บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การศึกษาค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหาร เพื่อวัดการย่อยได้จากตัวสัตว์จริง (*in vivo* method)

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ (Apparent digestibility) สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากอาหารผสม ปลายข้าว-กากถั่วเหลือง มีค่าเท่ากับ 72.46, 81.41, 87.15 และ 74.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหาร ของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 74.65, 84.30, 86.53 และ 71.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็นทั้ง 7 ตัว ระหว่างสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กกับทั้งระบบทางเดินอาหาร พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็นโดยส่วนใหญ่ สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กและทั้งระบบทางเดินอาหาร (80.76 และ 81.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) มีค่าใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับผลการศึกษาการย่อยได้ของโปรตีน (Nx6.25) จากสูตรกากถั่วเหลืองและสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กและทั้งระบบทางเดินอาหาร มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Sauer and Ozimek (1986) ที่รายงานว่า วัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนและกรดอะมิโน และมีคุณภาพดี ผลการศึกษาการย่อยได้ของโปรตีน สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กและทั้งระบบทางเดินอาหารจะไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนหรือกรดอะมิโนคุณภาพต่ำ เนื่องจากวัตถุดิบอาหารที่มีคุณภาพดี จะประกอบด้วยโปรตีนหรือกรดอะมิโนจำเป็นสูง ทำให้เกิดการย่อยและการดูดซึมบริเวณลำไส้เล็ก เป็นไปแบบสมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนหรือกรดอะมิโนสูง ทำให้สัตว์สามารถนำโปรตีนหรือกรดอะมิโนไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนทรีโอนีน จากอาหารผสม ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง มีค่าเท่ากับ 73.50, 80.83, และ 80.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าใกล้เคียงกับ รายงานของ Tartrakoon (2000) ซึ่งมีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 71.6, 78.50 และ 78.80 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ ในขณะที่ การย่อยได้ของกรดอะมิโนไลซีน (82.41 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงกว่า ที่รายงานไว้โดย Tartrakoon (2000) (86.50 เปอร์เซ็นต์) และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ ทั้งระบบทางเดินอาหารของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และกรดอะมิโนทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 76.79, 85.78, 77.26 และ 79.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และกรดอะมิโนไลซีน มีค่าสูงกว่าที่รายงานไว้ โดย Tartrakoon (2000) ซึ่งมีค่าการย่อยได้ เท่ากับ 81.90 และ 83.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนทรีโอนีน มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Otto *et al*. (2003) (76.57 เปอร์เซ็นต์) จะเห็นได้ว่า ผลการศึกษาในครั้งนี้ มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็น มีค่าแตกต่างจากรายงานต่าง ๆ ซึ่งน่าจะเกิดจากปัจจัยทางตัวสัตว์ สัตว์ที่มีอายุหรือน้ำหนักต่างกัน จะทำให้การย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนต่างกันด้วย ซึ่ง Sangild (2001) รายงานว่า สัตว์ที่มีอายุน้อยกว่าจะมีการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนต่ำกว่าสัตว์ที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว เนื่องจากน้ำหนักและอวัยวะต่างๆ และระบบการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ทำงานได้เต็มที่แล้ว และการย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็นทั้ง 7 ตัว สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กและทั้งระบบทางเดินอาหาร ปรากฏว่า การย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหาร (82.25 เปอร์เซ็นต์) มีค่าใกล้เคียงกับการย่อยได้บริเวณสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก (80.24 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับ Sauer and Ozimek (1986) ที่รายงานว่า วัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนหรือกรดอะมิโน ที่มีคุณภาพดี ผลการศึกษาการย่อยได้ของโปรตีน สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กและทั้งระบบทางเดินอาหาร จะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนหรือกรดอะมิโนคุณภาพต่ำ เนื่องจากวัตถุดิบอาหารที่มีคุณภาพดี จะประกอบด้วยโปรตีนหรือกรดอะมิโนจำเป็นสูง ทำให้เกิดการย่อยและการดูดซึมบริเวณลำไส้เล็ก เป็นไปแบบสมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนหรือกรดอะมิโนสูง ทำให้สัตว์สามารถนำโปรตีนหรือกรดอะมิโนไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของโปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากอาหารกึ่งบริสุทธิ์ แป้งมันสำปะหลัง-กากถั่วเหลือง มีค่าเท่ากับ 85.78, 82.03 และ 75.45 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Rudolph *et al*. (1983); Tanksley *et al*. (1981); Green and Kiener (1989) คือ 81.60±2.3, 86.70±2.00 และ 76.90±3.