, N. and Cole, D.J.A. 1993. The effect of dietary inclusion of phytase and yeast on apparent phosphorus digestibility in pigs. In: Proc. Of winter meeting „British Society of Animal Production“ Scarborough, England, p.2
- Kik, M.J.L.; Rojer, J.M.; Mouwen, J.M.V.M.; Koninkx, J.F.J.G.; van Dijk, J.E.; van der Hage, M.H. 1989. The interaction between plant lectins and the small intestinal epithelium: a primary cause of intestinal disturbance. Vet. Quar. 11 (2): 108-115

- Knabe, D.A. 1990. Use of available amino acids in diet formulation in Swine. In: Proc. 1990 Georgia Nutrition Conference for the Feed Industry. University of Georgia, Atlanta; 201-217
- Knabe, D.A.; Larue, D.C.; Gregg, E.J.; Martinez, G.M.; Tanksley, T.D.JR. 1989. Apparent digestibility of nitrogen and amino acids in protein feedstuffs by growing pigs. J. Anim. Sci. 67: 441-458
- Koehler, T.; Huisman, J.; Den Hartog, Leo.A.; Mosenthin, R. 1990a. Comparison of different digesta collection methods to determine the apparent digestibilities of the nutrients at the terminal ileum in pigs. J. Sci. Food. Agric. 53 : 465-475
- Koehler, T.; Mosenthin, R.; Verstegen, M.W.A.; den Hartog, L.A.; Huisman, J.; Aherns, F. 1990b. Ein Vergleich unterschiedlicher Methoden zur Sammlung von Duenn darmchymus beim Schwein. 44 Tagung der Gesellschaft fuer Ernaehrungsphysiologie der Haustiere, Goettingen; 42
- Kreuzer, M.; Roth, F.X.; Kirchgessner, M. 1989. Mikrobielle Umsetzungen im Enddarm von Sauen bei intracaecaler Infusion hoher Mengen an verschiedenen reinen Substraten. 1. Veraenderung der Verdaulichkeit von Stickstoff und Aminosaeuren. Landwirtsch. Forsch. 42: 72-92
- Kuiken, K.A. and Lyman, C.M. 1948. Availability of amino acid in some foods. J. Nutr. 36: 359-368
- Laplace, J.P.; Darcy-Vrillon, B.; Perez, J.M.; henry, Y.; Giger, S.; Sauvant, D. 1989. Associative effects between two fibre sources on ileal and overall digestibilities of amino acids, energy and cell-wall components in growing pigs. Br. J. Nutr. 61 : 75-87
- Laplace, J.P.; Darcy-Vrillon, B.; Picard, M. 1985. Evaluation de la disponibilite des acides amines: choix raisonne d'une methode. J. Rech. Porcine Fr. 17: 353-370
- Leibholz, J. 1985. An evaluation of total and digestible lysine as a predictor of lysine availability in protein concentrates for young pigs. Br. J. Nutr. 53: 615-624
- Lenis, N.P. 1980. Amino acids digestibility in the pigs: The role of the microflora in the large intestine and the contribution of the endogenous protein. Report IVVO Nr. 133, Lelystad, The Netherlands

- Lenis, N.P.; Bikker, P.; van der Meulen, J.; van Diepen, J.Th.M.; Bakker, J.G.M.; Jongbloed, A.W. 1996. Effect of dietary neutral detergent fibre on ileal digestibility and portal flux of nitrogen and amino acids and on nitrogen utilization in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 74: 2687-2699
- Li, S.; Sauer, W.C.; Hardin, R.T. 1994. Effect of dietary fibre level on amino acid digestibility in young pigs. *Can. J. Anim.* 74: 327-333
- Li, S.; Sauer, S.C.; Huang, S.X.; Mosenthin, R. 1994b. Effect of cellulase supplementation to barley based diet on digestibility of energy, β -glucans, amino acids in early-weaning pigs. In: *Proc. 6th Intern. Symp. "Digestive Physiology in Pigs"* (W.B. Souffrant, H. Hagemeister eds.). Bad Doberan, Germany. EAAP Publ. 80, pp. 357-359
- Mariscal Landin, G. 1992. Facteurs de variation de l'utilisation digestive des acides amines chez le porc. These d'Universite Rennes, F
- Marquardt, R.R. 1989. Dietary effects of tannins, vicine and convicine. In: J. Huisman, A.F.B. van der Poel, I.E. Liener (eds.): *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*, Pudoc, Wageningen, NL; 141-155
- Mason, V.C. 1984. Metabolism of nitrogenous compounds in the large gut. *Proc. Nutr. Soc.* 43 : 45-53
- Mosenthin, R.; Rademacher, M.; Sauer, W.C. 1997. Zur scheinbaren praezaekalen Verdaulichkeit von Aminosaeuren in Futtermitteln fuer Schweine. *Ueber. Tierern.* 25: 41-85
- Mosenthin, R.; Sauer, W.C.; Ahrens, F. 1994. Dietary pectin's effect on ileal and fecal amino acid digestibility and exocrine pancreatic secretions in growing pigs. *J. Nutr.* 124: 1222-1229
- Mosenthin, R.; Sauer, W.C.; Lien, K.A.; de Lange, C.F.M. 1993. Apparent, true and real protein and amino acids digestibilities in growing pigs fed two varieties of fababeans (*Vicia faba* L.) different in tannin content. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 70: 253-265
- Moughan, P.J.; Smith, W.C.; Pearson, G.; James, K.A.C. 1991. Assessment of apparent ileal lysine digestibility for use in diet formulation for the growing pig. *Anim. Feed Sci. Technol.* 34: 95-109

