

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาผลของการใช้กระบวนการเอ็กซ์ทรูชันในการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของโกขนะใน PKM

นำกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKM) มาเอ็กซ์ทรูดด้วยเครื่อง semi-extrusion โดยการเติมน้ำในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันก่อนเข้าเครื่อง semi-extrusion 3 ระดับ ได้แก่ 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า การเติมน้ำใน PKM ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นคือระดับ 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้อุณหภูมิของทอบาร์เรลและอุณหภูมิของ PKM ทันทีที่ออกจากเครื่อง ลดต่ำกว่าการเติมน้ำใน PKM ในปริมาณที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) นอกจากนี้การเติมน้ำใน PKM ในปริมาณที่ระดับ 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ความหนาแน่นของ PKM เพิ่มขึ้นสูงกว่าเติมน้ำใน PKM ในปริมาณที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อกำลังการผลิต ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ขบวนการผลิต PKM กึ่งเอ็กซ์ทรูด

ลักษณะที่ศึกษา	ปริมาณน้ำที่เติม PKM ก่อนการเอ็กซ์ทรูชัน (เปอร์เซ็นต์)		
	30	40	50
อุณหภูมิทอบาร์เรล (°C)	33.40 ± 0.70 ⁿ	30.20 ± 0.62 ^u	29.43 ± 0.40 ^u
อุณหภูมิของ PKM ทันทีที่ออกจากเครื่อง (°C)	34.23 ± 0.75 ⁿ	32.73 ± 0.58 ^u	32.17 ± 0.81 ^u
กำลังการผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	0.57 ± 0.01 ^u	0.59 ± 0.01 ⁿ	0.60 ± 0.01 ⁿ
ความหนาแน่น PKM (กรัม/ลบ.ซม)			

^{n-u} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ PKM โดยวิธี Proximate Analysis ของ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูชันที่ระดับการเติมน้ำที่ระดับ 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเติมน้ำใน PKM ในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ความชื้นใน PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูดเพิ่มสูงขึ้นด้วย ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่เครื่องมีปริมาณความชื้นมากทำให้ผลผลิตจากการเอ็กซ์ทรูชันที่ออกจากเครื่องมีความชื้นมากขึ้นด้วย (Thymi *et al.*, 2005 ; รุ่งนภาและประชา, 2540) ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของไขมัน โปรตีน และเยื่อใย ของทั้ง 4 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ดังตารางที่ 7) ดังนั้นจากผลการทดลองการใช้การเติมน้ำที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์จึงเหมาะสมเนื่องการเติมน้ำใน PKM ที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ PKM มีความหนาแน่นสูงขึ้น อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มความชื้นใน PKM

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของ PKM

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำที่เติม PKM ก่อนการเอ็กซ์ทรูชัน (เปอร์เซ็นต์)		
	30	40	50
ความชื้น	3.81 ± 0.06^a	4.00 ± 0.01^a	4.23 ± 0.12^a
ไขมัน	0.35 ± 0.03	0.34 ± 0.03	0.36 ± 0.03
โปรตีน	17.07 ± 0.14	17.00 ± 0.12	17.04 ± 0.09
เยื่อใย	17.77 ± 0.11	17.73 ± 0.03	17.74 ± 0.04

^{a-c} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2 ศึกษาผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูชันต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระตัง

การศึกษาผลจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงระยะเวลาเจริญเติบโต คือ ช่วงอายุ 1-21 วัน และช่วงอายุ 22-42 วัน ผลการทดลองเป็นดังนี้

4.2.1 ผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูชันต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระตังใน ระยะอายุ 0 – 21 วัน

ผลการทดลองในระยะอายุ 0 – 21 วันพบว่า น้ำหนักเริ่มต้นและอัตราการตายของไก่ทั้ง 6 กลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่น้ำหนักตัวที่ 21 วัน และอัตราการเจริญเติบโตของไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูดที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับไก่กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับในระดับ 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่ามากกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับในระดับ 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ($P < 0.05$) ส่วนปริมาณการกินอาหารของไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูดที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับไก่กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับในระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่ามากกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูดที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ดีที่สุดที่สุด รองลงมาคือกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับในระดับ 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มที่ด้อยที่สุดคือกลุ่มที่ได้รับในระดับ 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ($P < 0.05$) เนื่องจาก PKM มีเยื่อใยเป็นองค์ประกอบอยู่สูง และมีลักษณะฟาม ทำให้ไก่ต้องกินน้ำมากขึ้น มีค่าการย่อยได้ต่ำ ทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำลงด้วย อีกทั้งในระยะเล็กระบบทางเดินอาหารของไก่อังมีการพัฒนาอย่างไม่สมบูรณ์เต็มที่ ทำให้การย่อยและดูดซึมอาหารลดลง (อุทัย, 2529) ทั้งนี้พบว่าต้นทุนค่าอาหารของไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูดที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำที่สุดรองลงมาคือกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับในระดับ 30, 35, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ตามลำดับ ($P < 0.05$) แต่เมื่อคิดเป็นค่าต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม พบว่าไก่กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูดที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่าอีกทั้ง 4 กลุ่ม ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การใช้ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูชันต่อสมรรถภาพการผลิต ($\pm$ SD) ในไก่กระทงในระยะอายุ 0 – 21 วัน

ลักษณะที่ศึกษา	ควบคุม	กากเนื้อในเมล็ดปาล์มกึ่งเอ็กซ์ทรูด (%)				
		20	25	30	35	40
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	44.03 $\pm$ 1.23	44.71 $\pm$ 1.09	44.13 $\pm$ 1.50	44.11 $\pm$ 1.25	43.93 $\pm$ 1.59	43.55 $\pm$ 0.95
น้ำหนักตัวไก่ที่ 21 วัน (กรัม/ตัว)	809.44 $\pm$ 38.58 ^ก	792.81 $\pm$ 10.65 ^{กข}	786.50 $\pm$ 35.76 ^{กข}	843.14 $\pm$ 99.12 ^ก	742.80 $\pm$ 16.21 ^{ขก}	697.80 $\pm$ 15.37 ^ก
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	36.45 $\pm$ 1.84 ^ก	35.62 $\pm$ 0.53 ^{กข}	35.35 $\pm$ 1.67 ^{กข}	38.05 $\pm$ 4.72 ^ก	33.28 $\pm$ 0.74 ^{ขก}	31.15 $\pm$ 0.73 ^ก
ปริมาณอาหารที่กิน(กรัม/ตัว/วัน)	55.51 $\pm$ 3.02 ^{กข}	56.82 $\pm$ 1.05 ^{กข}	58.61 $\pm$ 2.12 ^ก	56.10 $\pm$ 2.35 ^{กข}	57.92 $\pm$ 0.71 ^ก	54.24 $\pm$ 2.77 ^ข
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	1.52 $\pm$ 0.03 ^{ขก}	1.60 $\pm$ 0.03 ^{ขก}	1.66 $\pm$ 0.04 ^{กข}	1.49 $\pm$ 0.21 ^ก	1.74 $\pm$ 0.04 ^ก	1.74 $\pm$ 0.11 ^ก
อัตราการตาย (% ของไก่ทั้งหมด)	2.00 $\pm$ 4.47	2.00 $\pm$ 4.47	4.00 $\pm$ 8.94	7.82 $\pm$ 8.32	1.82 $\pm$ 4.07	0.00 $\pm$ 0.00
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว)	18.05 $\pm$ 0.99 ^{กข}	19.70 $\pm$ 0.32 ^{กข}	20.00 $\pm$ 0.78 ^ก	18.91 $\pm$ 0.81 ^{ขก}	18.94 $\pm$ 0.47 ^{ขก}	17.37 $\pm$ 0.86 ^ข
ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท)	23.59 $\pm$ 0.05 ^ข	26.34 $\pm$ 0.55 ^ก	26.95 $\pm$ 0.55 ^ก	24.01 $\pm$ 3.61 ^ข	27.11 $\pm$ 0.74 ^ก	26.58 $\pm$ 1.56 ^ก

^{ก, ข} อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2.2 ผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูชันต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง ในระยะอายุ 22 – 42 วัน

ผลการทดลองระยะอายุ 22 – 42 วันพบว่า น้ำหนักตัวไก่ที่ 42 วัน อัตราการเจริญเติบโต อัตราการตาย และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไก่ 1 กิโลกรัม ของไก่ทั้ง 6 กลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ปริมาณการกินอาหารของไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูดที่ระดับ 35 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่ได้รับในระดับ 40 และ 30 เปอร์เซ็นต์ และมีค่ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับในระดับ 20, 25 และกลุ่มควบคุม ตามลำดับ ($P < 0.05$) ส่วนประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูดที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์มีค่าด้อยที่สุด ไม่แตกต่างทางสถิติกับไก่กลุ่มที่ได้รับ 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่าด้อยกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับ 25, 20 และกลุ่มควบคุม ตามลำดับ ($P < 0.05$)) จึงส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารของไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูดที่ระดับ 35 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่ได้รับในระดับ 40, 30, 20, 25 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มควบคุม ตามลำดับ ($P < 0.05$) (ดังตารางที่ 9) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับ Bello *et al*, (2011) การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณการกินอาหารของไก่กระทงเพิ่มสูงขึ้น ($P < 0.05$) ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง ($P < 0.05$)

ตารางที่ 9 การใช้ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูชันต่อสมรรถภาพการผลิต (±SD) ในไก่กระทองในระยะอายุ 22 – 42 วัน

ลักษณะที่ศึกษา	ควบคุม	กากเนื้อในเมล็ดปาล์มกึ่งเอ็กซ์ทรูด (%)				
		20	25	30	35	40
น้ำหนักตัวไก่ที่ 42 วัน (กรัม/ตัว)	1778.49 ± 108.56	1888.20 ± 82.32	1832.50 ± 80.67	1871.72 ± 205.30	1899.20 ± 38.62	1757.00 ± 110.23
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	46.41 ± 5.56	52.16 ± 3.82	49.81 ± 3.21	48.98 ± 14.33	55.07 ± 1.95	50.44 ± 4.97
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	107.39 ± 4.82 ^ก	123.30 ± 4.52 ^ข	121.84 ± 5.46 ^ก	134.14 ± 15.39 ^{กข}	144.31 ± 7.70 ^ก	140.29 ± 9.25 ^ก
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	2.35 ± 0.22 ^ก	2.37 ± 0.13 ^ก	2.45 ± 0.11 ^ข	2.88 ± 0.63 ^ก	2.62 ± 0.12 ^{กข}	2.79 ± 0.15 ^{กข}
อัตราการตาย (%) ของไก่ทั้งหมด	2.00 ± 4.47	0.00 ± 0.00	1.82 ± 4.07	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	4.00 ± 8.94
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว)	34.07 ± 1.15 ^ก	42.00 ± 1.54 ^ข	40.66 ± 1.93 ^ข	44.00 ± 5.05 ^{กข}	46.37 ± 2.47 ^ก	44.10 ± 2.91 ^{กข}
ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่ม						
น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท)	35.50 ± 3.63	38.45 ± 2.12	38.93 ± 1.78	45.02 ± 9.83	40.10 ± 1.81	41.77 ± 2.32

^{ก-ข} อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2.3 ผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง ในระยะอายุ 0 – 42 วัน

เมื่อพิจารณารวมทั้ง 2 ระยะ คือระยะ 0 – 42 วันพบว่า อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการตาย ของไก่ทั้ง 6 กลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณการกินอาหารของไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูดที่ระดับ 35 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงที่สุด ไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่ได้รับในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับในระดับ 30, 25, 20 และกลุ่มควบคุมตามลำดับ ($P<0.05$) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่กลุ่มควบคุมดีที่สุด ไม่แตกต่างทางสถิติกับไก่กลุ่มที่ได้รับในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่าดีกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับในระดับ 25, 30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P<0.05$) และต้นทุนค่าอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของไก่กลุ่มควบคุมต่ำที่สุด รองลงมาคือไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูดที่ระดับ 35 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือกลุ่มที่ได้รับในระดับ 20, 25, 30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P<0.05$) (ดังตารางที่ 10) การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการทดลองใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันกึ่งเอ็กซ์ทรูดมีเปอร์เซ็นต์ไขมันอยู่เพียง 0.35 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนข้าวโพดซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ไขมัน 3.9 เปอร์เซ็นต์ (Scott *et al.*, 1982) ดังนั้นจึงต้องใช้น้ำมันปาล์มในสูตรอาหารกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันกึ่งเอ็กซ์ทรูดเพิ่มสูงขึ้น และประกอบกับน้ำมันปาล์มมีราคาสูงขึ้นถึงกิโลกรัมละ 47 บาท จึงส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารทดลอง สูตรกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันกึ่งเอ็กซ์ทรูดเพิ่มสูงขึ้นด้วย

ตารางที่ 10 การใช้ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูชันต่อสมรรถภาพการผลิต ($\pm$ SD) ในไก่กระທงในระยะอายุ 0 – 42 วัน

ลักษณะที่ศึกษา	ควบคุม	กากเนื้อในเมล็ดปาล์มกึ่งเอ็กซ์ทรูด (%)				
		20	25	30	35	40
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	41.30 $\pm$ 2.56	43.89 $\pm$ 1.95	42.58 $\pm$ 1.91	43.51 $\pm$ 4.89	44.17 $\pm$ 0.90	40.80 $\pm$ 2.62
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	81.37 $\pm$ 2.80 ^a	89.95 $\pm$ 2.30 ⁿ	90.15 $\pm$ 3.36 ⁿ	94.11 $\pm$ 8.83 ^{ab}	101.13 $\pm$ 4.13 ⁿ	97.17 $\pm$ 3.71 ^{ab}
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	1.97 $\pm$ 0.09 ^a	2.05 $\pm$ 0.07 ^{ab}	2.12 $\pm$ 0.06 ^{ab}	2.17 $\pm$ 0.07 ^b	2.29 $\pm$ 0.07 ⁿ	2.39 $\pm$ 0.09 ⁿ
อัตราการตาย (% ของไก่ทั้งหมด)	4.00 $\pm$ 5.48	2.00 $\pm$ 4.47	5.82 $\pm$ 8.85	7.82 $\pm$ 8.32	1.82 $\pm$ 4.07	4.00 $\pm$ 8.94
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว)	52.13 $\pm$ 1.52 ⁿ	61.70 $\pm$ 1.57 ^{ab}	60.66 $\pm$ 2.32 ^b	62.91 $\pm$ 5.77 ^{ab}	65.31 $\pm$ 2.93 ⁿ	61.48 $\pm$ 2.26 ^{ab}
ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (บาท)	30.12 $\pm$ 1.62 ⁿ	33.50 $\pm$ 1.21 ^b	33.93 $\pm$ 0.93 ^b	34.49 $\pm$ 1.03 ^{ab}	35.20 $\pm$ 1.24 ^{ab}	35.94 $\pm$ 1.34 ⁿ

^{a-n} อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)