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนไลซีน จากการทดลองครั้งนี้ มีค่าสูงกว่า รายงานของ ปริญญา (2540) (88.66 เปอร์เซ็นต์) และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ ทั้งระบบทางเดินอาหารของโปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 83.10, 81.87 และ 76.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใกล้เคียงกับรายงานของ ปริญญา (2540) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 80.89, 79.82 และ 74.49 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามลำดับ ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น ระหว่างการทดลองครั้งนี้กับค่าการย่อยได้ที่รายงานไว้ อาจเกิดจากองค์ประกอบทางเคมีในสูตรอาหารที่ต่างกัน (Den Hartog *et al*. 1988; Smits and Annison, 1996) ซึ่งพบว่า อาหารกึ่งบริสุทธิ์ แป้งมันสำปะหลัง-กากถั่วเหลือง ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และปริมาณแป้งมันสำปะหลัง (17.49, 5.02, 7.93 และ 69.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ปริญญา, 2540) มีค่าสูงกว่าการทดลองในครั้งนี้ (15.42, 2.69, 4.06 และ 57.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สังเกตเห็นว่า ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ประกอบในสูตรอาหาร จากแป้งมันสำปะหลัง-กากถั่วเหลือง จากรายงานของ ปริญญา (2540) ประกอบด้วย แป้งมันสำปะหลังและไขมัน หรือแหล่งให้พลังงาน ปริมาณสูงกว่าการทดลองครั้งนี้ เนื่องจากแป้งหรือแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ให้พลังงาน มีผลให้จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่มีการย่อยสลาย หรือสังเคราะห์โปรตีนและกรดอะมิโนเพิ่มขึ้น โดยแป้งที่เหลือจากการย่อยและการดูดซึมจากลำไส้เล็ก จุลินทรีย์จะนำไปใช้ประโยชน์ (Mason, 1984) โดยจุลินทรีย์จะจับกับสารประกอบไนโตรเจน เช่น แอมโมเนีย และเอมีน เป็นต้น และเพปไทด์สายสั้นๆ และกรดอะมิโนอิสระ ที่ไม่ถูกย่อยและดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็ก จะถูกนำไปสร้างเป็นโปรตีนของตัวมันเอง (microbial protein) ซึ่งอัตราการสร้างจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับคาร์โบไฮเดรต หรือแหล่งให้พลังงาน (บุญล้อม, 2541) กรณีที่พลังงานมีจำกัดหรือมีไม่เพียงพอ จุลินทรีย์จะหมักย่อยแหล่งโปรตีน เพื่อนำ พลังงานมาใช้สำหรับกิจกรรมของจุลินทรีย์ แต่ถ้ามีพลังงานเพียงพอ จุลินทรีย์จะนำสารประกอบไนโตรเจน และกรดอะมิโนมาสร้างเป็นโปรตีนของตัวมันเอง (Thacker *et al*., 1984) ซึ่ง Misir and Sauer (1982) รายงานว่า การให้อาหารกึ่งบริสุทธิ์ โดยมีวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีน คือ เนื้อและกระดูกป่น และกากถั่วเหลือง จะทำให้มีการขับไนโตรเจนออกมาทางมูลปริมาณมากขึ้น ทำให้การย่อยได้ของโปรตีน จากสูตรเนื้อและกระดูกป่น มีค่าการย่อยได้ลดลง จาก 84.70 เหลือ 82.20 เปอร์เซ็นต์ และการย่อยได้ของกรดอะมิโนอาร์จินีน และทรีโอนีน จากสูตรกากถั่วเหลือง ลดลง 2.10 และ 10.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ Zebrowska *et al*. (1983) ทดลองฉีดแป้งสาลีเข้าสู่ไส้ติ่งของสุกร พบว่า การย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหารของโปรตีนลดลง 3-4 เปอร์เซ็นต์ และการย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหาร ของกรดอะมิโน ลดลง 4-7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหตุผลดังกล่าวสามารถอนุมานว่า ในสูตรอาหารของ ปริญญา (2540) มีแหล่งพลังงานเพียงพอ หรือมากเกินพอสำหรับจุลินทรีย์ จุลินทรีย์จึงใช้สารประกอบไนโตรเจนและกรดอะมิโนที่เหลือจากการย่อยและดูดซึมจากลำไส้เล็ก สร้างเป็นโปรตีนของตัวมันเอง (Thacker *et al*., 1984) ทำให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนมากขึ้น หรือมีปริมาณกรดอะมิโนในมูลเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก microbial protein มีโครงสร้างเหมือนกับกรดอะมิโนที่มาจากอาหาร หรือ สารเอ็นโดจีนัส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ซับแสตน (Mason, 1984) จึงส่งผลให้การย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยส่วนใหญ่ ทั้งระบบทางเดินอาหาร จากการทดลองครั้งนี้มีค่าต่ำกว่ารายงานของ ปริญญา (2540)