- Mroz, Z.; Jongbloed, A.W.; Kemme, P.A. 1994. Apparent digestibility and retention of nutrients bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. J. Anim. Sci. 72: 126-132
- Mroz, Z.; Jongbloed, A.W.; Kemme, P.A.; Duclos, L.; Bakker, G.C.M. 1995. The influence of different digesta collection systems on the ileal digestibility of N-bound nutrients in the pigs. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 4: 27 (Abstract)
- Mroz, Z.; Jongbloed, A.W.; Kemme, P.A.; Lenis, N.P. 1991. Ileal and overall digestibility of nitrogen and amino acids in a diet for pigs as influenced by *Aspergillus niger* Phytase and feeding frequency or levels. In: B.O. Eggum, S. Boisen, C. Børsting, A. Danfaer, T. Hvelplund (eds.): Proc. 6th Int. Symposium on Protein Metabolism and Nutrition, Herning, DK, EAAP Publ. 59 (2); 225-227
- Nongyao, A.; Han, In.K.; Choi, Yun. J.; Lee, N.H. 1990a. Amino acid digestibility as affected by various fiber sources and levels. 1. Difference between ileal and fecal digestibility of amino acids. AJAS. 3(4). 347-351
- Nongyao, A.; Han, In.K.; Choi, Yun.J. Lee, N.H. 1990b. Amino acid digestibility as affected by various fiber sources and levels. 2. The relationship between fiber levels and amino acids digestibility. AJAS. 3(4). 353-361
- Nongyao, A.; Han, In.K.; Choi, Y.J. 1991a. Amino acids digestibility to pigs in various fiber sources: 1. Apparent digestibility of amino acids in ileal digesta and feces. AJAS. 4(2):169-176
- Nongyao, A.; Han, In.K.; Choi, Y.J. 1991b. Amino acids digestibility to pigs in various fiber sources: 2. True digestibility of amino acids in ileal digesta and feces. AJAS. 4(2):211-218
- Ozimek, L. and Sauer, W.C. 1985. The effect of soybean protease inhibitors on ileal and fecal amino acid digestibility and pancreatic enzyme secretion. J. Anim. Sci. 61 (Suppl. 1), 184-185
- Paraksa, N. 1998. Ileal and faecal digestibility of amino acids and requirement of ileal digestible lysine for European growing and finishing pigs under tropical conditions. Ph.D. Thesis. Justus-Liebig University, Germany. 144p.

