บทที่ 4

ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกากทานตะวัน และกากเรปซีด ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง ผลแสดงในตารางที่ 8 ปรากฏว่า กากทานตะวันมีโปรตีนต่ำกว่ากากเรปซีดและกากถั่วเหลือง 9.1 และ 17.6% ตามลำดับ (28.7 vs. 37.8 และ 46.3% วัตถุแห้ง) ทั้งนี้เนื่องจากกากทานตะวันมีเยื่อใยสูงกว่ากากเรปซีดและกากถั่วเหลืองมากนั่นเอง โดยมีปริมาณสูงเกือบถึง 30% ในขณะที่กากอีกสองชนิดมีเยื่อใยเพียง 8-12% อย่างไรก็ดีกากเรปซีดมีปริมาณไขมันต่ำกว่ากากทานตะวันและกากถั่วเหลืองมาก โดยมีปริมาณเท่ากับ 1.0, 5.4 และ 7.9% วัตถุแห้ง ตามลำดับ จึงทำให้ค่าพลังงานรวมที่วิเคราะห์ได้ของกากเรปซีดมีค่าต่ำกว่าของกากทานตะวัน และกากถั่วเหลือง กล่าวคือ มีค่าเท่ากับ 4.5 vs. 4.8 และ 5.1 kcal/g DM ตามลำดับ

ตารางที่ 8. องค์ประกอบทางเคมี (% วัตถุแห้ง) ของกากทานตะวันและกากเรปซีด เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง

	กากทานตะวัน [1/]	กากเรปซีด [1/]	กากถั่วเหลือง [1/]	กากถั่วเหลือง [2/]
วัตถุแห้ง	93.13	91.56	83.43	89.0
โปรตีน	28.70	37.80	46.31	49.4
ไขมัน	5.43	1.03	7.92	0.9
เยื่อใย	29.51	11.75	7.62	7.9
เถ้า	5.77	11.17	7.23	n.a
NFE	30.59	38.25	30.92	n.a
อินทรียวัตถุ	94.23	88.83	92.77	n.a
พลังงานรวม(kcal/g DM)	4.83	4.45	5.06	n.a

n.a = data not available

[1/] วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[2/] NRC (1994)

การย่อยได้

การย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ (วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย NFE และอินทรียวัตถุ) ของกากทานตะวัน และกากเรปซีด เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองเมื่อใช้วิธีบังคับไก่กินอาหาร (force-feeding) ในไก่ที่ทำท่อมูลเทียมและไก่ปกติ ผลแสดงในตารางที่ 9 ปรากฏว่า เมื่อเฉลี่ยจากไก่ 2 ประเภท ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน NFE และอินทรียวัตถุในกากถั่วเหลือง มีการย่อยได้ดีกว่ากากทานตะวันและกากเรปซีด อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กล่าวคือ การย่อยได้ของวัตถุแห้งมีค่าเท่ากับ 57.2 vs. 47.6 และ 43.7% ของโปรตีนค่าเท่ากับ 77.4 vs. 72.2 และ 59.4% ของไขมันเท่ากับ 93.2 vs. 71.9 และ 47.8% ของ NFE มีค่าเท่ากับ 66.2 vs. 49.8 และ 57.1% และอินทรียวัตถุเท่ากับ 61.5 vs. 47.1 และ 43.3% ตามลำดับ สำหรับการย่อยได้ของเยื่อใยในกากถั่วเหลืองมีค่าต่ำกว่ากากทานตะวัน (17.1 vs. 44.9%)

อย่างไรก็ดีเมื่อเปรียบเทียบระหว่างประเภทของไก่ (ไก่ทำท่อมูลเทียมกับไก่ปกติ) โดยเฉลี่ยจากการใช้วัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ผลปรากฏว่า ไก่ทำท่อมูลเทียมมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และอินทรียวัตถุ ดีกว่าไก่ปกติ ในขณะที่การย่อยได้ของเยื่อใยไก่ปกติกลับสามารถย่อยได้ดีกว่าไก่ทำท่อมูลเทียมอย่างมีนัยสำคัญ (29.4 vs. 23.7% DM, ตามลำดับ) ส่วนการย่อยได้ของไขมันให้ผลไม่ต่างกันไม่ว่าจะใช้ไก่ปกติหรือไก่ทำท่อมูลเทียม