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากอาหารกึ่งบริสุทธิ์ แป้งมันสำปะหลัง-กากทานตะวัน-กากถั่วเหลือง มีค่าเท่ากับ 68.57, 79.13, 79.02 และ 87.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหารของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 71.93, 84.25, 75.32 และ 88.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็นทั้ง 7 ตัว ระหว่างสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กกับทั้งระบบทางเดินอาหาร พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนทั้งระบบทางเดินอาหาร (87.58 เปอร์เซ็นต์) มีค่าใกล้เคียงกับ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก (87.10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับ Sauer and Ozimek (1986) ที่รายงานว่า วัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนหรือกรดอะมิโน ที่มีคุณภาพดี ผลการศึกษาการย่อยได้ของโปรตีนสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กและทั้งระบบทางเดินอาหาร จะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนหรือกรดอะมิโนคุณภาพต่ำ เนื่องจากวัตถุดิบอาหารที่มีคุณภาพดีจะประกอบด้วยโปรตีนหรือกรดอะมิโนจำเป็นสูง ทำให้เกิดการย่อยและการดูดซึมบริเวณลำไส้เล็กเป็นไปแบบสมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนหรือกรดอะมิโนสูง ทำให้สัตว์สามารถนำโปรตีนหรือกรดอะมิโนไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และกรดอะมิโนทรีโอนีน จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ ปลายข้าว มีค่าเท่ากับ 71.64, 78.66, 86.85 และ 73.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหารของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และกรดอะมิโนทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 73.79, 81.63, 86.23 และ 70.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็นระหว่างสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก และทั้งระบบทางเดินอาหาร พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ทั้งสองบริเวณมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Sauer and Ozimek (1986) ที่รายงานว่า วัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนหรือกรดอะมิโน ที่มีคุณภาพดี ผลการศึกษาการย่อยได้ของโปรตีน สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กและทั้งระบบทางเดินอาหาร จะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนหรือกรดอะมิโนคุณภาพต่ำ เนื่องจากวัตถุดิบอาหารที่มีคุณภาพดี จะประกอบด้วยโปรตีนหรือกรดอะมิโนจำเป็นสูง ทำให้เกิดการย่อยและการดูดซึมบริเวณลำไส้เล็ก เป็นไปแบบสมบูรณ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และมีประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนหรือกรดอะมิโนสูง ทำให้สัตว์สามารถนำโปรตีนหรือกรดอะมิโนไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และกรดอะมิโนทรีโอนีน จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ ข้าวโพด มีค่าเท่ากับ 72.67, 78.05, 81.19 และ 79.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งพบว่า การย่อยได้ของโปรตีน และกรดอะมิโนไลซีน มีค่าใกล้เคียงกับที่รายงานไว้ คือ 74.60±9.70 และ 77.30±4.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ การย่อยได้ของกรดอะมิโนทรีโอนีน มีค่าสูงกว่าที่รายงานไว้ คือ การย่อยได้ของกรดอะมิโนทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 53.80-78.9 เปอร์เซ็นต์ (Sauer *et al.*, 1977a, 1977b; Taverner and Farrell, 1981; Stein *et al.*, 2001; Lin, 1983; Poppe *et al.*, 1983) และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหารของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 75.92, 83.09, 76.03 และ 78.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของของกรดอะมิโนจำเป็นทั้ง 7 ตัว พบว่า การย่อยได้ของกรดอะมิโน ทั้งสองบริเวณ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) คือ 79.06 และ 81.