- Partridge, I.G.; Simon, O.; Bergner, H. 1986. The effect of treated straw meal on ileal and fecal digestibility of nutrients in pigs. *Arch. Tierern.* 36: 351-359
- Picard, M.; Bertrand, S.; Genin, F.; Maillard, M. 1984. Digestibilite des acides amines: interest de la technique du shunt ile-rectal chez le porc. *J. Rech. Porc. France.* 16: 353
- Poppe, S.; Meier, H.; Bennke, H.J.; Stüwe, E. 1983a. Zur Protein- und Aminosäuren-verdaulichkeit in verschiedenen Darmabschnitten beim Schwein. 1. Mitteilung: Eiweißträger tierischer Herkunft. *Arch. Tierern.* 33: 155-165
- Poppe, S.; Meier, H.; Bennke, H.J.; Stüwe, E. 1983b. Zur Protein- und Aminosäuren-verdaulichkeit in verschiedenen Darmabschnitten beim Schwein. 2. Mitteilung: Eiweißträger pflanzlicher Herkunft. *Arch. Tierern.* 33: 379-387
- Potkins, Z.V.; Lawrence, T.L.J.; Thomlinson, J.R. 1991. Effects on ileal apparent digestibility in growing pigs of replacing barley with bran, oatmeal by-product, guar gum and pectin. *Anim. Feed Sci. Technol.* 35: 171-179
- Pusztai, A. 1989. Biological effects of dietary lectins. In: J. Huisman, A.F.B. van der. Poel, I.E. Liener (eds.): *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*, Pudoc, Wageningen; 17-29
- Pusztai, A.; Ewen, S.W.B.; Grant, G.; Peumans, W.J.; van Damme, E.J.M.; Rubio, L.; Bardocz, S. 1990. Relationship between survival and binding of plant lectins during small intestine passage and their effectiveness as growth factors. *Digestion.* 46: 308-316
- Rademacher, M.; Mosenthin, R.; Sauer, W.C. 1996. Die Anwendung des Konzeptes der praecaecalen Aminosäurenverdaulichkeit in der Rationsgestaltung von Mastschweinen. 4 Tagung " Schweine- und Geflügelnahrung ", Halle/Saale; 133-136
- Rademacher, M.; Sauer, W.C.; Jansman, A.J.M. 1999. Standardized ileal digestibility of amino acids in pigs. Degussa-Huels AG, Feed Additives Division, Hanau, Germany
- Rudolph, B.C.; Boggo, L.S.; Knabe, D.A.; Tanksley, T.D.Jr. and Anderson, S.A. 1983. Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean products for pigs. *J.Anim.Sci.* 57 : 373-386

- Sauer, W.C. 1976. Factors influencing amino acid digestibility for cereal grains and their components for growing monogastric animals. Ph. D. Thesis, University of manitoba, Winnipeg, Manitoba
- Sauer, W.C.; Cichon, R.; Misir, R. 1982a. Amino acid availability and protein quality of canola and rapeseed meal for pigs and rats. J.Anim.Sci. 54 : 292-301
- Sauer, W.C.; Dugan, M.; de Lange, C.F.M.; Imbeah, M.; Mosenthin, R. 1989. Considerations in methodology for the determination of amino acid digestibilities in feedstuffs for pigs. In: M. Friedmann (ed.): Absorption and Utilization of Amino Acids, Vol. III, CRC Press Inc, Boca Ration, Florida; 217-230
- Sauer, W.C.; Fan, M.Z.; Li, S.; Lien, K.A.; Mosenthin, R. 1991a. Amino acid digestibility in swine. In: Proc. Feed Technology. Seoul, Korea; 5-28
- Sauer, W.C.; Jaikaran, S.; Lien, K.A. 1990. The nutritive value of peas for swine. In: D. Engstrom, J. Martin (eds.): Proc. 11th Western Nutrition Conference, University of Alberta, Edmonton, CDN; 19-25
- Sauer, W.C.; Jorgensen, H.; Misir, R. 1982b. Determining amino acid availabilities for swine-ileal or faecal analysis. Feedstuffs. 54(52): 12-15
- Sauer, W.C.; Just, A.; Jorgensen, H. 1982c. The influence of daily feed intake on the apparent digestibility of crude protein, amino acids, calcium and phosphorus at the terminal ileum and overall in pigs. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 48: 177-182
- Sauer, W.C.; Just, A.; Jorgensen, H.; Fekadu, M.; Eggum, B.O. 1980. The influence of diet composition on the apparent digestibility of crude protein and amino acids at the terminal ileum and overall in pigs. Acta. Agric. Scand. 30: 449-459
- Sauer, W.C.; Kennelly, J.J.; Ahern, F.X.; Cichon, R.M. 1981. Availabilities of amino acids in corn, wheat and barley for growing pigs. Can. J. Anim. 57: 585-597
- Sauer, W.C.; Mosenthin, R.; Ahrens, F.; den Hartog, L.A. 1991b. The effect of source of fibre on ileal and fecal amino acid digestibility and bacterial nitrogen excretion in growing pigs. J. Anim. Sci. 69: 4070-4077