เมื่อทำการเปรียบเทียบในแต่ละประเภทของไก่ ระหว่างวัตถุดิบแต่ละชนิด พบว่า การย่อยได้ของโภชนะหลายชนิดของกากถั่วเหลือง (วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน NFE และอินทรียวัตถุ) ทั้งในไก่ปกติและไก่ทำท่อมูลเทียม มีค่าสูงกว่าของกากทานตะวันและกากเรปซีด ซึ่งเป็นไปเช่นเดียวกับเมื่อเฉลี่ยจากไก่ทั้งสองประเภท ส่วนกรณีของเยื่อใยกากทานตะวันมีการย่อยได้ดีกว่ากากถั่วเหลืองและกากเรปซีด โดยในไก่ปกติจะย่อยได้ดีกว่าไก่ที่ทำท่อมูลเทียมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 9)

พลังงานย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์

จากการศึกษาหาค่า ME ของกากทานตะวันและกากเรปซีดเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองโดยใช้ไก่ที่ทำท่อมูลเทียมและไก่ปกติ ผลแสดงในตารางที่ 10 ปรากฏว่า ค่า ME ในไก่ที่ทำท่อมูลเทียมและไก่ปกติให้ค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ไม่ว่าจะเป็นค่าแบบปรากฏ (AME) หรือแบบจริง (TME) ก็ตาม แต่ถ้าเปรียบเทียบระหว่างชนิดของวัตถุดิบ พบว่า ME ของกากถั่วเหลืองมีค่าสูงกว่ากากทานตะวันและกากเรปซีดอย่างมีนัยสำคัญ (2.8 vs. 1.9 และ 1.3 kcal/g DM และ 3.7 vs. 2.8 และ 2.2 kcal/g DM, ตามลำดับ) และเมื่อพิจารณาถึงค่าพลังงานใช้ประโยชน์แบบแท้จริง (TME) เทียบกับแบบปรากฏ (AME) พบว่า แบบแท้จริงมีค่าสูงกว่า

ตารางที่ 9. การย่อยได้จริง (True digestibility, %DM) ของกากทานตะวันและกากเรปซีดเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองในไก่ที่ทำท่อมูลเทียมและไก่ปกติ

		กากทานตะวัน	กากเรปซีด	กากถั่วเหลือง	*เฉลี่ย*
วัตถุแห้ง					
	ไก่ทำท่อมูลเทียม	52.51 ^{y}	47.29 ^{xy}	61.72 ^{x}	53.84 ^{A}
	ไก่ปกติ	42.63 ^{n}	40.14 ^{n}	52.71 ^{m}	45.16 ^{B}
	เฉลี่ย	*47.57* ^{b}	*43.71* ^{b}	*57.22* ^{a}	
โปรตีน					
	ไก่ทำท่อมูลเทียม	83.16 ^{x}	68.19 ^{y}	87.35 ^{x}	79.56 ^{A}
	ไก่ปกติ	61.32 ^{mn}	50.67 ^{n}	67.45 ^{m}	59.82 ^{B}
	เฉลี่ย	*72.24* ^{a}	*59.43* ^{b}	*77.40* ^{a}	
ไขมัน					
	ไก่ทำท่อมูลเทียม	69.79 ^{y}	49.81 ^{z}	89.83 ^{x}	72.15 ^{A}
	ไก่ปกติ	73.97 ^{n}	45.84 ^{o}	96.63 ^{m}	69.81 ^{A}
	เฉลี่ย	*71.88* ^{b}	*47.82* ^{c}	*93.23* ^{a}	
เยื่อใย					
	ไก่ทำท่อมูลเทียม	43.53 ^{x}	16.55 ^{y}	10.87 ^{y}	23.65 ^{B}
	ไก่ปกติ	46.19 ^{m}	23.22 ^{n}	18.73 ^{n}	29.38 ^{A}
	เฉลี่ย	*44.86* ^{a}	*17.64* ^{b}	*17.05* ^{b}	
NFE					
	ไก่ทำท่อมูลเทียม	39.03 ^{x}	51.04 ^{x}	44.40 ^{x}	44.82 ^{B}
	ไก่ปกติ	60.65 ^{n}	63.21 ^{n}	88.08 ^{m}	70.64 ^{A}
	เฉลี่ย	49.84 ^{b}	57.12 ^{b}	66.24 ^{a}	
อินทรียวัตถุ					
	ไก่ทำท่อมูลเทียม	57.44 ^{y}	53.00 ^{y}	67.41 ^{x}	59.27 ^{A}
	ไก่ปกติ	40.25 ^{n}	42.71 ^{n}	60.88 ^{m}	50.59 ^{B}
	เฉลี่ย	*47.08* ^{b}	*43.25* ^{b}	*61.45* ^{a}	

$^{a\text{-}c,\ m\text{-}o,\ x\text{-}y}$ และ $^{A\text{-}B}$ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนหรือแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 10. ค่าพลังงานย่อยได้แท้จริง (TDE) ย่อยได้ปรากฏ (ADE) และ ME ที่แท้จริง (TME) และ ME ปรากฏ (AME) ของกากทานตะวันและกากเรปซีดเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง ในไก่ทำท่อมูลเทียมและไก่ปกติ

	กากทานตะวัน	กากเรปซีด	กากถั่วเหลือง	***เฉลี่ย***
DE (kcal/g DM)				
ADE				
ไก่ทำท่อมูลเทียม	2.15 ^{y}	1.56 ^{z}	2.99 ^{x}	*2.23* ^{A}
ไก่ปกติ	-	-	-	-
TDE				
ไก่ทำท่อมูลเทียม	2.65 ^{y}	2.07 ^{z}	3.55 ^{x}	*2.82* ^{A}
ไก่ปกติ	-	-	-	-
ME (kcal/g DM)				
AME				
ไก่ทำท่อมูลเทียม	1.93 ^{y}	1.32 ^{z}	2.73 ^{x}	*1.99* ^{A}
ไก่ปกติ	1.94 ^{n}	1.34 ^{o}	2.79 ^{m}	*2.02* ^{A}
เฉลี่ย	*1.94* ^{b}	*1.33* ^{c}	*2.76* ^{a}	
TME				
ไก่ทำท่อมูลเทียม	2.80 ^{y}	2.23 ^{z}	3.73 ^{x}	*2.92* ^{A}
ไก่ปกติ	2.75 ^{n}	2.16 ^{o}	3.69 ^{m}	*2.87* ^{A}
เฉลี่ย	*2.77* ^{b}	*2.20* ^{c}	*3.71* ^{a}	

a-c, m-o, x-z และ A-B ค่าเฉลี่ยในแนวนอนหรือแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สำหรับค่า DE ซึ่งปกติจะไม่นิยมหากัน เนื่องจากในไก่ปกติมูลและปัสสาวะจะถูกขับออกมาทางเดียวกันทาง cloaca จึงทำให้หาค่าดังกล่าวได้ยาก จากการศึกษาในครั้งนี้ ได้ใช้ไก่ที่ทำท่อมูลเทียมที่สามารถแยกมูลกับปัสสาวะออกจากกันได้เป็นสัตว์ทดลองด้วย จึงสามารถหาค่า DE ได้ พบว่า กากเรปซีด มีค่าต่ำกว่ากากอีกสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าพลังงานย่อยได้แบบแท้จริง (TDE) นั้น พบว่า มีค่าสูงกว่าแบบปรากฏ (AME) เช่นกัน แม้ว่าความแตกต่างจะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม (ตารางที่ 10)

คุณภาพโปรตีน

การประเมินคุณภาพโปรตีนของกากทานตะวันและกากเรปซีด ได้ทำการศึกษาทั้งในไก่และในหนู ผลการทดลองโดยพิจารณาจากน้ำหนักตัวเป็นหลัก พบว่า ลูกไก่มีน้ำหนักตัวเพิ่มมากกว่าหนูอย่างมีนัยสำคัญ (2.4 vs. 0.2 ก/วัน ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของวัตถุดิบหนูที่ได้รับกากทานตะวันมีน้ำหนักตัวเพิ่มสูงกว่าที่ได้รับกากเรปซีด แต่ให้ผลตรงกันข้ามเมื่อศึกษาในลูกไก่ เมื่อนำน้ำหนักตัวเพิ่มของหนู หรือไก่ และปริมาณโปรตีนที่สัตว์กิน ไปคำนวณหาค่า PER และ NPR ปรากฏว่า ในหนูค่าดังกล่าวของกากทานตะวันมีค่าสูงกว่ากากเรปซีดเล็กน้อยโดยไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในไก่ที่ได้รับกากเรปซีดจะมีค่า PER และ NPR สูงกว่าในกากทานตะวันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อย่างไรก็ดีเมื่อเปรียบเทียบระหว่างหนูและไก่โดยเฉลี่ยจากทุกกลุ่มอาหาร พบว่า ไก่มีค่า PER และ NPR สูงกว่าหนูอย่างมีนัยสำคัญ (1.5 vs. 0.9 และ 3.4 vs. 2.3, ตามลำดับ) แต่เมื่อเปรียยเทียบระหว่างชนิดวัตถุดิบเมื่อใช้สัตว์ทั้งสองชนิดเป็นสัตว์ทดลอง ปรากฏว่ากากทานตะวันและกากเรปซีดมีค่า PER และ NPR ไม่ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11. การประเมินคุณภาพโปรตีนของกากทานตะวัน และกากเรปซีด เทียบกับโปรตีนมาตรฐาน (เคซีน) โดยอาศัยการเจริญเติบโตของสัตว์ทดลองเป็นหลัก

	N-free	กากทานตะวัน	กากเรปซีด	***เฉลี่ย***
น้ำหนักตัวเพิ่ม (ก/วัน)				
หนู	-1.52 ^{y}	1.14 ^{x}	0.95 ^{x}	*0.19* ^{b}
ไก่	-7.87 ^{o}	4.05 ^{n}	10.87 ^{m}	*2.35* ^{a}
เฉลี่ย	*-4.70* ^{c}	*2.60* ^{b}	*5.91* ^{a}	
PER				
หนู		1.05 ^{x}	0.82 ^{x}	*0.94* ^{B}
ไก่		0.98 ^{n}	2.08 ^{m}	*1.53* ^{A}
เฉลี่ย		*1.02* ^{a}	*1.45* ^{a}	
NPR				
หนู		2.46 ^{x}	2.14 ^{x}	*2.30* ^{B}
ไก่		3.25 ^{n}	3.60 ^{m}	*3.42* ^{A}
เฉลี่ย		*2.86* ^{a}	*2.87* ^{a}	

a-b, m-o, x-y และ A-B ค่าเฉลี่ยในแนวนอนหรือแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สำหรับการประเมินคุณภาพโปรตีนอาศัยสมดุลไนโตรเจน โดยพิจารณาค่าของ NPU ซึ่งเป็นสัดส่วนของไนโตรเจนที่สะสมในร่างกายเมื่อเทียบเป็นร้อยละของส่วนที่กินเข้าไป สามารถคำนวณได้จาก 2 วิธี คือ จากผลต่างของไนโตรเจนที่กินกับที่ขับออกในมูล-ปัสสาวะ และจากปริมาณไนโตรเจนในซากโดยตรง ทำนองเดียวกับค่าของ NPV ที่ใช้บ่งบอกว่าไนโตรเจนในอาหาร 1 กก. สัตว์สามารถนำไปใช้ได้กี่กรัม ก็สามารถคำนวณได้ 2 วิธีเช่นกัน ส่วนค่า BV และ TD คำนวณได้เฉพาะในหนูเท่านั้น เนื่องจากในไก่ไม่สามารถแยกมูลและปัสสาวะออกจากกันได้ ผลแสดงในตารางที่ 12 ปรากฏว่า เมื่อเฉลี่ยจากอาหารทั้ง 3 ชนิด (เคซีน กากทานตะวัน และ กากเรปซีด) โดยวิธีวิเคราะห์ซาก หนูให้ค่า NPU และ NPV สูงกว่าไก่อย่างมีนัยสำคัญ คือให้ค่า NPU เฉลี่ย 67.3 vs. 43.1% และ NPV เฉลี่ย 11.9 vs. 7.4 g.N/kg. feed DM ตามลำดับ แต่ถ้าคำนวณโดยใช้ปริมาณไนโตรเจนในมูลและปัสสาวะมาหักออกจากปริมาณไนโตรเจนที่กิน กลับไม่พบความแตกต่างในระหว่างชนิดของสัตว์ สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างวิธี พบว่า การคำนวณโดยวิธีวิเคราะห์ซากได้ค่า NPU และ NPV ต่ำกว่าวิธีคำนวณจากสิ่งขับถ่าย โดยเฉพาะในกรณีของไก่ ซึ่งการคำนวณทั้ง 2 วิธี มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (43.1 vs. 77.4% และ 7.4 vs. 12.2 g.N/kg.Feed DM ตามลำดับ) แต่ในกรณีของหนูความแตกต่างระหว่างวิธีคำนวณไม่มีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาคุณภาพโปรตีนของวัตถุดิบทั้งสามชนิดด้วยการเฉลี่ยจากไก่และหนู พบว่าค่า NPU และ NPV ของกากทานตะวันและกากเรปซีด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่า BV และ TD ที่คำนวณได้เฉพาะในหนู ปรากฏว่า กากทานตะวันและกากเรปซีดมีคุณภาพไม่ต่างกัน โดยมีค่าต่ำกว่าของเคซีนอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12. การประเมินคุณภาพโปรตีนของกากทานตะวัน และกากเรปซีด โดยอาศัยสมดุลไนโตรเจนเป็นหลักเมื่อใช้หนูและไก่เป็นสัตว์ทดลอง

	เคซีน	กากทานตะวัน	กากเรปซีด	***เฉลี่ย***
NPU คำนวณจากซาก (%)				
หนู	91.07 ^{x}	63.17 ^{y}	47.55 ^{y}	*67.26* ^{A}
ไก่	37.21 ^{n}	48.72 ^{m}	43.84 ^{mn}	*43.14* ^{B}
เฉลี่ย	*64.14* ^{a}	*55.95* ^{a}	*45.52* ^{b}	
NPU คำนวณจากสิ่งขับถ่าย (%)				
หนู	91.63 ^{x}	70.01 ^{y}	71.19 ^{y}	*77.61* ^{A}
ไก่	76.73 ^{m}	63.35 ^{n}	74.24 ^{m}	*77.44* ^{A}
เฉลี่ย	*84.18* ^{a}	*66.68* ^{b}	*72.71* ^{b}	
NPV คำนวณจากซาก (g.N/kg.feed)				
หนู	16.31 ^{x}	10.73 ^{y}	8.60 ^{y}	*11.88* ^{A}
ไก่	6.55 ^{n}	8.24 ^{m}	7.26 ^{mn}	*7.35* ^{B}
เฉลี่ย	*11.42* ^{a}	*9.49* ^{b}	*7.93* ^{b}	
NPV คำนวณจากสิ่งขับถ่าย (g.N/kg.feed)				
หนู	16.13 ^{x}	11.83 ^{y}	11.89 ^{y}	*13.28* ^{A}
ไก่	13.51 ^{m}	10.71 ^{m}	12.40 ^{m}	*12.20* ^{A}
เฉลี่ย	*14.82* ^{a}	*11.27* ^{b}	*12.14* ^{b}	
BV (%)				
หนู	90.38 ^{x}	83.76 ^{y}	84.91 ^{y}	
TD (%)				
หนู	101.36 ^{x}	83.58 ^{y}	83.81 ^{y}	

a-b, m-n, x-y และ A-B ค่าเฉลี่ยในแนวนอนหรือแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)