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Sauer and Ozimek (1986) ที่รายงานว่า วัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนหรือกรดอะมิโน ที่มีคุณภาพดี ผลการศึกษาการย่อยได้ของโปรตีน สิ้นสุดที่ปลาย ลำไส้เล็กและทั้งระบบทางเดินอาหาร จะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนหรือกรดอะมิโนคุณภาพต่ำ เนื่องจากวัตถุดิบอาหารที่มีคุณภาพดี จะประกอบด้วยโปรตีนหรือกรดอะมิโนจำเป็นสูง ทำให้เกิดการย่อยและการดูดซึมบริเวณลำไส้เล็ก เป็นไปแบบสมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนหรือกรดอะมิโนสูง ทำให้สัตว์สามารถนำโปรตีนหรือกรดอะมิโนไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ กากถั่วเหลือง มีค่าเท่ากับ 80.82, 85.76, 81.61 และ 84.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า การย่อยได้ของของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนไลซีน มีค่าใกล้เคียงกับที่รายงานไว้ มีค่าระหว่าง 79.70-81.20, 71.40-90.20 และ 85.00-93.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ยกเว้นการย่อยได้ของกรดอะมิโนทรีโอนีน มีค่าต่ำกว่าที่รายงานไว้ คือ การย่อยได้มีค่าเท่ากับ 87.70-96.30 เปอร์เซ็นต์ (Mariscal-Landin *et al.*, 1995; Grala, 1998; Stein *et al.*, 1999) และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหารของของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโน ไลซีน และทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 84.50, 83.09, 81.53 และ 76.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่า ใกล้เคียงกับรายงานไว้ 84.30, 81.00, 80.90 และ 76.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Tartrakoon, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากวัตถุดิบอาหาร กากทานตะวัน มีค่าเท่ากับ 66.94, 76.36, 72.26 และ 83.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานต่าง ๆ โดยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน และกรดอะมิโนไลซีน มีค่าระหว่าง 73.00-80.00 และ 73.80-79.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของทรีโอนีน มีค่าสูงกว่าที่รายงานไว้ ซึ่งมีค่าระหว่าง 69.00-73.00 เปอร์เซ็นต์ (Van Leeuwan *et al.*, 1991; Knabe *et al*., 1989; Green and Kiener, 1989; Szabó *et al*., 2001; Jørgensen *et al*., 1984) อาจเนื่องมาจากปริมาณเยื่อใยที่ต่างกันของกากทานตะวัน ซึ่ง Gdala *et al*. (1991); Smits *et al*. (1991); Schulze *et al*. (1998); Graham *et al*. (1986); Low (1982b); Drochner (1991) รายงานว่า เยื่อใยที่มีในสูตรอาหารมีผลลดการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโน เยื่อใยที่สูงขึ้นในสูตรอาหารมีผลให้การเคลื่อนตัวของอาหารเร็วขึ้น โอกาสที่น้ำย่อยจะย่อยได้จึงลดลง (Just *et al*., 1983; Murray *et al*., 1977) สอดคล้องกับ Schneeman (1978) ที่รายงานว่า เยื่อใย มีผลขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน จึงทำให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหารลดลง และสอดคล้องกับ Mosenthin and Henkel (1978) อ้างโดย Mosenthin *et al*. (1992) โดยพบว่า เยื่อใยที่ผ่านการย่อยและดูดซึมจากบริเวณลำไส้เล็ก จะเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ และส่งผลให้สุกรขับไนโตรเจนออกทางมูลมากขึ้น และเพื่อรักษาความสมดุลย์ของไนโตรเจน การขับไนโตรเจนออกทางปัสสาวะจึงลดน้อยลง ซึ่งอนุมานได้ว่า ส่วนของไนโตรเจนและกรดอะมิโนที่หายไปจากปัสสาวะ จุลินทรีย์ได้นำไปใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนของตัวมันเอง ทำให้มีการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์สูงขึ้นในลำไส้ใหญ่สุกร ทำให้มีการขับไนโตรเจนออกมาทางมูลมากขึ้น จึงมีผลทำให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนทั้งระบบทางเดินอาหารมีค่าลดลง