- Sauer, W.C. and Ozimek, L. 1986. Digestibility of amino acids in swine: Results and their practical application: A review. *Livest. Prod. Sci.* 15: 367-388
- Sauer, W.C.; Stothers, S.C.; Parker, R.J. 1977b. Apparent and true digestibilities of amino acids in wheat and milling by products for growing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 57: 775-784.
- Sauer, W.C.; Stothers, S.C.; Phillips, G.D. 1977a. Apparent availabilities of amino acids in corn, wheat and barley for growing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 57: 585-597.
- Schneeman, B.O. 1978. Effect of plant fibre on lipase, trypsin and chymotrypsin activity. *J. Food Sci.* 43: 634-636
- Schroeder, H.; Schulz, E.; Oslage, H.J. 1989a. Zur Verdaulichkeit von Aminosaeuren in unterschiedlichen Abschnitten des Verdauungstraktes bei wachsenden Schweinen. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 61: 145-158.
- Schroeder, H.; Schulz, E.; Oslage, H.J. 1989b. Einfluss unterschiedlicher Kanuelentechniken Fersterkanuele vs Umleitungskanuele auf die praecaecal gemessene Verdaulichkeit von N-Verbindungen. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 61: 169-178.
- Schulz, E. and Boehme, H. 1995. Bedeutung der praecaecalen Lysinverdaulichkeit in der Fuetterung von Schweinen. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 4: 21
- Schulze, H.; Saini, H.S.; Huisman, J.; Hessing, M.; van der Berg, W.; Verstegen, M.W.A. 1995a. Increased nitrogen secretion by inclusion of soya lectin in the diets of pigs. *J. Sci. Feed Agric.* 69: 501-510
- Schulze, H.; Van Leeuwen, P.; Verstegen, M.W.A.; Van den Berg, J.W.O. 1995. Dietary level and source of neutral detergent fiber and ileal endogenous nitrogen flow in pigs. *J. Anim. Sci.* 73 : 441-448
- Tanksley, T.D.Jr. and Knabe, D.A. 1984. Ileal digestibilities of amino acids in pig feeds and their use in formulating diets. In: W. Haresigh, D.J.A. Cole (eds.): *Recent Advances in Animal Nutrition*, Butterworths, London; 75-95

- Tanksley, T.D.Jr.; Knabe, D.A.; Purser, K.; Zebrowska, T.; Corley, J.R. 1981. Apparent digestibility of amino acids and nitrogen in three cottonseed meals and one soybean meal. *J. Anim. Sci.* 52: 769-777
- Tartrakoon, W.; Thinggaard, G.; Chakeredza, S.; Vearasilp, T.; Meulen, U.ter. 1999. An evaluation of feedstuffs quality for pigs in Thailand .2. Ileal and faecal digestibilities of crude protein and Amino acids in soybean, peanut and sesame meals. *Thai. J. Agric.Sci.* 32(4): 453-464
- Tartrakoon, W.; Thinggaard, G.; Tartrakoon, T.; Chalearmsan.; Vearasilp, T.; Meulen, U.ter. (in published). An evaluation of Feedstuffs Quality for pigs in Thailand 3. Use of apparent ileal crude protein and amino acid digestibilities of soybean, peanut and sesame meals in ration formulation for diets of growing –finishing pigs. Dept. Anim.Sci., Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai. Thailand
- Taverner, M.R. and Farrell, D.J. 1981a. Availability to pigs of amino acids in cereal grains. 3. A comparision of ileal availability values with faecal, chemical and enzymic estimates. *Br. J. Nutr.* 46: 173-180
- Taverner, M.R. and Farrell, D.J. 1981b. Availability to pigs of amino acids in cereal grains: Factors influencing the availability of amino acids and energy in grains. *Br. J. Nutr.* 46: van Leeuwen, P.; Huisman, J.; Verstegen, M.W.A.; Baak, M.J.; van Kleef, D.J.; van Weerden, E.J.; den Hartog, L.A. (1988): A new technique for collection of ileal chyme in pigs. In: L. Buraczewska, S. Buraczewski, B. Pastuszezwska, T. Zebrowska (eds.): *Digestive Physiology in the Pigs*. Institute of Animal Physiology and Nutrition, Jablonna, Poland; 289-296
- van Leeuwen, P.; Huisman, J.; Verstegen, M.W.A.; Baak, M.J.; van Kleef, D.J.; van Weerden, E.J.; den Hartog, L.A. 1988. A new technique for collection of ileal chyme in pigs. In: L. Buraczewska, S. Buraczewski, B. Pastuszezwska, T. Zebrowska (EDS.): *Digestive Physiology in the Pigs*. Institute of Animal Physiology and Nutrition, Jablonna, Poland; 289-296
- Vanbarneveld, R.J.; Batterham, E.S.; Norton, B.W. 1994. The effect of heat on amino acids for growing pigs.1 A comparision of ileal and faecal diegstibility of amino acids in raw and heated treated field peas (*Pisum Sativum Cultivar Dundale*). *Br. J. Nutr.* 72 : 221-224