5.2 การศึกษาค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหาร เพื่อวัดการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* method) โดยใช้น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนต้นของสุกร (duodenum)

จากผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็นจากสูตรอาหารผสม ปลายข้าว-กากถั่วเหลือง และข้าวโพด-กากถั่วเหลือง อาหารกึ่งบริสุทธิ์ แป้งมันสำปะหลัง-กากถั่วเหลือง และแป้งมันสำปะหลัง-กากทานตะวัน-กากถั่วเหลือง ระหว่างการย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กจากตัวสัตว์ (*in vivo* method) กับการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* method) โดยใช้น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนต้น ปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนโดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการมีค่าสูงกว่าการศึกษาในตัวสัตว์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับรายงานของ Graham *et al*. (1989) ได้รายงานว่า ค่าการย่อยในห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยใช้น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนต้นของสุกรมีค่าสูงกว่าการศึกษาในตัวสัตว์ เนื่องจากการศึกษาในตัวสัตว์ มีอิทธิพลเนื่องจาก สารเอ็นโดรจีนัส ซับแสตน จึงทำให้การย่อยได้ของโปรตีนสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กจากตัวสัตว์มีค่าสูงกว่าการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (Dierick *et al*., 1985) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ โดยการศึกษาทั้งสองวิธี จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็น โดยศึกษาในตัวสัตว์จาก ปลายข้าว-กากถั่วเหลือง ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง แป้งมันสำปะหลัง-กากถั่วเหลือง และแป้งมันสำปะหลัง-กากทานตะวัน-กากถั่วเหลือง (80.77, 80.24, 82.13 และ 87.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) มีค่าสูงกว่าการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (63.01, 61.82, 71.42 และ 53.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สังเกตเห็นว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็น โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการมีค่าต่ำกว่ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในตัวสัตว์ ทั้งนี้อาจเกิดจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการย่อยได้ที่ต่างกัน หรือมีข้อบกพร่องจากการเลียนแบบการทำงานของระบบทางเดินอาหารของสุกร เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ไปได้ดีภายใต้ภาวะของความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ ที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากภาวะความเป็นกรด-ด่าง หรืออุณหภูมิที่สูงเกินไป มีผลกระทบโดยตรงต่อประจุไฟฟ้าในโมเลกุลของทั้งเอนไซม์และซับสเตรต ซึ่งอาจทำให้โครงสร้างของเอนไซม์ซึ่งเป็นโปรตีนถูกทำลายสภาพธรรมชาติได้ จึงเป็นผลให้การทำงานของเอนไซม์ลดลง (Boyer, 1970)

จากผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็นจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ ปลายข้าว ข้าวโพด กากถั่วเหลือง และกากทานตะวัน ระหว่างการย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กจากตัวสัตว์ กับการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนต้น พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน จากปลายข้าว และกากทานตะวัน โดยการศึกษาในตัวสัตว์มีค่าสูงกว่าการศึกษาในห้องปฏิบัติการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 4 ชนิด พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็น โดยการศึกษาในตัวสัตว์มีค่าสูงกว่าการศึกษาในห้องปฏิบัติการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และจากตารางที่ 25 แสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก ของโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็น จากกากทานตะวัน สังเกตได้ว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็น โดยการศึกษาทั้งสองวิธี มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะการย่อยได้โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากเยื่อใยปริมาณสูงในกากทานตะวัน ทำให้การย่อยได้ของกากทานตะวันมีค่าต่ำ ทั้งนี้เนื่องจาก เยื่อใยมีผลขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยเอนไซม์ทริปซิน และเอนไซม์ไคโมทริปซิน สามารถจับกับเยื่อใยได้ดี จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อยได้ลดลง (Schneeman , 1978)

ความสัมพันธ์ของการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโน จากสูตรอาหารทุกๆ สูตร สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กจากตัวสัตว์และการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนต้นของสุกร

ผลการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และสมการทำนายความสัมพันธ์ ระหว่างวิธีการศึกษาในตัวสัตว์และการศึกษาในห้องปฏิบัติการ พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนไลซีนมีค่าสหสัมพันธ์สูงกว่ากรดอะมิโนตัวอื่น ๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.8000 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในการใช้สมการทำนายความสัมพันธ์ เท่ากับ 0.6400 และโปรตีนมีค่าสหสัมพันธ์สูงรองลงมา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.6682 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในการใช้สมการทำนายความสัมพันธ์ เท่ากับ 0.4465 ซึ่งสอดคล้องกับ Graham *et al.* (1989) พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนต้น มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับการย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กจากตัวสัตว์ เช่นเดียวกัน การย่อยได้โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยใช้เอนไซม์เปปซินร่วมกับโปรเนส มีความสัมพันธ์กับการย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กจากตัวสัตว์ (r=0.56) และสอดคล้องกับ รัตนา (2544) โดยพบว่า การย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยใช้น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนต้นมีความสัมพันธ์กับการย่อยได้ในตัวสัตว์ (r=0.56)