- Vandergrift, W.L.; Knabe, D.J.; Tanksley, T.D.Jr. ; Anderson, S.A. 1983. Digestibility of nutrients in raw and heated soyflakes for pigs. *J. Anim. Sci.* 57: 1215-1224
- Wang, T.L. and Fuller, M.F. 1990. The effect of the plane of nutrition on the optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. *Anim. Prod.* 50: 155-164
- Weerden, E.J. van.; Slump, P.; van Leeuwen, P.; Huisman, J.1988. Ileal and faecal digestibility of amino acids in pigs (1980-1987). Final report(in Dutch). Report ILOB-TNO No. 599, Wageningen, The Netherlands.
- Wieseman, J.; Jagger, S.; Cole, D.J.A.; Haresigh, W. 1991. The digestion and utilization of amino acids of heat-treated fish meal by growing/finishing pigs. *Anim. Prod.* 53: 215-225
- Wuensche, J.; Hennig, U.; Souffrant, W.B.; Kreienbring, F. 1990. Untersuchungen zur praezaekalen Rohproteinverdaulichkeit und Aminosaeurenresorption von Lupinen beim Schwein. *Arch. Tierern.* 40: 831-839
- Yin, Y.L.; Huang, R.L.; Zhang, H.Y.; Chen, C.M.; Li, T.J.; Pan, Y.F. 1993. Nutritive value of feedstuffs and diets for pigs. 1. Chemical composition, apparent ileal and faecal digestibilities. *Anim. Feed Sci. Technol.* 44: 1-27.
- Zebrowska, T. 1982. Nitrogen digestion in the large intestine. In: J.P. Laplace, T. Corring, A. Rerat (eds.): *Proc. 2nd. Int. Symposium on Digestive Physiology in the Pigs.* Jouy-en-Josas, Versailles, Institut National de la Recherche Agronomique, Paris; 225-236
- Zebrowska, T. and Buraczewski, S. 1977. Digestibility of amino acids along the gut of pigs. *Proc. II Int. Symp. Protein Metabolism and Nutrition, Flevohof, The Netherlands*, pp. 82-85
- Zebrowska, T.; Buraczewska, L.; Buraczewski, S. 1978a. The apparent digestibility of amino acids in the small intestine and in the whole digestive tract of pigs fed diets containing different sources of protein. *Roczn. Nauk. Roln.* B-99: 87-98
- Zebrowska, T.; Buraczewska, L.; Pastuszewska, B.; Chamberlain, A.; Buraczewski, S. 1978b. Effect of diet and method of collection on amino acid composition of ileal digesta and digestibility of nitrogen and amino acids in pigs. *Roczn. Nauk. Roln., Ser. B-99*: 75-83

- Zebrowska, T.; Buraczewska, L.; Zebrowska, H. 1981a. Apparent digestibility of nitrogen and amino acids of cereal grains in pigs. In: T. Zebrowska, L. Buraczewska, S. Buraczewski, J. Kowalczyk, B. Pastuszewska (eds.): Proc. 6th Int. Symposium on Amino Acids, Polish Scientific Publishers, Warsaw, PL; 128-132
- Zebrowska, T.; Buraczewska, L.; Zebrowska, H. 1981b. Influence of crude fibre on apparent digestibility of nitrogen and amino acids in growing pigs. In: T. Zebrowska, L. Buraczewska, S. Buraczewski, J. Kowalczyk, P. Pastuszewska (eds.): Proc. 6th. Int. Symposium on Amino acids, Polish Scientific Publishers, Warsaw, PL; 143-146
- Zebrowska, T.; Tanksley, T.D.Jr.; Knabe, D.A. 1979. Amino acid availability in four high protein feedstuffs in growing pigs. Texas A&M University Swine Short Course Proceedings, College Station, Texas, pp. 67-75
-