แต่อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และกรดอะมิโนเฟนนิลอะลานีน ลูซีน และอาร์จินีนมีค่าสหสัมพันธ์ต่ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0435, 0.3188, 0.3556 และ 0.2089 ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนทรีโอนีน เวลีน และไอโซลูซีน ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการศึกษาทั้งสองวิธี (ดังแสดงในตารางที่ 26) กรณีที่เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้งระหว่างการศึกษาในตัวสัตว์และในห้องปฏิบัติการ มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำ อาจมีอิทธิพลจากชนิดของเอนไซม์ ทั้งนี้เนื่องจาก การศึกษาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการไม่มีเอนไซม์สำหรับการย่อยของคาร์โบไฮเดรต ซึ่งคาร์โบไฮเดรตในสูตรอาหารจากการทดลองครั้งนี้ มีเยื่อใยและแป้งเป็นส่วนประกอบ จึงส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ระหว่างการศึกษาในตัวสัตว์และในห้องปฏิบัติการมีค่าสหสัมพันธ์ต่ำ นอกจากนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการวางแผนงานของผู้ทำการทดลองเอง เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ การศึกษาในตัวสัตว์กับการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใช้สุกรทดลองคนละชุด ซึ่งสัตว์แต่ละตัวมีการทำงานของเอนไซม์ต่างกัน (Sangild, 2001) จึงส่งผลให้การย่อยได้ ระหว่างการศึกษาในตัวสัตว์และในห้องปฏิบัติการ มีค่าต่างกัน

ปริมาณการทำงานของเอนไซม์

ปริมาณการทำงานของเอนไซม์ในน้ำย่อยสุกรส่วนต้นต่อมิลลิลิตร มีค่าปริมาณการทำงานของเอนไซม์เปปซิน ทริปซิน และไคโมทริปซิน เท่ากับ 4666.97, 10905.59 และ 3004.08 หน่วยต่อมิลลิลิตร ซึ่งถือว่ามีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ รัตนา (2544) ซึ่งมีปริมาณการทำงานของเอนไซม์เปปซิน ทริปซิน และไคโมทริปซิน เท่ากับ 5000, 94500 และ 3100 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีหากรดอะมิโนย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กในสุกรรุ่น ระหว่างวิธีการศึกษาในตัวสัตว์และการศึกษาในห้องปฏิบัติการแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองที่ 1 การศึกษาหาค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหาร เพื่อวัดการย่อยได้จากตัวสัตว์ โดยสุกรได้รับการผ่าตัดสอดท่อรูปตัวที (simple T-cannula) ที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย ให้อาหารผสม 2 สูตร คือ ปลายข้าว-กากถั่วเหลือง และข้าวโพด-กากถั่วเหลือง อาหารกึ่งบริสุทธิ์ 2 สูตร คือ แป้งมันสำปะหลัง-กากถั่วเหลือง และแป้งมันสำปะหลัง-กากทานตะวัน-กากถั่วเหลือง ซึ่งพบว่า

1. จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ (Apparent digestibility) สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากอาหารผสม ปลายข้าว-กากถั่วเหลือง มีค่าเท่ากับ 72.46, 81.41, 87.15 และ 74.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหาร ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากสูตรอาหารผสม ปลายข้าว-กากถั่วเหลือง มีค่าเท่ากับ 74.65, 84.30, 86.53 และ 71.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น ระหว่างสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กและทั้งระบบทางเดินอาหาร ปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ทั้งระบบทางเดินอาหารมีค่าสูงกว่าบริเวณสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ปริญญา, 2540) ในขณะที่ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็น ทั้งสองบริเวณมีค่าใกล้เคียงกัน (81.41 และ 84.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

2. จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของโปรตีน และกรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากอาหารผสม ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง มีค่าเท่ากับ 73.50, 80.83, 82.41 และ 80.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการย่อยได้ ทั้งระบบ-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทางเดินอาหารของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของโปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 76.79, 85.78, 77.26 และ 79.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็น ระหว่างสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กกับทั้งระบบทางเดินอาหาร ปรากฏว่า การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็น ทั้งสองบริเวณมีค่าใกล้เคียงกัน (82.25 และ 82.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

3. จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของโปรตีน และกรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากอาหารกึ่งบริสุทธิ์ แป้งมันสำปะหลัง-กากถั่วเหลือง มีค่าเท่ากับ 81.69, 85.78, 82.03 และ 75.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหารของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 85.44, 83.10, 81.87 และ 76.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และกรดอะมิโนจำเป็น ระหว่างสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กกับทั้งระบบทางเดินอาหาร ปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ทั้งระบบทางเดินอาหารมีค่าสูงกว่าบริเวณสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก มีแนวโน้มว่า มีค่าสูงกว่าทั้งระบบทางเดินอาหาร และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็น ทั้งสองบริเวณมีค่าใกล้เคียงกัน (82.15 และ 83.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

4. จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากอาหารกึ่งบริสุทธิ์ แป้งมีนสำปะหลัง-กากทานตะวัน-กากถั่วเหลือง มีค่าเท่ากับ 68.57, 79.13, 79.02 และ 87.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหารของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 71.93, 84.25, 75.32 และ 88.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็น ระหว่างสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กกับทั้งระบบทางเดินอาหาร ปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็น ทั้งสองบริเวณมีค่าใกล้เคียงกัน (87.10 และ 87.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

5. จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ คือ ปลายข้าว มีค่าเท่ากับ 71.64, 78.66, 86.85 และ 73.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหารของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 73.79, 81.63, 86.23 และ 70.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนจำเป็น ระหว่างสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กกับทั้งระบบทางเดินอาหาร ปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ทั้งระบบทางเดินอาหารมีค่าสูงกว่าบริเวณสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก อย่างมีนัยสำคัญทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สถิติ (P<0.05) ในขณะที่ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็น ทั้งสองบริเวณมีค่าใกล้เคียงกัน (79.91 และ 80.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

6. จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ คือ ข้าวโพด มีค่าเท่ากับ 72.67, 78.05, 81.19 และ 79.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหารของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 75.92, 83.09, 76.03 และ 78.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น ระหว่างสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กและทั้งระบบทางเดินอาหาร ปรากฏว่า การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็นทั้งสองบริเวณมีค่าใกล้เคียงกัน (79.06 และ 81.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

7. จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ คือ กากถั่วเหลือง มีค่าเท่ากับ 80.82, 85.76, 81.61 และ 75.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหารของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน มีค่าเท่ากับ 84.50, 83.09, 81.53 และ 76.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น ระหว่างสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กและทั้งระบบทางเดินอาหาร ปรากฏว่า การย่อยได้ของวัตถุแห้งสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กมีค่าสูงกว่าการย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น ทั้งสองบริเวณ มีค่าใกล้เคียงกัน (82.11 และ 83.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

การทดลองที่ 2 การศึกษาหาค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหาร เพื่อวัดการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* method) โดยสุกรได้รับการผ่าตัดสอดท่อรูปตัวที (simple T-cannula) บริเวณลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) ให้อาหารผสม 2 สูตร คือ ปลายข้าว-กากถั่วเหลือง และข้าวโพด-กากถั่วเหลือง อาหารกึ่งบริสุทธิ์ 2 สูตร คือ แป้งมันสำปะหลัง-กากถั่วเหลือง และแป้งมันสำปะหลัง-กากทานตะวัน-กากถั่วเหลือง ซึ่งพบว่า

1. เปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากอาหารผสม ปลายข้าว-กากถั่วเหลือง โดยการศึกษาในตัวสัตว์ มีค่าเท่ากับ 72.46, 81.41, 87.15 และ 74.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการ มีค่าเท่ากับ 79.57, 89.85, 90.56 และ 57.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และโปรตีน ระหว่างการศึกษาในห้องปฏิบัติการและในตัวสัตว์ พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้โดยการศึกษาใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ห้องปฏิบัติการมีค่าสูงกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็นโดยเฉลี่ย พบว่า การย่อยได้โดยศึกษาในตัวสัตว์ (80.77 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงกว่าการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (63.01 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

2. เปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากอาหารผสม ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง โดยการศึกษาในตัวสัตว์มีค่าเท่ากับ 73.50, 80.83, 82.41 และ 80.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการมีค่าเท่ากับ 54.16, 89.83, 65.20 และ 50.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการมีค่าสูงกว่าการศึกษาในตัวสัตว์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และกรดอะมิโนจำเป็น โดยการศึกษาในตัวสัตว์มีค่าสูงกว่าการศึกษาในห้องปฏิบัติการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

3. เปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากอาหารกึ่งบริสุทธิ์ แป้งมันสำปะหลัง-กากถั่วเหลือง โดยการศึกษาในตัวสัตว์มีค่าเท่ากับ 81.69, 85.78, 82.03 และ 75.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการ มีค่าเท่ากับ 60.29, 90.29, 87.53 และ 64.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการมีค่าสูงกว่าการศึกษาในตัวสัตว์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และกรดอะมิโนจำเป็น โดยการศึกษาในตัวสัตว์มีค่าสูงกว่าการศึกษาในห้องปฏิบัติการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4. การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากอาหารกึ่งบริสุทธิ์ แป้งมันสำปะหลัง-กากทานตะวัน-กากถั่วเหลือง โดยการศึกษาในตัวสัตว์ มีค่าเท่ากับ 68.14, 96.55, 45.46 และ 43.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการ มีค่าเท่ากับ 48.93, 87.81, 26.21 และ 47.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการมีค่าสูงกว่าการศึกษาในตัวสัตว์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และกรดอะมิโนจำเป็น โดยการศึกษาในตัวสัตว์มีค่าสูงกว่าการศึกษาในห้องปฏิบัติการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5. เปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ ปลายข้าว โดยการศึกษาในตัวสัตว์ มีค่าเท่ากับ 71.64, 78.66, 86.85 และ 73.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการ มีค่าเท่ากับ 81.06, 83.78, 90.23 และ 56.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และโปรตีน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการมีค่าสูงกว่าการศึกษาในตัวสัตว์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกรดอะมิโนจำเป็น โดยการศึกษาในตัวสัตว์มีค่าสูงกว่าการศึกษาในห้องปฏิบัติการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

6. เปอร์เซ็นต์การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ ข้าวโพด โดยการศึกษาในตัวสัตว์ มีค่าเท่ากับ 72.67, 78.05, 81.19 และ 79.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการ มีค่าเท่ากับ 55.44, 66.59, 68.60 และ 49.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น โดยการศึกษาในตัวสัตว์มีค่าสูงกว่าการศึกษาในห้องปฏิบัติการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

7. การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ กากถั่วเหลือง โดยการศึกษาในตัวสัตว์ มีค่าเท่ากับ 80.82, 85.76, 81.61 และ 75.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการ มีค่าเท่ากับ 51.61, 87.74, 87.35 และ 64.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และกรดอะมิโนจำเป็น โดยการศึกษาในตัวสัตว์มีค่าสูงกว่าการศึกษาในห้องปฏิบัติการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

8. การย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ กากทานตะวัน โดยการศึกษาในตัวสัตว์ มีค่าเท่ากับ 66.94, 76.36, 72.26 และ 83.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน กรดอะมิโนไลซีน และทรีโอนีน โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการ มีค่าเท่ากับ 47.41, 39.59, 33.40 และ 53.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น โดยการศึกษาในตัวสัตว์มีค่าสูงกว่าการศึกษาในห้องปฏิบัติการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

9. ความสัมพันธ์ของการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็น จากอาหารทั้ง 4 สูตร สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กจากตัวสัตว์ และการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนต้นของสุกร พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์การย่อยได้ของกรดอะมิโนไลซีนมีความสัมพันธ์สูงที่สุด (r=0.800)โดยมีสมการทำนายความสัมพันธ์ คือ Y=71.6471+0.1445X; r^2=0.6400 และรองลงมา คือ การย่อยได้ของโปรตีน (r=0.6682) โดยมีสมการทำนายความสัมพันธ์คือ Y=70.4556+0.1296X; r^2=0.4465

10. การวิเคราะห์ปริมาณการทำงานของเอนไซม์ ในน้ำย่อยที่ได้จากลำไส้เล็กส่วนต้นของสุกร พบว่า ปริมาณการทำงานของเอนไซม์เปปซิน มีค่าเท่ากับ 4666.97 หน่วยต่อมิลลิลิตร ค่าปริมาณการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน เท่ากับ 10905.59 หน่วยต่อมิลลิลิตร และค่าปริมาณการทำงานของเอนไซม์ไคโมทริปซิน เท่ากับ 3004.05 หน่วยต่อมิลลิลิตร

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการทดลอง

จากการทดลองครั้งนี้ พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และกรดอะมิโนจำเป็นโดยส่วนใหญ่ ระหว่างการศึกษาในตัวสัตว์และในห้องปฏิบัติการ มีค่าสหสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ แต่ผู้ทำการทดลองเอง มีความเห็นว่า การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยใช้น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนต้นของสุกร สามารถใช้ประเมินการย่อยได้ในตัวสัตว์ได้ ถ้ามีการเสริมงานทดลอง หรือแก้ไขงานทดลองบางส่วนจากการทดลองครั้งนี้ เช่น การศึกษาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนต้นของสุกร ควรใช้สุกรชุดเดียวกับการศึกษาในตัวสัตว์ เพื่อป้องกันอิทธิพลของตัวสัตว์ จากการทำงานของเอนไซม์และระบบการย่อยอาหาร และควรมีการใช้เอนไซม์สำหรับการย่อยโภชนะชนิดอื่น ๆ เพิ่ม เช่น เอนไซม์สำหรับย่อยคาร์โบไฮเดรต และเอนไซม์สำหรับย่อยไขมัน เป็นต้น เพื่อเลียนแบบการทำงานของเอนไซม์ ให้เหมือนสภาพระบบทางเดินอาหารของสุกรมากที่สุด นอกจากนี้ การทดลองแต่ละการทดลอง ควรมีการใช้จำนวนซ้ำเพิ่มขึ้น เพื่อลดค่าผิดพลาดจากการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved