

การลดปริมาณเชื้อไวรัสรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส
และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อไวรัสรวม ระดับต่างๆในอาหารไก่เบตง

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในงานวิจัยครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ รศ.ดร.เสน่ห์
เอกะวิภาติ รองอธิการบดี วิทยาเขตชุมพร ที่อนุมัติโครงการวิจัย ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
ห้องปฏิบัติการหลักสูตรสัตวศาสตร์ และงานฟาร์มวิทยาเขตชุมพรที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับดำเนินงานวิจัย
ขอขอบคุณ อ.วรพงษ์ นลินานนท์ ผู้ร่วมวิจัย และนักศึกษาหลักสูตรสัตวศาสตร์ ที่ให้กำลังใจคอย
ช่วยเหลือตลอดมา

สายชล เลิศสุวรรณ
กันยายน 2553

การลดปริมาณเชื้อโพรทิวในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยใช้ออนไซม์เซลลูเลส
และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อโพรทิว ระดับต่างๆ ในอาหารไก่เบตง

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การลดปริมาณเชื้อโพรทิวในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยใช้ออนไซม์เซลลูเลส
และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อโพรทิว ระดับต่างๆ ในอาหารไก่เบตง
แหล่งเงินงบประมาณเงินรายได้ปีงบประมาณ 2553

ประจำปีงบประมาณ 2553 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 190,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2552 ถึง กันยายน 2553

ชื่อ – สกุล หัวหน้าโครงการ : อาจารย์ ดร.สายชล เลิศสุวรรณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร อีเมล: klsaicho@kmitl.ac.th.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : อาจารย์ยรรพษ์ นลินานนท์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร อีเมล: knwarrap@kmitl.ac.th.

บทคัดย่อ

การทดลองที่ 1 การศึกษาการลดปริมาณเชื้อโพรทิวของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (Palm kernel meal; PKM) โดยทำการเสริมเอนไซม์เซลลูเลสลงไป PKM ที่ระดับ 0, 0.15, 0.3, 0.6, 1.2 และ 2.4 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM ทำการหมักย่อยกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ผลการทดลองพบว่า การเสริมเอนไซม์เซลลูเลสใน PKM ที่ระดับ 1.2 และ 2.4 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM มีผลต่อการลดลงของปริมาณเชื้อโพรทิวของ PKM ได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมเอนไซม์เซลลูเลสใน PKM ที่ระดับ 0, 1.5, 0.3 และ 0.6 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM ($P < 0.01$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเสริมด้วยเอนไซม์เซลลูเลสต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เบตง การทดลองประกอบด้วยอาหารทดลอง 6 สูตร โดยสูตรที่ 1 เป็นอาหารควบคุมที่ไม่มีการใช้ PKM และไม่มีการเสริมเอนไซม์ ส่วนสูตรที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีการใช้ PKM ในสูตรอาหารที่ระดับ 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการเสริมเอนไซม์ในระดับ 1.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัมของ PKM (ผลจากการทดลองที่ 1) ใช้ไก่เบตงคณะเพศอายุ 1 วัน จำนวน 330 ตัว วางแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วยไก่ 6 กลุ่มๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 11 ตัว เลี้ยงเป็นระยะเวลา 42 วัน ผลการทดลองในระยะอายุ 0-6 สัปดาห์ พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม สูตร 2 สูตร 3 และ สูตร 4 มีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ดีกว่าไก่ที่ได้รับอาหารสูตร 4 และ สูตร 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในระยะอายุ 7-12 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับ อาหารสูตร 2 มีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด และแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับไก่กลุ่มที่ได้รับ อาหารสูตรควบคุม และ สูตร 4 ($P < 0.01$) ดังนั้นการใช้ PKM เสริมเอนไซม์เซลลูเลสในสูตรอาหารไก่เบตงสามารถใช้ได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต

คำสำคัญ : เอนไซม์เซลลูเลส ไก่เบตง กากปาล์ม

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ปาล์มน้ำมัน	3
2.2 ชนิดของกากปาล์มน้ำมัน	3
2.3 ข้อจำกัดในการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน	5
2.4 เอนไซม์ (Enzyme)	7
2.5 คุณค่าทางอาหารของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน	8
2.6 การใช้เอนไซม์และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารไก่	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	14
3.1 ศึกษาผลการลดปริมาณเชื้อโพรทิวในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส	14
3.2 ศึกษาผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อโพรทิวต่อ สมรรถภาพการผลิตไก่เบตง	16
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	20
4.1 ศึกษาผลการลดปริมาณเชื้อโพรทิวในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส	20
4.2 ศึกษาผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อโพรทิวต่อ สมรรถภาพการผลิตไก่เบตง	23
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	29
ข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	34
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ	35
ภาคผนวก ข ค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมในการทดลอง	39

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
1	เปรียบเทียบปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันได้จากวิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดปาล์มน้ำมันด้วยการใช้สารเคมีกับการสกัดด้วยวิธีการหีบน้ำมัน	8
2	ส่วนประกอบทางเคมีของ PKM ด้วยวิธีการสกัดน้ำมัน โดยการหีบน้ำมันและการใช้สารเคมี	10
3	ส่วนประกอบของน้ำตาลและปริมาณ NSP ของเมล็ดลินินที่มีการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์เซลลูเลส	11
4	ส่วนประกอบของน้ำตาลและปริมาณ NSP ของเมล็ดข้าวสาลี เมล็ดคาโนล่า กากถั่วเหลือง และเมล็ดถั่วลิสง ที่มีการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์เซลลูเลส	11
5	ส่วนประกอบวัตถุดิบของอาหารทดลองสำหรับไก่เบตงในระยะเวลาอายุ 0 – 6 สัปดาห์	17
6	ส่วนประกอบวัตถุดิบของอาหารทดลองสำหรับไก่เบตงในระยะเวลาอายุ 7 – 12 สัปดาห์	18
7	องค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด)	20
8	ปริมาณเชื้อไวรัสรวมใน PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส	22
9	การใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อไวรัสรวมต่อสมรรถภาพการผลิต (\pm SD) ในไก่เบตงในระยะเวลาอายุ 0 – 6 สัปดาห์	24
10	การใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อไวรัสรวมต่อสมรรถภาพการผลิต (\pm SD) ในไก่เบตงในระยะเวลาอายุ 7 – 12 สัปดาห์	26
11	การใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อไวรัสรวมต่อสมรรถภาพการผลิต (\pm SD) ในไก่เบตงในระยะเวลาอายุ 0 – 12 สัปดาห์	28
ตารางผนวกที่		
ก1	ปริมาณเอนไซม์ที่เสริมในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	36
ก2	การเตรียมสารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ (Sodium acetate buffer)	37
ข1	อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงไก่เบตง	40

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
1	แสดงสัดส่วนและผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	4
2	โครงสร้างของเซลลูโลส (a) โครงสร้างของ cellobiose และ glucose (b) โครงสร้างของ cellulose microfibrils ประกอบด้วย Crystalline region และ Paracrystalline region	6
3	กลไกการปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคส	8

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจนั้น ต้นทุนค่าอาหารสัตว์ถือว่าเป็นต้นทุนส่วนใหญ่ในการผลิตสัตว์ และราคาอาหารสัตว์นั้นจะผันแปรไปตามราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ ดังนั้นแนวทางที่สำคัญในการลดต้นทุนการผลิตของการเลี้ยงสัตว์ คือการหาแนวทางในการลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ลง โดยการเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาถูก เช่น กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (palm kernel meal; PKM) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันปาล์ม ที่เป็นอุตสาหกรรมสำคัญของภาคใต้ และจังหวัดชุมพร และเป็น แหล่งวัตถุดิบที่มีในปริมาณมาก มีราคาถูก และมีคุณค่าทางโภชนาที่ดี คือเป็นแหล่งของอาหารโปรตีน และพลังงาน เช่นเดียวกับรำละเอียด แต่มีข้อจำกัดในการใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยวเพราะมีปริมาณเชื้อโพรทิวสูง (FAO,1988) เนื่องจากเชื้อโพรทิวไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่จุลินทรีย์ในไส้ตั้งและลำไส้ใหญ่ของไก่สามารถย่อยให้เป็นกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFA) และดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้เพียง 2-3 เปอร์เซ็นต์ (Choct and Kocker,2000) มีผลทำให้สัตว์ไม่สามารถนำโภชนาเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการหาวิธีการในการลดระดับของเชื้อโพรทิวใน PKM ลง จึงเป็นการลดข้อจำกัดในการใช้เป็นวัตถุดิบอาหาร ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวลงได้

เอนไซม์เซลลูเลส เป็นกลุ่มของเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายวัสดุที่มีเชื้อโพรทิวหรือเซลลูโลส โดยธรรมชาติแล้วในพืชจะมีเชื้อโพรทิวและเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบอยู่ และมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิดนอกเหนือจากกลูโคส จับกันด้วยพันธะ β -1,3 และ β -1,4 glycosidic linkage ซึ่งเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถย่อยพันธะเหล่านี้ได้ จึงนำโภชนาเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ แต่เอนไซม์เซลลูเลส สามารถย่อยพันธะของเซลลูโลสที่ชื่อว่า β -1,4-glycosidic linkage ให้กลายเป็นน้ำตาลกลูโคส ซึ่งละลายน้ำได้ ที่ชื่อว่า β -1,4- glucan -4- glucano hydrolase ซึ่งสัตว์กระเพาะเดี่ยวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้ จึงเป็นการศึกษาถึงการใช้เอนไซม์เซลลูเลส ในการลดระดับของเชื้อโพรทิวใน PKM ลง พร้อมทั้งการใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อโพรทิวแล้ว ในระดับที่เหมาะสมไปใช้ในสูตรอาหารของไก่เบตง ในช่วงอายุ 2 – 10 สัปดาห์ ซึ่งไก่เบตงเป็นไก่พื้นเมืองที่มีคุณลักษณะดี และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของภาคใต้

การลดปริมาณเชื้อไวรัสรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส
และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อไวรัสรวม ระดับต่างๆในอาหารไก่เบตง

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการลดระดับของเชื้อไวรัสรวมใน PKM โดยการใช้เอนไซม์เซลลูเลส
2. เพื่อศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้ PKM ที่ลดเชื้อไวรัสรวมแล้ว ในสูตรอาหารไก่เบตงต่อสมรรถภาพการผลิต
3. เพื่อศึกษาส่วนประกอบทางโภชนาของ PKM ที่ลดเชื้อไวรัสรวมแล้ว และในอาหารสูตรทดลอง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ใช้ PKM ที่ได้จากการหีบผลปาล์มด้วยเกลียวอัด จากร้านค้าจำหน่ายวัตถุดิบอาหาร ในจังหวัดชุมพร เพื่อศึกษาการลดปริมาณเชื้อไวรัสรวมใน PKM ด้วยเอนไซม์เซลลูเลส ซึ่งเป็นเอนไซม์รวมทางการค้าของบริษัท Nuzyme เพื่อหาระดับการใช้เอนไซม์ที่สามารถย่อยเชื้อไวรัสรวมใน PKM ได้เหมาะสมที่สุด จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้ไปศึกษาผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 10 20 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารทดลอง เพื่อศึกษาสมรรถภาพการผลิตของไก่เบตง (Betong Chickens) ในระยะอายุ 0 - 12 สัปดาห์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง สุ่มเลือกไก่เบตง ซ้ำละ 2 ตัว เพศผู้ 1 ตัว และเพศเมีย 1 ตัว นำไปฆ่าและชำแหละ เพื่อศึกษาคุณภาพซากของไก่เบตง (Betong Chickens)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน มีชื่อสามัญว่า Oilpalm ชื่อวิทยาศาสตร์ *Elaeis guineensis Jacq* อยู่ในวงศ์ Tribe Cocones และมีชื่อทั่วไปว่า African oil palm ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่สำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งผลิตออกมาได้น้ำมันสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้หลากหลายประเภท นอกจากจะได้น้ำมันแล้วยังมีผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมันอีกด้วย ปาล์มน้ำมัน เหมาะสมกับสภาพอากาศร้อนชื้น จัดอยู่บริเวณใกล้เคียงกับเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นปาล์มน้ำมันจึงเจริญเติบโตได้ดีในภาคใต้ของประเทศไทย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552; กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, 2553)

2.2 ชนิดของกากปาล์มน้ำมัน

กากเนื้อเมล็ดในปาล์ม (Palm kernel) เป็นส่วนที่แยกเอาเปลือกและกะลาออกแล้วมีประมาณ 4 – 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีวิธีการสกัดน้ำมันออก 2 วิธี คือ 1) วิธีหีบน้ำมัน (Expeller pressed type) ทำได้โดยใช้สกรูเป็นเกลียวบีบให้น้ำมันออก วิธีนี้จะยังมีน้ำมันเหลืออยู่มากประมาณ 5 - 10 เปอร์เซ็นต์ และวิธีที่ 2) เป็นวิธีใช้สารเคมีสกัดน้ำมัน (Solvent extracted type) โดยการใช้สารเฮกเซน (Hexane) วิธีนี้จะทำให้อากที่ได้มีน้ำมันเหลืออยู่น้อยประมาณ 1 - 3 เปอร์เซ็นต์ และจะมีคุณภาพดีกว่าวิธีหีบน้ำมัน กากที่ได้จากการสกัดน้ำมันทั้ง 2 วิธี เรียกว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์ม (Palm Kernel Meal, PKM) (FAO, 1988; Chin, 2001) ปาล์มน้ำมันเป็นพืชสำหรับหีบเอาน้ำมันปาล์ม และจะได้กากปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้ในขบวนการผลิต (สยามล และคณะ, 2548 ; FAO, 1988) จะมีผลพลอยได้ 5 ชนิด (ภาพที่ 1) คือ

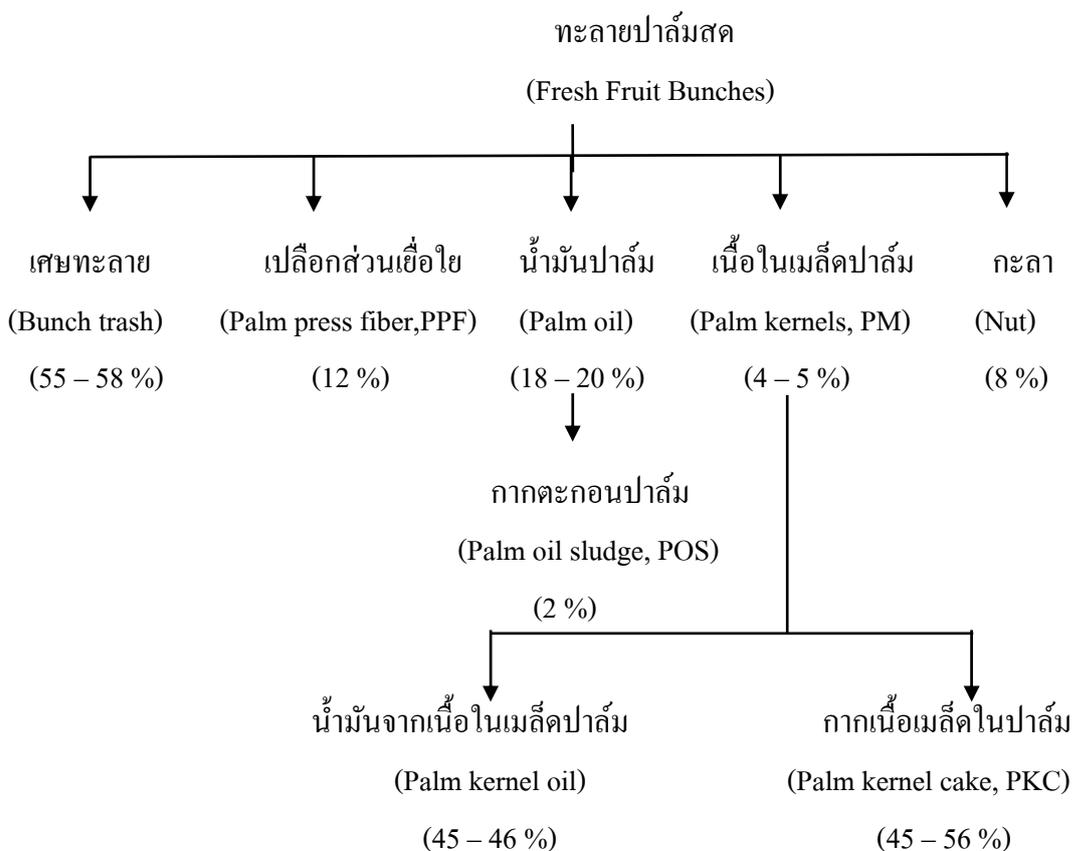
1. กากเชื้อใยปาล์ม (Palm press fiber, PPF) เป็นส่วนเปลือกของผลปาล์มที่หีบน้ำมันออกแล้วมีประมาณร้อยละ 12 ของปาล์มทั้งทะลาย ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงของโรงงาน
2. กากเมล็ดปาล์ม (Oil palm press seed meal, PSM) เป็นกากปาล์มที่ใช้เมล็ดโดยไม่แยกกะลาออก โดยทั่วไปเรียกว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Palm kernel cake, PKC) หรือกากเนื้อเมล็ดในปาล์มที่ไม่กะเทาะเปลือก และเป็นกากปาล์มที่มีการผลิตและมีการใช้เป็นอาหารสัตว์มาก กากปาล์มชนิดนี้มีส่วนประกอบของกะลาเนื้อมากและเห็นได้ชัด พบส่วนของเส้นใยปริมาณไม่มากนัก
3. กากเนื้อเมล็ดในปาล์ม (Palm kernel meal, PKM) เป็นกากปาล์มที่เอาเฉพาะเนื้อในมาผ่านขบวนการสกัดน้ำมัน เป็นกากปาล์มน้ำมันที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำมันพืชที่มีขนาดใหญ่มีขบวนการผลิตแยกส่วนซึ่ง มีความแตกต่างทางกายภาพกับกากปาล์มชนิดอื่นอย่างชัดเจน และประกอบด้วยส่วนของเนื้อเป็นส่วนมาก ส่วนของกะลาปาล์มพบว่ามีปะปนเพียงเล็กน้อย

การลดปริมาณเชื้อยีสรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อยีสรวม ระดับต่างๆ ในอาหารไก่เบตง

4. กากผลปาล์มน้ำมัน (Oil palm meal, PM) ประกอบด้วยเปลือกนอก (Husk) กะลา (Nut shell) และเนื้อในของเมล็ด (Palm kernel) (จินดา, 2548) โดยมากกากปาล์มชนิดนี้จะได้จากโรงงานที่มี ขบวนการผลิตแบบใช้เครื่องบีบน้ำมัน (expeller) และพบว่าเป็นกากปาล์มที่มีปริมาณการผลิตในท้องตลาด จำนวนมาก กากปาล์มชนิดนี้มีเชื้อยีสและกะลามาก โดยเฉพาะส่วนเชื้อยีสมีมากกว่ากากปาล์มชนิดอื่น ๆ

5. กากน้ำมันปาล์ม (Palm oil sludge, POS) ปริมาณของกากปาล์มชนิดนี้มีปริมาณน้อย ทั้งนี้ เนื่องจากเป็นส่วนที่ได้จากการกรองน้ำมัน ลักษณะทางกายภาพแตกต่างกับกากปาล์มชนิดอื่น และ ประกอบด้วยส่วนของกะลา เส้นใยและเนื้อ แต่ค่อนข้างเป็นชิ้นละเอียด ยกเว้นสำหรับโรงงานที่นำมาผสม กากพืช เพื่อช่วยให้สามารถอัดน้ำมันที่เหลืออยู่ในตะกอนน้ำมันออกได้อีก แต่จะมีการนำกากปาล์มนี้ไปผสม รวมกับกากปาล์มน้ำมัน

กากปาล์มที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ควรจะเป็นชนิดกะเทาะเปลือกซึ่งมีโปรตีนประมาณ 14 – 16 เปอร์เซ็นต์ และยังมีไขมันเหลืออยู่ประมาณ 10 – 15 เปอร์เซ็นต์ และมีกากหรือเชื้อยีส 14 – 15 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้ในอาหารสุกรและไก่ได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร แต่ที่เหมาะสมในการใช้คือระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ เพราะใช้มากจะทำให้เนื้อของอาหารมีลักษณะฟาม สัตว์จะกินอาหารได้น้อยลง (มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 2552)



ภาพที่ 1 แสดงสัดส่วนและผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ที่มา : FAO (1988)

2.3 ข้อจำกัดในการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน

กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันประกอบด้วยส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ง่ายได้แก่แป้งและน้ำตาล (mono-, disaccharide) นอกจากนี้ยังมีส่วนของเชื้อโพรไบโอติกที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch carbohydrate, NSC) หรือเชื้อโพรไบโอติกได้แก่ Non-starch polysaccharide (NSP) และ Oligosaccharide อื่นๆ ซึ่งในสัตว์ปีกไม่มีเอนไซม์ในการย่อยเชื้อโพรไบโอติกเหล่านี้ (Choct and Kocker, 2000) และใน PKM มีส่วนประกอบที่เป็นเชื้อโพรไบโอติกอยู่สูงประมาณ 41-46 เปอร์เซ็นต์ (สยามล และคณะ, 2548) ทำให้ไม่สามารถใช้ในสูตรอาหารสัตว์ปีกในระดับสูงได้ เพราะจะทำให้อาหารมีลักษณะฟาม ทำให้อัตราการกินได้ของสัตว์ลดลง และมีการย่อยได้ต่ำมากหรืออาจย่อยไม่ได้เลย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตและผลผลิตของสัตว์ (กองอาหารสัตว์กรมปศุสัตว์, 2553; Sundu and Dingle, 2003; Dairo and Fasuyi, 2008)

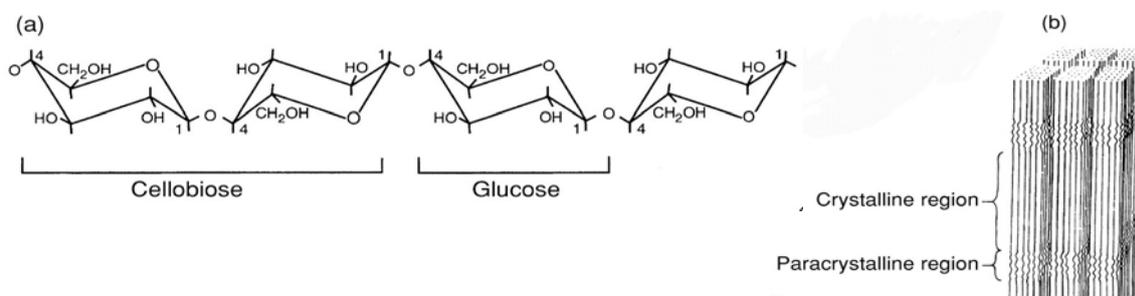
ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้งนี้ไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในสัตว์กระเพาะเดียว แต่จุลินทรีย์ในไส้ติ่งและลำไส้ใหญ่ของสุกรสามารถย่อยให้เป็นกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFA) และดูดซึมไปใช้เป็นพลังงานได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานที่กินเข้าไป แต่ในไก่การย่อยโดยจุลินทรีย์และการนำไปใช้ประโยชน์มีน้อยเพียง 2-3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความสามารถในการย่อยได้ของ NSC ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของตัวสัตว์ โครงสร้างทางเคมีของ NSC ความสามารถในการละลายน้ำ และปริมาณของ NSC ในอาหาร (Choct and Kocker, 2000; บุญล้อม, 2546) NSC แบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่

1. พอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิดนอกเหนือจากกลูโคส จับกันด้วยพันธะ β -1,3 และ β -1,4 glycosidic โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ 1) เซลลูโลส (cellulose) ไม่ละลายในน้ำ ในคาง หรือ กรดอ่อน (ภาพที่ 2) 2) พอลิเมอร์ที่ไม่ใช่เซลลูโลส (non-cellulosic polymers) ละลายน้ำได้บ้าง เช่น arabinoxylan, β -glucans, mannans, galactans, xyloglucan และ fructans และ 3) เพคติน (pectin polysaccharide) ละลายน้ำได้ ประกอบด้วย กัม (gum) และเพคติน (pectin) ซึ่งเป็นยางเหนียวหนืดและหมักย่อยอย่างรวดเร็วในลำไส้ใหญ่ส่วนต้น (Morz *et al.*, 2000; บุญล้อม, 2546; สุวรรณ, 2548) จากการที่ NSP มีสูตรโครงสร้างและการละลายหลากหลาย ด้วยเหตุนี้เอนไซม์ในสัตว์กระเพาะเดียวจึงไม่สามารถย่อยสลาย NPS ได้ นอกจากนี้ NPS ที่ละลายน้ำ จะมีคุณสมบัติอุ้มน้ำ ฟองตัวเป็นสารคล้ายวุ้นไปห่อหุ้มสารอาหารชนิดอื่น ทำให้เพิ่มความหนืดของสิ่งย่อยและเคลื่อนตัวอย่างช้าๆ ในทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นอุปสรรคในการเข้าย่อยของเอนไซม์จากสัตว์ NPS จึงเป็นสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ของโภชนาอื่น (anti-nutrients) โดยเฉพาะไขมัน เนื่องจาก NSP ไปห่อหุ้มเกลือน้ำดี ไขมันและโคเลสเตอรอล ทำให้มีการเร่งการสร้างเกลือน้ำดีจากโคเลสเตอรอลที่ตับ และถูกขับออกทางมูล จึงมีผลกระทบต่ออาการย่อยและดูดซึมของกรดไขมันและโคเลสเตอรอลในทางเดินอาหาร ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในสัตว์ ทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตและสมรรถภาพการผลิตลดลง (Choct and Kocker, 2000; บุญล้อม, 2546; สุวรรณ, 2548)

การลดปริมาณเชื้อยีสรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้น้ำมันไขมันและผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อยีสรวม ระดับต่างๆ ในอาหารไก่เบตง

2. โอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ประกอบด้วย monosaccharide 2-15 หน่วยต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก เช่น ฟรุคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (fructo-oligosaccharide, FOS) กาแลกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (galacto-oligosaccharide, GOS) หรือ แมนโนโอลิโกแซ็กคาไรด์ (manno-oligosaccharide, MOS) (สุวรรณา, 2548) สุกสามารถย่อยโอลิโกแซ็กคาไรด์ในลำไส้เล็กเพียง 40-50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนย่อยได้ 50-60 เปอร์เซ็นต์ และที่เหลือจะถูกย่อยต่อในลำไส้ใหญ่และไส้ติ่ง ซึ่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยไม่ได้ใน ลำไส้เล็ก จะส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น แลคโตแบซิลลัส (*Lactobacillus spp.*) และไบฟิโดแบคทีเรีย (*Bifidobacterium spp.*) แต่ขัดขวางการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีโทษ เช่น อีโคไล (*E. coli*) คลอสทริเดียม (*clostridium*) และโคลิฟอร์ม (*Coliforms*) เป็นต้น มีผลกระทบกึ่งกันของสัตว์ (Choct and Kocker, 2000) ทำให้สัตว์มีสุขภาพและสมรรถภาพการผลิตดีขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากโอลิโกแซ็กคาไรด์และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยไม่ได้ นี้ ถูกหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ เกิดเป็นกรดไขมันระเหยได้และกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acids, SCFA) เช่น กรดอะซิติก กรดบิวทีริก และกรดโพรพิโอนิก กรดแลคติก และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งผลผลิตที่ได้สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในกระบวนการเมตาบอลิซึมเพื่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและใช้คาร์บอนอะตอมที่ได้จากการหมักย่อยคาร์โบไฮเดรตเป็นโครงคาร์บอน (C-skeletal) ในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ (สุวรรณา, 2548) ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้จะทำให้ pH ในลำไส้ลดลง ไม่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีโทษ แต่ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (บุญล้อม, 2546)

เนื่องจาก NSP มีสูตรโครงสร้างและการละลายหลากหลาย เอนไซม์ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวจึงไม่สามารถย่อยสลาย NPS ได้ ดังนั้นในการใช้ประโยชน์วัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูงจะต้องอาศัยเอนไซม์ที่จำเพาะในการย่อยโครงสร้างต่างๆ เหล่านี้ (Sundu and Dingle, 2003; Lyayi and Davies, 2005; Khandeparker and Numan, 2008; Sekoni *et al.*, 2008) โดยเอนไซม์สามารถย่อยองค์ประกอบของเยื่อใยทั้งเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสได้ออกมาเป็นน้ำตาล ดังนั้นเอนไซม์จึงเป็นสิ่งสำคัญในการย่อยองค์ประกอบของโครงสร้างเยื่อใย (Sheppy, 2001; Lyayi and Davies, 2005)



ภาพที่ 2 โครงสร้างของเซลลูโลส (a) โครงสร้างของ cellobiose และ glucose (b) โครงสร้างของ cellulose microfibrils ประกอบด้วย Crystalline region และ Paracrystalline region

ที่มา: Bhat and Hazlewood (2001)

2.4 เอนไซม์ (Enzyme)

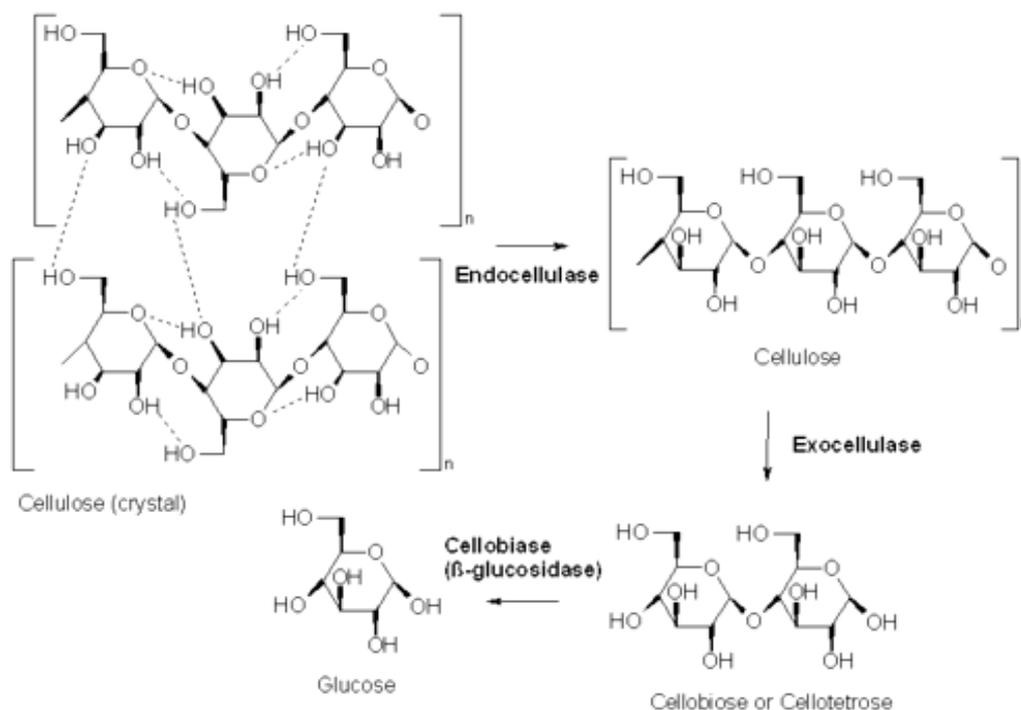
เอนไซม์ (Enzyme) คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพ เป็นสารประกอบพวกโปรตีน โดยเอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารที่ทำปฏิกิริยาซึ่งเรียกว่า ซับสเตรต (Substrate) และสามารถเร่งปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ไม่เปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์อื่น (ปราณี, 2547)

เอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase)

คุณสมบัติทั่วไปของเอนไซม์เซลลูเลสคือ มีมวลโมเลกุลโดยเฉลี่ย 63,000 มีค่า pH 5.5 – 6.0 มีความเสถียรที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสนาน 5 นาที ที่ pH 7.0 จะถูกยับยั้งด้วยไอออนของโลหะหนัก สารพวกซัลไฟไตรล สารทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน ริดักชัน (ปราณี, 2547)

เอนไซม์เซลลูโลสมีชื่อที่เป็นระบบคือ 1, 4 - (1, 3 ; 1, 4) - β - D - glucan 4 - glucanohydrolase (Marquardt, 1997) เอนไซม์เซลลูเลสประกอบด้วย Endoglucanase (Endo - 1, 4 - β - D - glucanohydrolase) Exoglucanase หรือ cellobiohydrolase (Exo - 1, 4 - β - D - glucan cellulohydrolase) และ β - glucosidase หรือ cellobiase (β - D - glucosidase) เอนไซม์ต่างๆเหล่านี้จะทำหน้าที่ย่อยเซลลูโลส ทำให้โครงสร้างของเยื่อใยแตกออกมีขนาดเล็กลง เกิดการปลดปล่อยน้ำตาลได้มากขึ้น ทำให้เพิ่มการย่อยได้ภายในลำไส้ของไก่ ในการทำงานของเอนไซม์เพื่อย่อยสลายเซลลูโลส โดยเบื้องต้นเอนไซม์ Endocellulase ทำลายพันธะกิ่งก้านสาขา (β -1,4-glycosidic bond) ของโครงสร้างเซลลูโลส (crystalline cellulose) ทั้งในส่วนของอสัณฐาน (amorphous หรือ paracrystalline region) และส่วนที่เป็นผลึก (cristalline region) ได้เป็น celluloses ที่เป็นเส้นตรง จากนั้นเอนไซม์ Exocellulose ก็จะสลายพันธะ β -1,4 linkages ของ cellulose ได้เป็นน้ำตาลสองโมเลกุล (cellobiose) และน้ำตาลสี่โมเลกุล (cellotetrose) และสุดท้ายเอนไซม์ β - Glucosidase จะทำการสลายน้ำตาลสองโมเลกุลและน้ำตาลสี่โมเลกุล กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ น้ำตาลกลูโคส ดังภาพที่ 3 (Bhat and Hazlewood, 2001)

การลดปริมาณเชื้อยีสรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อยีสรวม ระดับต่างๆ ในอาหารไก่เบตง



ภาพที่ 3 กลไกการปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคส

ที่มา : นีรนาม (2552)

2.5 คุณค่าทางอาหารของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน

FAO (1988) รายงานว่า PKM ที่ผ่านกรรมวิธีการสกัดแตกต่างกันจะมีเปอร์เซ็นต์ของส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยการสกัดด้วยสารเคมี (Solvent extracted type) จะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ได้ต่ำกว่าวิธีการหีบน้ำมัน (Expeller pressed type) ดังนั้น PKM ที่ได้มาจากวิธีการสกัดด้วยสารเคมีจึงมีคุณภาพดีกว่าวิธีการหีบน้ำมัน ซึ่งสอดคล้องกับ จินดา (2548); Chin (2001); Alimon (2004); Sundu and Dingle (2003) และ Boateng *et al.* (2008) พบว่าการสกัด PKM ด้วยสารเคมี มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำกว่าวิธีการหีบน้ำมัน ปริมาณไขมันของ PKM ที่เหลือจากวิธีการสกัดด้วยสารเคมี มีค่าประมาณอยู่ในช่วง 0.5 - 3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไขมันเหลือจากวิธีการหีบน้ำมันอยู่ในช่วงประมาณ 4 - 9 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันได้จากวิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดปาล์มน้ำมันด้วยการใช้สารเคมีกับการสกัดด้วยวิธีการหีบน้ำมัน

	แหล่งที่มาของข้อมูล				
	จินดา	Chin	Alimon	Sundu and	Boateng
วิธีการสกัดน้ำมัน	(2548)	(2001)	(2004)	Dingle (2003)	<i>et al.</i> (2008)
สกัดด้วยสารเคมี	0.73	0.50-3.00	1.00-2.00	0.50-3.00	0.95
สกัดด้วยการหีบน้ำมัน	9.12	5.00-12.00	4.00-8.00	5.00-12.00	7.83

การลดปริมาณเชื้อยีสรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส
และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อยีสรวม ระดับต่างๆในอาหารไก่เบตง

แต่อย่างไรก็ตาม PKM จัดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และยังไม่พบสารพิษ Aflatoxin ใน PKM (Oluwafemi, 2009; Sue, 2004) PKM ที่ได้จากการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการหีบน้ำมัน มีเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง (Dry matter, DM) 88 – 94 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) 14.50 – 19.60 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ (Crude fiber, CF) 13 – 20 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน (Ether extract, EE) 5 – 8 เปอร์เซ็นต์ เถ้า (Ash) 3 – 12 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ (NFE) 46.70 – 58.80 เปอร์เซ็นต์ และ Neutral detergent fiber (NDF) 66.80 - 78.90 เปอร์เซ็นต์ (Alimon, 2004) ซึ่งผลการวิเคราะห์สอดคล้องและใกล้เคียงกับผลการทดลองของ จินดา (2548); Chin (2001); Wing Keong (2004); Dairo and Fasuyi (2008) และ Sue (2004) ดังตารางที่ 2

นอกจากนี้ Chin (2001) รายงานว่า PKM ที่ได้จากการสกัดด้วยการใช้สารเคมี มีเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยหยาบ ไขมัน เถ้า ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ (NFE) และ Neutral detergent fiber (NDF) มีค่าเท่ากับ 89.00, 15.30, 14.30, 2.90, 4.10, 63.40 และ 66.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีผลสอดคล้องกับ จินดา (2548) และ Zahari *et al.* (2003) ที่มีคุณค่าอาหารใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 2

Slominski *et al.* (2006) รายงานผลการเสริมเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 340 ยูนิตต่อกรัม ลงในเมล็ดลินิน (flax seed) สามารถย่อย NSP ในเมล็ดลินินได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสังเกตจากค่าของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ และค่า NSP ที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมเอนไซม์ โดยปริมาณ NSP ลดลง 22.07 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 3 และสอดคล้องกับการทดลองของ Meng *et al.* (2005) พบว่าการเสริมเอนไซม์เซลลูเลส ที่ระดับ 340 ยูนิตต่อกรัม สามารถย่อย NSP ของเมล็ดข้าวสาลี เมล็ดคาโนล่า กากถั่วเหลือง และถั่วลิสง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งดูจากค่าของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ และค่า NSP ของเมล็ดธัญพืชที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมเอนไซม์ โดยปริมาณ NSP ของเมล็ดข้าวสาลีลดลง 34.66 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดคาโนล่าลดลง 11.76 เปอร์เซ็นต์ และถั่วลิสงลดลง 10.43 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุในการปลดปล่อยน้ำตาล เกิดจากการที่เอนไซม์เข้าไปทำหน้าที่ในการย่อย NSP หรือเรียกอีกอย่างว่าเยื่อใย ทำให้โครงสร้างของเยื่อใยเกิดการสลายตัวจึงปลดปล่อยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวออกมา คือน้ำตาลกลูโคส (Malathi and Devegowda, 2001) ดังตารางที่ 4

การลดปริมาณเชื้อใยรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส
และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อใยรวม ระดับต่างๆในอาหารไก่เบตง

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของ PKM ด้วยวิธีการสกัดน้ำมันโดยการหีบน้ำมันและการใช้สารเคมี

แหล่งที่มาของข้อมูล	วัตถุแห้ง	ส่วนประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)				
		โปรตีน หยาบ	เยื่อใย หยาบ	ไขมัน	เถ้า	ไนโตรเจนฟรี แอกแทรกซ์
การสกัดน้ำมันโดยการหีบน้ำมัน						
จินดา (2548)	-	14.46	26.29	9.21	4.53	45.51
Perez <i>et al.</i> (2000)	91.40	9.70	24.90	12.10	2.90	-
	92.70	14.60	12.10	9.10	4.30	59.90
Chin (2001)	93.00	14.80	15.70	9.80	4.20	55.50
	89.10	16.00	16.80	10.60	4.10	52.50
Alimon (2004)	88 - 94.5	14.5 - 19.6	13 - 20	5 - 8	3 - 12	46.7 - 58.8
Sue (2004)	91.00	14.00	23.00	8.00	6.00	-
Wing Keong (2004)	-	16.86	15.12	6.82	6.58	54.62
Dairo and Fasuyi (2008)	91.80	20.40	15.47	8.63	7.56	49.00
Sekoni <i>et al.</i> (2008)	94.00	14 - 21	21 - 23	-	6.00	-
การสกัดน้ำมันโดยใช้สารเคมี						
จินดา (2548)	-	16.15	16.03	0.73	7.91	59.91
Chin (2001)	89.00	15.30	14.30	2.90	4.10	63.40
	91.00	15.20	16.00	1.80	3.80	63.20
	91.00	15.00	15.60	0.90	3.50	65.00
Zahari <i>et al.</i> (2003)	-	17.20	17.10	1.50	4.30	-

หมายเหตุ : - ไม่มีข้อมูล

การลดปริมาณเชื้อยีสรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส
และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อยีสรวม ระดับต่างๆในอาหารไก่เบตง

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของน้ำตาลและปริมาณ NSP ของเมล็ดลินินที่มีการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์เซลลูเลส

เมล็ดลินิน	ส่วนประกอบของน้ำตาล (กรัมต่อกิโลกรัม)						ผลรวมของ NSP
	แรมโนส	อลา บิโนส	ไซโลส	กาแลกโตส	กลูโคส	กรดยูโรนิก	
ไม่เสริมเอนไซม์	15.10	27.00 ^a	57.30 ^a	27.00 ^a	80.10 ^a	62.70 ^a	271 ^a
เสริมเอนไซม์	15.60	21.90 ^b	48.20 ^b	22.50 ^b	57.80 ^b	54.20 ^b	222 ^b

^{a-b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

ที่มา : Slominski *et al.* (2006)

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบของน้ำตาลและปริมาณ NSP ของเมล็ดข้าวสาลี เมล็ดคาโนล่า กากถั่วเหลือง และเมล็ดถั่วลิสง ที่มีการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์เซลลูเลส

เมล็ดธัญพืช	ส่วนประกอบของน้ำตาล (กรัมต่อกิโลกรัม)						ผลรวมของ NSP
	อลา บิโนส	ไซโลส	แมนโนส	กาแลกโตส	กลูโคส	กรดยูโรนิก	
เมล็ดข้าวสาลี							
ไม่เสริมเอนไซม์	19.90 ^a	24.70 ^a	3.60	3.40	36.20 ^a	-	87.80 ^a
เสริมเอนไซม์	12.20 ^b	15.90 ^b	2.80	3.20	31.10 ^b	-	65.20 ^b
เมล็ดคาโนล่า							
ไม่เสริมเอนไซม์	31.50 ^a	15.40 ^a	4.20	14.20	53.50 ^a	47.00	171.00 ^a
เสริมเอนไซม์	27.80 ^b	13.80 ^b	3.80	14.10	41.40 ^b	46.90	153.00 ^b
กากถั่วเหลือง							
ไม่เสริมเอนไซม์	20.20 ^a	12.00 ^a	5.60	44.00	34.90 ^a	27.90	148.00
เสริมเอนไซม์	17.30 ^b	10.50 ^b	5.20	44.10	31.50 ^b	27.40	139.00
เมล็ดถั่วลิสง							
ไม่เสริมเอนไซม์	16.80 ^a	8.60	2.50	5.00	70.30 ^a	20.50	127.00 ^a
เสริมเอนไซม์	13.50 ^b	7.80	2.40	5.00	63.10 ^b	20.00	115.00 ^b

^{a-b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

- ไม่มีข้อมูล

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Meng *et al.* (2005)

2.6 การใช้เอนไซม์และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารไก่

ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวนั้นไม่สามารถย่อยอาหารเชื้อใยได้ โดยอาศัยน้ำย่อยอาหารของสัตว์ตัวเอง ดังนั้น จึงมีการเสริมเอนไซม์เพื่อช่วยในการย่อยอาหารเชื้อใย เนื่องจากอาหารเชื้อใยสูงมีผลในการยับยั้งการดูดซึมของกรดเกลือและน้ำดีในระบบย่อยอาหาร (นิวัตติ, 2531) ซึ่งโดยทั่วไปในไก่เนื้อสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารโดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต (Sandu *et al.*, 2006(a)) จากรายงานการศึกษาของ Sundu and Dingle (2003) พบว่าการเสริมเอนไซม์ทำให้คุณค่าทางโภชนาของ PKM ดีขึ้น คือควรเสริมเอนไซม์รวม แมนเนส แอลฟา - กาแลกทูซิเดส และ เซลลูเลส เพื่อมาย่อย แมนแนน เซลลูโลส และสายของกาแลกทูซิดิก ของ PKM เพราะใน PKM มีทั้งเซลลูโลสและแมนแนนที่เกาะกันอยู่ ดังนั้นถ้าเสริมเอนไซม์เซลลูเลสเพียงตัวเดียวจะสามารถย่อยสลายโครงสร้างของเซลลูโลสได้ แต่ไม่สามารถย่อยสลายโครงสร้างของแมนแนนได้ จึงแนะนำให้ใช้เอนไซม์รวมในการย่อย PKM พบว่าเมื่อเสริมเอนไซม์รวมสามารถเพิ่มการย่อยได้ของ PKM จาก 46 - 54 เปอร์เซ็นต์ เป็น 54 - 67 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเสริมเอนไซม์เซลลูเลสเพียงตัวเดียว สอดคล้องกับการทดลองของ Bothell (2001) และ Boateng *et al.* (2008) รายงานว่าควรมีการเสริมเอนไซม์แมนเนสลงใน PKM เพื่อย่อยแมนแนน (mannan) เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ของ PKM ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว โดย Bothell (2001) พบว่าเมื่อเสริมเอนไซม์แมนเนสลงใน PKM มีผลทำให้ NDF (ผนังเซลล์) ลดลง 73.72 เปอร์เซ็นต์ ADF (ลิกโนเซลลูโลส คือ ลิกนินรวมกับเซลลูโลส) ลดลง มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ และเฮมิเซลลูโลส มีค่าลดลง 19.66 เปอร์เซ็นต์ และ Sae - Lee (2007) รายงานผลการเสริมเอนไซม์ แมนเนส เซลลูเลส และไซแลนเนส หมักใน PKM พบว่าเอนไซม์ทั้งสามตัวนี้สามารถลดระดับของ NSP ได้ โดยสังเกตจากการลดลงของแมนแนน ที่เป็นส่วนประกอบหลักของ NSP ใน PKM ถึง 78 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้โดย

นอกจากนี้ยังมีการทดลองของ Sundu *et al.* (2006(b)) พบว่าการเพิ่มระดับการใช้กากเนื้อมะพร้าว (0 10 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์) ที่สูงขึ้นในสูตรอาหารไก่กระตัง มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร การย่อยได้ของวัตถุดิบ การย่อยได้ของโภชนา และพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ ยิ่งลดลง ($P < 0.05$) และการเสริมเอนไซม์ทางการค้า ทั้ง 3 ชนิด คือ Hemicell, Allzyme SSF และ เอนไซม์รวม (Hemicell + Allzyme SSF + Gamanase) ในระดับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร การย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน ไขมัน และพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ ของทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเสริมเอนไซม์ ($P < 0.05$) ซึ่งผลการทดลองขัดแย้งกับการทดลองของ Ponte *et al.* (2004) รายงานผลการศึกษาการเสริมเอนไซม์ย่อยเชื้อใยรวมทางการค้า (Roxazyme G) และเอนไซม์เซลลูเลสผสมเอนไซม์ไซแลนเนส ในสูตรอาหารที่มีส่วนประกอบของถั่วอัลฟัลฟา 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเสริมเอนไซม์ไม่มีผลในการปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ($P > 0.05$) ในไก่เนื้อระยะอายุ 35 -60 วัน และ Lyayi and Davies

การลดปริมาณเชื้อโพรไบโอติกในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส
และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อโพรไบโอติก ระดับต่างๆ ในอาหารไก่เบตง

(2005) ได้ศึกษาการเสริมเอนไซม์ทางการค้าชื่อ Avizyme[®] ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ไซลันเนส (xylanase) โปรตีเอส (protease) และ อะไมเลส (amylase) ในสูตรอาหารไก่เนื้อที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับอาหารสูตรควบคุม ผลการทดลองรายงานว่า ในช่วงระยะเริ่มต้น อายุ 0–4 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารสูตรกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเสริมเอนไซม์ Avizyme มีปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างกันกับไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ($P>0.05$) เมื่อถึงระยะสิ้นสุด (ระยะอายุ 5-8 สัปดาห์) พบว่า ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์ Avizyme มีปริมาณอาหารที่กินสูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนอัตราการแลกเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่กลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์ Avizyme กับไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการลดปริมาณเชื้อใยรวมใน PKM โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส และผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อใยรวม ระดับต่างๆในอาหารไก่เบตง ได้ดำเนินการทดลองศึกษาวิจัยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาผลการลดปริมาณเชื้อใยรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส

3.1.1 อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อใย
2. Drying oven
3. Muffle furnace
4. Crucible ที่มีขนาด filter ประมาณ 40 – 90 microns
5. โถอบแห้ง
6. Analytical balance
7. Pipette

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 1.25 %
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 1.25 %
3. Antifoam agents (n - Otanal)
4. Acetone
5. Acetic acid
6. Sodium acetate
7. ยาปฏิชีวนะ Ketoconazole และ Amoxicillin
8. เอนไซม์เซลลูเลส

การลดปริมาณเชื้อใยรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อใยรวม ระดับต่างๆ ในอาหารไก่เบตง

3.1.2 วิธีการศึกษาวิจัย

นำตัวอย่างกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (PKM) มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิธีการ Proximate Analysis ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และเชื้อใย ตามวิธีการของ A.O.A.C. (1990) จากนั้นทำการศึกษาระดับของการใช้เอนไซม์เซลลูเลสที่เหมาะสมในการลดระดับเชื้อใยรวมของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยจะใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ที่แตกต่างกัน 6 ทริทเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย

T1 = ใช้เอนไซม์เซลลูเลส 0 มิลลิกรัมต่อกรัม PKM

T2 = ใช้เอนไซม์เซลลูเลส 0.15 มิลลิกรัมต่อกรัม PKM

T3 = ใช้เอนไซม์เซลลูเลส 0.3 มิลลิกรัมต่อกรัม PKM

T4 = ใช้เอนไซม์เซลลูเลส 0.6 มิลลิกรัมต่อกรัม PKM

T5 = ใช้เอนไซม์เซลลูเลส 1.2 มิลลิกรัมต่อกรัม PKM

T6 = ใช้เอนไซม์เซลลูเลส 2.4 มิลลิกรัมต่อกรัม PKM

วิธีการ

นำ PKM 9.5 กรัม เติมสารละลายเอนไซม์เซลลูเลส 50 มิลลิลิตร (การเตรียมสารในภาคผนวก) และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมง หลังจากการเติมสารละลายเอนไซม์เซลลูเลส นำตัวอย่างที่ได้ไปอบแห้ง เพื่อนำมาวิเคราะห์เชื้อใยรวมด้วยวิธี Asbestos – Free Method (AOAC, 1980)

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างปัจจัยแบบลิสสแควร์ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design ; CRD) โดยมีรูปแบบการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \alpha_{ij} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, 3, \dots, 6 \\ j = 1, 2, 3 \end{matrix}$$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตผลของปริมาณเชื้อใยรวม

μ = ค่าเฉลี่ยรวมของค่าสังเกต

T_i = อิทธิพลของระดับเอนไซม์เซลลูเลสที่ใช้

α_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

การลดปริมาณเชื้อใยรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส
และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อใยรวม ระดับต่างๆ ในอาหารไก่เบตง

3.2 ศึกษาผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อใยรวม ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เบตง

3.2.1 อุปกรณ์

1. เครื่องบดวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Hammer mill)
2. เครื่องผสมอาหารแบบแนวนอน (Horizontal Mixers)
3. เครื่องชั่งขนาด 1, 15 และ 60 กิโลกรัม
4. ถังอาหารและกระปุกน้ำ
5. แผงกั้นกกและหลอดไฟกก
6. เวชภัณฑ์ ได้แก่ วิตามิน ปูนขาว โซดาไฟ วัคซีนฝีดาษ วัคซีนนิวคาสเซิล และวัคซีน

หลอดลมอักเสบ

3.2.2 วิธีการศึกษาวิจัย

การทดลองใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ที่ผ่านการลดเชื้อใยรวมด้วยเอนไซม์เซลลูเลส ในระดับที่เหมาะสมที่สุด (จากการทดลองที่ 1) มาใช้ในการเลี้ยงไก่เบตง สายพันธุ์พัฒนา จากอำเภอเบตง จังหวัดยะลา อายุ 1 วัน จำนวน 330 ตัว เลี้ยงจนกระทั่งอายุ 12 สัปดาห์ การทดลองจะแบ่งไก่ออกเป็น 6 กลุ่มตามอาหารทดลอง กลุ่มละ 5 ซ้ำๆ ละ 11 ตัว ซึ่งอาหารทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ระยะคือระยะอายุ 0-6 สัปดาห์ และระยะอายุ 7-12 สัปดาห์ โดยอาหารทดลองจะแบ่งตามระดับของการใช้ PKM ที่ผ่านการลดระดับเชื้อใยรวมแล้ว ที่ระดับ 0 10 20 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 5 และ 6) โดยแต่ละสูตรมีระดับโปรตีน และพลังงานใกล้เคียงกัน ตลอดการทดลองไก่จะได้รับอาหารและน้ำดื่มที่ตลอดเวลาเหมือนกันทุกกลุ่ม พร้อมทั้งบันทึกค่าสมรรถภาพการผลิต ตลอดช่วงเวลาที่ทำการทดลอง

การลดปริมาณเชื้อยีสรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส
และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อยีสรวม ระดับต่างๆในอาหารไก่เบตง

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบวัตถุดิบของอาหารทดลองสำหรับไก่เบตงในระยะเวลาอายุ 0 – 6 สัปดาห์

วัตถุดิบ (%)	ควบคุม	ปริมาณกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ¹ (%)				
		10	20	30	40	50
ข้าวโพด	59.50	41.00	27.00	28.60	22.45	8.44
มันสำปะหลัง	8.00	18.15	21.82	11.98	9.80	13.70
กากถั่วเหลือง (44% CP)	25.30	22.20	20.00	15.20	10.45	9.00
ปลาป่น (60% CP)	3.00	4.80	5.64	7.00	9.00	9.30
กากเนื้อเมล็ดปาล์ม	-	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00
ไขมันพืช	-	0.30	2.20	4.00	5.50	7.00
เปลือกหอยป่น	1.60	1.45	1.34	1.12	1.00	1.06
ไคแคลเซียมฟอสเฟต (18% P)	1.60	1.10	1.00	1.10	0.80	0.50
เกลือ	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ฟอสฟอรัส ¹	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
รวม	100	100	100	100	100	100
ราคา(บาท)/กิโลกรัม	13.91	13.68	13.73	14.01	14.21	14.06
องค์ประกอบทางเคมี (จากการวิเคราะห์)						
วัตถุแห้ง (%)	92.70	91.92	92.33	92.30	92.90	93.32
ความชื้น (%)	7.30	8.08	7.67	7.70	7.10	6.68
โปรตีน (%)	19.00	18.52	19.00	18.99	18.69	19.29
ไขมัน (%)	0.62	1.08	2.13	3.68	5.83	5.81
เชื้อยีส (%)	3.10	4.80	6.86	7.11	8.72	10.59
เถ้า (%)	6.36	6.47	7.24	7.48	8.03	8.85

¹ เสริมเอนไซม์เซลลูเลสในสูตรอาหารทดลองในระดับ 1.2 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM

² ส่วนประกอบต่ออาหาร 100 กิโลกรัม: vitamin A 1,500,000 IU; vitamin D₃ 300,000 IU; vitamin E 2,500 IU ; vitamin K₃ 50 g; vitamin B₁ 0.25 g; vitamin B₂ 0.7 g; vitamin B₆ 0.45 g; vitamin B₁₂ 2.5 mg; pantothenic acid 3.5 g; nicotinic acid 3.5 g; choline chloride 25 g; biotin 2.5 mg; Cu 0.16 g; folic acid 50 mg; Mn 6 g; Se 15 mg; Fe 8 g; I 40 mg และ Zn 4.5 g.

การลดปริมาณเชื้อยีสรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส
และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อยีสรวม ระดับต่างๆ ในอาหารไก่เบตง

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบวัตถุดิบของอาหารทดลองสำหรับไก่เบตงในระยะเวลาอายุ 7 – 12 สัปดาห์

วัตถุดิบ (%)	ควบคุม	ปริมาณกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ¹ (%)				
		10	20	30	40	50
ข้าวโพด	61.00	43.55	27.00	30.00	24.00	7.40
มันสำปะหลัง	9.80	19.70	25.70	14.10	11.10	17.72
กากถั่วเหลือง (44% CP)	23.20	18.40	16.80	14.00	10.40	8.00
ปลาป่น (60% CP)	1.00	4.00	4.70	4.40	5.60	6.80
กากเนื้อเมล็ดปาล์ม	-	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00
ไขมันพืช	-	-	1.80	3.80	5.50	7.00
เปลือกหอยป่น	1.50	1.60	1.60	1.60	1.60	1.58
ไดแคลเซียมฟอสเฟต (18% P)	2.50	1.75	1.40	1.10	0.80	0.50
เกลือ	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ฟอสฟอรัส ¹	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
รวม	100	100	100	100	100	100
ราคา(บาท)/กิโลกรัม	13.26	13.15	13.11	13.11	13.23	13.20
องค์ประกอบทางเคมี (จากการวิเคราะห์)						
วัตถุแห้ง (%)	92.43	91.82	91.78	91.44	91.36	91.37
ความชื้น (%)	7.57	8.18	8.22	8.56	8.64	8.63
โปรตีน (%)	16.08	16.65	17.62	17.14	17.72	17.98
ไขมัน (%)	1.16	1.55	2.96	2.88	3.66	3.86
เชื้อยีส (%)	3.04	4.70	5.79	6.99	7.31	9.34
เถ้า (%)	6.54	6.89	7.58	7.06	7.63	9.45

¹ เสริมเอนไซม์เซลลูเลสในสูตรอาหารทดลองในระดับ 1.2 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM

² ส่วนประกอบต่ออาหาร 100 กิโลกรัม: vitamin A 1,500,000 IU; vitamin D₃ 300,000 IU; vitamin E 2,500 IU ; vitamin K₃ 50 g; vitamin B₁ 0.25 g; vitamin B₂ 0.7 g; vitamin B₆ 0.45 g; vitamin B₁₂ 2.5 mg; pantothenic acid 3.5 g; nicotinic acid 3.5 g; choline chloride 25 g; biotin 2.5 mg; Cu 0.16 g; folic acid 50 mg; Mn 6 g; Se 15 mg; Fe 8 g; I 40 mg; และ Zn 4.5 g.

การลดปริมาณเชื้อใยรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อใยรวม ระดับต่างๆ ในอาหารไก่เบตง

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างปัจจัยแบบลิสสแควร์ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) และแสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีแบบหุนการวิเคราะห์ทางสถิติดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}, \quad i = 1, 2, 3$$

$$j = 1, 2, \dots, 8$$

- เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตจากผลสมรรถภาพการผลิต
 μ = ค่าเฉลี่ยร่วมของค่าสังเกต
 T_i = อิทธิพลของชนิดแหล่งพลังงานในอาหารทดลอง
 ϵ_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาการทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2552 – กันยายน 2553

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาผลการลดปริมาณเชื้อโพรทิวในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ PKM

องค์ประกอบทางเคมีของ PKM วิเคราะห์โดยวิธี Proximate Analysis ซึ่ง PKM ประกอบด้วย วัตถุแห้ง ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีนรวม และเชื้อโพรทิว เท่ากับ 96.27, 3.72, 7.81, 0.36, 17.09 และ 17.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด)

องค์ประกอบทางเคมี	เปอร์เซ็นต์
วัตถุแห้ง	96.27
ความชื้น	3.73
เถ้า	7.81
ไขมัน	0.36
โปรตีนรวม	17.09
เชื้อโพรทิว	17.78

ผลการลดปริมาณเชื้อโพรทิวของ PKM โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส

ผลของการใช้เอนไซม์เซลลูเลสในการลดปริมาณเชื้อโพรทิว ของ PKM โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลสเสริมที่ระดับ 0.15, 0.3, 0.6, 1.2 และ 2.4 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM ใช้เวลาในการหมักนาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งจากการศึกษา พบว่าการเสริมเอนไซม์เซลลูเลสเพื่อลดปริมาณเชื้อโพรทิว ของ PKM ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมเอนไซม์ โดยกลุ่มควบคุมมีปริมาณเชื้อโพรทิวเท่ากับ 18.64 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากกลุ่มที่เสริมเอนไซม์ เซลลูเลสที่ระดับต่าง ๆ ดังนี้ เสริมเอนไซม์เซลลูเลสใน ระดับ 0.15, 0.3, 0.6, 1.2 และ 2.4 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM ทำให้ PKM มีเชื้อโพรทิวลดลงจากกลุ่มควบคุมโดยมีค่าเท่ากับ 17.43, 17.30, 17.23, 15.67 และ 15.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 8 จากผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Meng *et al.* (2005) ที่ทดลองเสริมเอนไซม์เซลลูเลส ที่ระดับ 340 ยูนิตต่อกรัมของอาหาร มีผลทำให้ปริมาณ NSP ของเมล็ดข้าวสาลี เมล็ดคาโนล่า กากถั่วเหลือง และถั่วลิสง ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมเอนไซม์ ($P < 0.05$) โดยปริมาณ NSP ของเมล็ดข้าวสาลีลดลง 34.66 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดคาโนล่าลดลง 11.76 เปอร์เซ็นต์ และถั่วลิสงลดลง 10.43 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการทดลองของ

การลดปริมาณเชื้อไวรัสรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส
และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อไวรัสรวม ระดับต่างๆในอาหารไก่เบตง

Slominski *et al.* (2006) เสริมเอนไซม์เซลลูเลส ที่ระดับ 340 ยูนิตต่อกรัมในเมล็ดลิโนิน พบว่าเอนไซม์เซลลูเลสทำให้ปริมาณ NSP ในเมล็ดลิโนินลดลง 22.07 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมเอนไซม์ ($P < 0.05$) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้เอนไซม์เซลลูเลส มีผลทำให้ปริมาณเชื้อไวรัสรวมลดลงได้ เนื่องจากเอนไซม์เซลลูเลสไปทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบที่ผนังเซลล์ ของ PKM ทำให้โครงสร้างเชื้อไวรัสของเซลลูโลสแตกตัวออก และมีขนาดเล็กลงทำให้ปลดปล่อยน้ำตาลได้มากยิ่งขึ้น จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้มี PKM มีเชื้อไวรัสรวมลดลง (Malathi and Devegowda, 2001 ; Beauchemin *et al.*, 2003 ; Meng *et al.*, 2005)

ตารางที่ 8 ปริมาณเชื้อไวรัสรวมใน PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส (มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM)					
	0	0.15	0.3	0.6	1.2	2.4
ปริมาณเชื้อไวรัสรวม	18.64 ± 0.29 ^a	17.43 ± 0.17 ^b	17.30 ± 0.26 ^b	17.23 ± 0.72 ^b	15.67 ± 0.59 ^c	15.3 ± 0.92 ^c

^{a-c} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P < 0.01)

4.2 ศึกษาผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อไวรัสรวมต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เบตง

การศึกษาค้นคว้าผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อไวรัสรวมด้วยเอนไซม์เซลลูเลส ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เบตง แบ่งออกเป็น 3 ระยะการทดลองตามอาหารทดลองคือระยะ 0 – 6 สัปดาห์, 7 – 12 สัปดาห์ และ 0 – 12 สัปดาห์ ผลการทดลองเป็นดังนี้

4.2.1 ผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อไวรัสรวมต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เบตงในระยะอายุ 0 – 6 สัปดาห์

ผลการทดลองในระยะอายุ 0 – 6 สัปดาห์ (ตารางที่ 9) พบว่า น้ำหนักเริ่มต้นของไก่ทั้ง 5 กลุ่ม คือกลุ่มที่ใช้ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส 12 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM ที่ระดับ 0 10 20 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักตัวที่ 6 สัปดาห์ และอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่ใช้ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) ส่วนกลุ่มที่ใช้ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ไก่ทั้ง 5 กลุ่มมีปริมาณอาหารที่กิน และต้นทุนค่าอาหาร มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำที่สุด รองลงมาคือไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) ส่วนกลุ่มที่ใช้ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Sandu *et al.* (2006(b)) พบว่าและการเสริมเอนไซม์ทางการค้า ทั้ง 3 ชนิด คือ Hemicell, Allzyme SSF และเอนไซม์รวม (Hemicell + Allzyme SSF +Gamanase) ในระดับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร การย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน ไขมัน และพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ ของทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเสริมเอนไซม์ ($P<0.05$) จากผลการทดลองพบว่าเราสามารถใส่กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเสริมเอนไซม์ในสูตรอาหารได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโดยทั่วไปในไก่เนื้อสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต (Sandu *et al.*, 2006(a)) ทั้งนี้ยังพบว่าไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการตายสูงที่สุด ($P>0.05$) ส่วนอีกทั้ง 4 กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากระบบทางเดินอาหารของลูกไก่พัฒนาอย่างไม่สมบูรณ์เต็มที่ ซึ่งถ้าใส่ส่วนคูโอดินัมจะพัฒนาอย่างสมบูรณ์เมื่ออายุ 7 วัน ขณะที่ส่วนเจจูนัมและอิลิยมจะต้องพัฒนาต่อไปจนกระทั่งไก่อายุ 14 วัน ดังนั้นการที่ไก่อายุเล็กได้รับอาหารเชื้อไวรัสสูงจึงส่งผลกระทบต่อ (Uni *et al.*, 1998)

ตารางที่ 9 การใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อไวรัสรวมต่อสมรรถภาพการผลิต (\pm SD) ในไก่เบตงในระยะเวลาอายุ 0 – 6 สัปดาห์

ลักษณะที่ศึกษา	กากเนื้อในเมล็ดปาล์มปาล์ม (%) ¹					
	ควบคุม	10	20	30	40	50
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	47.44 \pm 0.76	47.69 \pm 1.37	46.67 \pm 1.15	46.55 \pm 0.78	47.83 \pm 1.38	48.14 \pm 1.28
น้ำหนักตัวที่ 6 สัปดาห์ (กรัม/ตัว)	933.79 \pm 61.96 ⁿ	924.85 \pm 20.37 ⁿ	943.48 \pm 34.45 ⁿ	931.45 \pm 32.78 ⁿ	852.91 \pm 78.68 ^u	693.01 \pm 19.66 ⁿ
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) ²	22.16 \pm 1.55 ⁿ	21.93 \pm 0.51 ⁿ	22.42 \pm 0.89 ⁿ	22.12 \pm 0.83 ⁿ	20.13 \pm 1.96 ^u	16.12 \pm 0.50 ⁿ
ปริมาณอาหารที่กิน(กรัม/ตัว/วัน)	55.84 \pm 1.88	58.50 \pm 3.38	60.08 \pm 2.79	60.85 \pm 7.53	60.75 \pm 4.96	64.05 \pm 3.46
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	2.53 \pm 0.17 ⁿ	2.67 \pm 0.17 ⁿ	2.65 \pm 0.09 ⁿ	2.74 \pm 0.24 ⁿ	3.03 \pm 0.22 ^u	3.98 \pm 0.31 ⁿ
อัตราการตาย (% ของไก่ทั้งหมด)	1.67 \pm 3.73 ^u	1.67 \pm 3.73 ^u	0.00 \pm 0.00 ^u	3.64 \pm 4.98 ^u	3.48 \pm 4.78 ^u	13.94 \pm 7.40 ⁿ
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว)	31.07 \pm 1.05	31.71 \pm 1.85	33.00 \pm 1.53	34.01 \pm 4.10	34.41 \pm 2.78	35.22 \pm 1.83

¹ ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสที่ใช้ 12 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM

² ระยะเวลาในการทดสอบอาหารทดลองในไก่คือ 40 วัน ตั้งแต่อายุ 3 – 42 วัน

^{n, u} อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

4.2.2 ผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อโพรทิวต่อสมรรถภาพการผลิต ไก่เบตง ในระยะอายุ 7 – 12 สัปดาห์

ผลการทดลองระยะอายุ 7 – 12 สัปดาห์ (ดังตารางที่ 10) พบว่า ไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักตัวที่ 12 สัปดาห์ต่ำที่สุด ($P < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 4 กลุ่มที่เหลือ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อัตราการเจริญเติบโต ไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำที่สุด (37.15 กรัมต่อตัวต่อวัน) และไม่แตกต่างกันทางสถิติกับไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนปริมาณอาหารที่กิน ไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส ที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณการกินอาหารมากที่สุด (169.57 กรัม/ตัว/วัน) และไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) จึงส่งผลให้ไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์มีประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด ทำให้ไก่ทั้ง 2 กลุ่มนี้มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 20 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งไก่ทั้ง 4 กลุ่มมีต้นทุนค่าอาหารค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการตายสูงที่สุด (8.48 เปอร์เซ็นต์) และไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 20 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) จากผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Lyayi and Davies (2005) พบว่า ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร PKM 30 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์ Avizyme (อายุ 5 - 8 สัปดาห์) มีปริมาณอาหารที่กินสูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ($P < 0.05$) ส่วนอัตราการแลกเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM 30 เปอร์เซ็นต์ เสริมเอนไซม์ Avizyme กับไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 10 การใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อโรครวมต่อสมรรถภาพการผลิต (\pm SD) ในไก่เบตงในระยะเวลา 7 – 12 สัปดาห์

ลักษณะที่ศึกษา	ควบคุม	กากเนื้อในเมล็ดปาล์มปาล์ม (%) ¹				
		10	20	30	40	50
น้ำหนักตัวที่ 12 สัปดาห์ (กรัม/ตัว)	2339.64 \pm 76.70 ⁿ	2485.09 \pm 117.79 ⁿ	2405.06 \pm 121.96 ⁿ	2426.73 \pm 80.53 ⁿ	2359.52 \pm 188.06 ⁿ	2027.93 \pm 146.22 ^u
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	33.47 \pm 2.34 ⁿ	37.15 \pm 2.40 ^o	34.60 \pm 2.77 ^q	35.60 \pm 2.19 ^q	35.36 \pm 3.11 ^q	30.94 \pm 3.22 ^q
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	135.08 \pm 12.47 ⁿ	148.24 \pm 16.96 ^q	163.16 \pm 5.88 ^q	159.14 \pm 6.23 ^q	164.49 \pm 14.29 ⁿ	169.57 \pm 10.18 ⁿ
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	4.06 \pm 0.58 ⁿ	3.99 \pm 0.38 ⁿ	4.73 \pm 0.29 ^u	4.49 \pm 0.34 ^q	4.67 \pm 0.51 ^u	5.52 \pm 0.53 ⁿ
อัตราการตาย (% ของไก่ทั้งหมด)	8.48 \pm 5.90 ^o	5.30 \pm 4.85 ^q	0.00 \pm 0.00 ^u	1.67 \pm 3.73 ^q	1.82 \pm 4.07 ^q	0.00 \pm 0.00 ^u
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว)	75.84 \pm 6.24 ⁿ	81.51 \pm 7.41 ^q	85.57 \pm 3.08 ^o	83.51 \pm 3.18 ^o	87.36 \pm 7.53 ^o	88.54 \pm 5.27 ^o

¹ ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสที่ใช้ 12 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM

^{n-q} อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

^{q-u} อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2.3 ผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อโรครวมต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เบตงในระยะอายุ 0 – 12 สัปดาห์

เมื่อพิจารณารวมทั้ง 3 ระยะ คือระยะ 0 – 12 สัปดาห์ (ดังตารางที่ 11) พบว่า ไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุด (24.14 กรัมต่อตัวต่อวัน) เมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 10 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ซึ่งทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณอาหารที่กินของไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างกับไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์มีค่าดีที่สุด รองลงมาคือไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์มีประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำที่สุด แตกต่างกับทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$)

อัตราการตายของไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์สูงที่สุด (22.88 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 40 10 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.01$) ตามลำดับ ไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์มีต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่สูงกว่าไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.01$) จึงส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ (62.63 บาท) สูงกว่า ทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์มีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่ำที่สุด (46.43 บาท) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 และ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่สูงกว่าไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.01$) ดังตารางที่ 11 จะเห็นได้ว่าจากผลการทดลองในไก่เบตง สามารถใช้ PKM เสริมเอนไซม์ในสูตรอาหารได้ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต แต่การใช้ PKM ในระดับที่สูงขึ้นส่งผลให้ไก่เบตงมีปริมาณการกินอาหารเพิ่มสูงขึ้นด้วย เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของ PKM มีลักษณะแห้งและมีความฟามสูงจึงทำให้มีอัตราการไหลผ่านระบบทางเดินอาหารของไก่เร็วขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่เบตงด้อยลง และเมื่อคิดต้นทุนค่าอาหารจึงทำให้สูตรอาหารที่มีการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มในปริมาณสูงมีต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้นไปด้วย

ตารางที่ 11 การใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อโดยรวมต่อสมรรถภาพการผลิต (\pm SD) ในไก่เบตงในระยะเวลาอายุ 0 – 12 สัปดาห์

ลักษณะที่ศึกษา	กากเนื้อในเมล็ดปาล์มปาล์ม (%) ¹					
	ควบคุม	10	20	30	40	50
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	27.95 \pm 0.94 ^ก	29.72 \pm 1.43 ^ก	28.76 \pm 1.49 ^ก	29.03 \pm 0.98 ^ก	28.19 \pm 2.29 ^ก	24.14 \pm 1.78 ^ข
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	99.62 \pm 6.15 ^ก	106.54 \pm 8.56	113.47 \pm 3.79	111.74 \pm 5.71	115.01 \pm 9.85	118.45 \pm 7.07 ^ก
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	3.56 \pm 0.20 ^ก	ขค	กข	กข	กข	4.91 \pm 0.23 ^ก
อัตราการตาย (% ของไก่ทั้งหมด)	10.15 \pm 3.66 ^ข	3.58 \pm 0.20 ^ก	3.95 \pm 0.14 ^ข	3.85 \pm 0.25 ^{ขก}	4.09 \pm 0.30 ^ข	22.88 \pm 11.69 ^ก
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว)	106.91 \pm 7.11 ^ข	6.82 \pm 7.03 ^{ขก}	0.00 \pm 0.00 ^ก	5.30 \pm 4.85 ^{ขก}	8.94 \pm 6.44 ^ข	123.76 \pm 6.60 ^ข
ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (บาท)	46.64 \pm 2.74 ^{กข}	113.22 \pm 8.63	118.56 \pm 3.63	117.52 \pm 7.15	121.77 \pm 9.67	62.63 \pm 2.92 ^ก
		46.43 \pm 2.34 ^ข	50.34 \pm 2.05 ^{ขก}	49.42 \pm 3.39	52.79 \pm 3.78 ^ข	

¹ ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสที่ใช้ 12 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM

ก-ง อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$)

ก-ข อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การใช้เอนไซม์เซลลูเลสเพื่อลดปริมาณเชื้อโพรไบโอติกในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ควรใช้ที่ระดับ 1.2 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากถ้าใช้เอนไซม์เซลลูเลสในปริมาณสูงกว่านี้ ไม่มีผลต่อการลดปริมาณเชื้อโพรไบโอติกเพิ่มขึ้นและเป็นการเพิ่มต้นทุนค่าอาหาร

การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันร่วมกับการเสริมเอนไซม์เซลลูเลสในระดับ 1.2 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM ในสูตรอาหารไก่เล็ก (0-6 สัปดาห์) สามารถใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารของไก่เบตงได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต แต่การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในระดับที่สูงขึ้นมีผลทำให้อัตราการตายของไก่เพิ่มสูงขึ้น ส่วนในสูตรอาหารไก่โต (7-12 สัปดาห์) สามารถใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารของไก่เบตงได้ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต แต่ปริมาณการกินอาหารของไก่จะเพิ่มสูงขึ้นตามระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารที่เพิ่มขึ้น จึงมีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารเพิ่มสูงขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับสูงในอาหารระยะไก่เล็ก จะมีผลให้อัตราการตายเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการพัฒนาของระบบทางเดินอาหารของไก่ยังไม่สมบูรณ์
2. การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ในระดับที่สูงขึ้นในอาหาร มีผลให้ต้องเพิ่มระดับของแหล่งพลังงาน (น้ำมัน) ในสูตรอาหารเพื่อปรับค่าพลังงานรวมในสูตรอาหารให้สมดุล ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. 2553. ความรู้ด้านอาหารสัตว์ วัตถุประสงค์อาหารสัตว์ กากปาล์มน้ำมัน.
แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowledge/nutrition_1.htm, 19 กุมภาพันธ์
2553.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2552. ข้อมูลพืชไร่. ปาล์มน้ำมัน. แหล่งที่มา: www.doae.go.th, 29 ธันวาคม
2552
- จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2548. การใช้กากปาล์มน้ำมันเป็นอาหารโค กระบือ. กองอาหารสัตว์ กรมปศุ
สัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. น. 383 – 395.
- นิรนาม. 2552. กลไกปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคส. แหล่งที่มา: <http://www.Wikipedia.com>, 15 ธันวาคม
2552
- นิวัติ เมืองแก้ว. 2531. ผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในอาหารและการจำกัดอาหาร
หลังจากไก่ให้ไข่สูงสุดต่อการให้ผลผลิตในไก่ไข่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญล้อม ชิวอิสรกุล. 2546. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. หจก. ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่.
- ปราณี อ่านเปรื่อง. 2547. เอนไซม์ทางอาหาร. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. พิมพ์ครั้งที่ 3.
กรุงเทพ. น. 1 – 130.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 2552. กากปาล์ม (palm oil meal). แหล่งที่มา: <http://www.nsrui.ac.th>, 19
กุมภาพันธ์ 2552.
- ศยามล พวงขจร ธรรมนาถ ชัยฤทธิ์ พีรวิไล ชินสร้อย. 2548. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มเป็นวัตถุดิบ
อาหารสัตว์. ธุรกิจอาหารสัตว์. 22 (105) น. 48 – 62.
- สุวรรณา พรหมทอง. 2548. การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางสรีระวิทยา จุลกายวิภาค และ จุลินทรีย์
ในทางเดินอาหารไก่กระตังที่ได้รับอาหารสูตรมันสำปะหลังกับอาหารสูตรข้าวโพด. วิทยานิพนธ์
ปริญญาเอก คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- หรรษา ปุณณะพยัคฆ์ และ เนริสา คุณประทุม. 2553. การผลิตเอนไซม์จากวัสดุทางการเกษตรเพื่อเป็น
แนวทางการใช้ในอาหารสัตว์. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพฯ 10330.

- Alimon, A.R. 2004. The nutritive value of palm kernel cake for animal feed. Department of animal science. Palm Oil Development. Malaysian Palm Oil Board (MPOB).
- A.O.A.C. 1980. **Official Methods for Analysis**. 5th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- _____1990. **Official Methods for Analysis**. 5th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Beauchemin, K. A., D. Colombatto, D. P. Morgavi and W. Z. Yang. 2003. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. *J. Anim Sci.* 81: E37 - 47.
- Bhat, M.K. and G.P. Hazlewood. 2001. Enzymology and other characteristics of cellulases and xylanases. *Enzymes in farm animal nutrition*. CABI International. 11 – 60.
- Boateng, M., D.B. Okai, J. Baah and A. Donkoh. 2008. Palm kernel cake extraction and utilisation in pig and poultry diets in Ghana. *Livestock Research for Rural Development* 20 (7)
- Bothell. 2001. Analysis and digestibility data palm kernel cake expeller sample. AGRIaccess. <http://www.agriaccess.com>.
- Chin, F.Y. 2001. Palm kernel cake (PKC) as a supplement for fattening and dairy cattle in Malaysia. MARDI. Paper presented at 7th Meet. of FAO Regional Working Group on Grazing and Feed Resources for S.E. Asia, Manado, Indonesia (in process of publication).
- Choct, M. and A. Kocker. 2000. Non-starch carbohydrates: Digestion and its secondary effects in monogastrics. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia*. 24: 31-38.
- Dairo, F.A.S. and A.O. Fasuyi. 2008. Evaluation of fermented plam kernel meal and fermented copra meal proteins as substitute for soybean meal protein in laying hens diets. *J. of central European agriculture*. 9(1) : 35 – 44.
- FAO. 1988. Non - conventional feed resources in asia and the pacific. advances in availability and utilization. FAO regional office for asia and the pacific, bangkok. p. 41.
- Khandeparker, R. and M.Th. Numam. 2008. Bifunctional xylanse and their potential use in biotechnology. *J Ind Microbiol Biotechnol*. 35 : 635 – 644.

- Lyayi, E.A. and B.I. Davies. 2005. Effect of enzyme supplementation of palm kernel meal and brewer's dried grains on the performance of broilers. *International Journal of Poultry Science* 4 (2) : 76 - 80.
- Malathi, V. and G. Devegowda. 2001. In vitro evaluation of non-starch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes. *Poult. Sci.* 80 : 302 – 305.
- Marquardt, R.R. 1997. Enzyme enhancement of the nutritional value of cereals : role of viscous, water – soluble, nonstarch polysaccharides in chick performance.
- Meng, X., B.A. Slominski, C.M. Nyachoti, L.D. Campbell and W. Guenter. 2005. Degradation of cell wall polysaccharides by combination of carbohydrase enzyme and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. *Poult. Sci.* 84 : 37 – 47.
- Morz, Z., A.J. Moeser, K. Vreman, J.T. van Diepen, T. van Kempen, T.T. Canh and A.W. Jongbloed. 2000. Effect of dietary carbohydrates and buffering capacity on nutrient digestibility and manure characteristics in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 78: 3096-3106.
- Oluwafemi, R.A. 2009. Palm kernel cake (PKC) utilization in monogastric animal feeding – implication for sustainable livestock development. *The internet Journal of veterinary medicine.* V. 6. (2): 1 – 7.
- Perez, J.F., A.G. Gernat and J.G. Murillo. 2000. The effect of different levels of palm kernel meal in layer diets. *Poultry Science* 79 : 77 – 79.
- Ponte, P.I.P, L.M.A. Ferreira, M.A.C. Soares, M.A.N.M. Aguiar, J.P.C. Lemos, I. Mendes and C.M.G.A. 2004. Use of cellulases and xylanase to supplement diets containing alfalfa for broiler chicks: effects on birds performance and skin color. *J. Appl. Poult. Res.* 13: 412-420.
- Sae – Lee, N. 2007. The production of fungal mannanase, cellulase and xylanase using palm kernel meal as a substrate. *Walailak J. Sci & Tech.* 4 (1): 67 - 82.
- Sekoni, A.A., J.J. Omage, G.S. Bawa and P.M. Esuga. 2008. Evaluation of enzyme (Maxigrain®) treatment of graded levels of palm kernel meal (PKM) on nutrient retention. *Pakistan Journal of Nutrition* 7 (4): 614 – 619.

- Sheppy, C. 2001. The current feed enzyme market and likely trends. *Enzymes in farm animal nutrition*. CABI International. 1 – 10.
- Slominski, B.A., X. Meng, L.D. Campbell, W. Guenter and O. Jones. 2006. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full – fat oilseeds. Part II : flaxseed. *Poult. Sci.* 85 : 1031 – 1037.
- Sue, T.T. 2004. Quality and characteristics of Malaysian palm kernel cakes / expellers. *Malaysian palm oil board*. 1 – 3.
- Sundu, B. and J. Dingle. 2003. Use of enzyme to improve the nutritional value of palm kernel meal and copra meal. *Poult. Sci.* 11 (14): 1–15.
- _____, B., A. Kumar and J. Dingle. 2006(a). Palm kernel meal in broiler diets: effect on chicken performance and health. *World. Poult. Sci. J.* 62: 316-325.
- _____, B., A. Kumar and J. Dingle. 2006(b). Response of broiler chicks fed increasing levels of copra meal and enzymes. *Poult. Sci.* 5 (1): 13–18.
- Uni, Z., G. Ganot and D. Sklan. 1998. Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. *Poult. Sci.* 77: 75-82.
- Wing Keong, NG. 2004. Researching the use of palm kernel cake in aquaculture feeds. *Malaysian palm oil board (MPOB)*. 19 – 21.
- Zahari, W., M., J. Sato, S. Furuichi, A.R. Azizan and M. Yunus. 2003. Commercial processing of oil palm fronds feed in Malaysia. *Forages and feed resources in commercial livestock production systems*. The food and agriculture organization of the united nations (FAO).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

การใช้เอนไซม์เซลลูเลสระดับเชื้อราของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน

วิธีการ

นำกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมา 9.5 กรัม เติมสารละลายเอนไซม์เซลลูเลส 50 มิลลิลิตร (สารละลายเอนไซม์ประกอบด้วย Sodium acetate buffer ความเข้มข้น 50 Mm ปรับให้ได้ pH 5 ยาปฏิชีวนะ Ketoconazole และ Amoxicillin 0.03 กรัม/ลิตร) และเอนไซม์เซลลูเลส ที่ทริทเมนต์ที่ 1 ใช้ 0 กรัม ทริทเมนต์ที่ 2 ใช้ 0.001 กรัม ทริทเมนต์ที่ 3 ใช้ 0.003 กรัม ทริทเมนต์ที่ 4 ใช้ 0.006 กรัม ทริทเมนต์ที่ 5 ใช้ 0.011 กรัม และทริทเมนต์ที่ 6 ใช้ 0.023 กรัม หมักเอาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมง หลังจากการเติมสารละลายเอนไซม์เซลลูเลส นำตัวอย่างที่ได้ไปอบแห้ง เพื่อนำมาวิเคราะห์เชื้อราด้วยวิธี Asbestos – Free Method (AOAC, 1980) ดังตารางภาคผนวกที่ 1

การเตรียมสารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ (Sodium acetate buffer)

สารละลาย A : 0.2 M acetic acid (11.55 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร)

สารละลาย B : 0.2 M Sodium acetate ($C_2H_3O_2Na$ 16.4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร หรือ $C_2H_3O_2 \cdot 3H_2O$ 27.2 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร) ผสมสารละลาย A และ B ให้ได้ pH เท่ากับ 5 โดยเติมสารละลาย A 14.8 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย B 35.2 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตรโดยการเติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร (Stoll and Blanchard, 1990) ตารางภาคผนวกที่ 2

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณเอนไซม์ที่เสริมในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน

Treatment	การวิเคราะห์หาเชื้อรา				
	เอนไซม์	ปริมาณ	ใน Sodium	ปริมาณเอนไซม์ที่	ปริมาณ
	(mg/g palm)	กากปาล์ม	acetate	ใช้	เอนไซม์ที่ใช้
		กรัม (g)	Buffer (ml)	มิลลิกรัม (mg)	กรัม (g)
T1	0	9.5	50	0	0
T2	0.15	9.5	50	1.425	0.001
T3	0.3	9.5	50	2.85	0.003
T4	0.6	9.5	50	6	0.006
T5	1.2	9.5	50	11	0.011
T6	2.4	9.5	50	23	0.023

ตารางภาคผนวกที่ 2 การเตรียมสารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ (Sodium acetate buffer)

พีเอช (pH)	ปริมาณสารละลาย A (มิลลิลิตร)	ปริมาณสารละลาย B (มิลลิลิตร)
3.6	46.3	3.7
3.8	44.0	6.0
4.0	41.0	9.0
4.2	36.8	13.2
4.4	30.5	19.5
4.6	25.5	24.5
4.8	20.0	30.0
5.0	14.8	35.2
5.2	10.5	39.5
5.4	8.8	41.4
5.6	4.8	45.2

วิธีการวิเคราะห์เชื้อใยรวมด้วยวิธี Asbestos – Free Method (AOAC, 1980)

1. ชั่งน้ำหนัก Crucible และชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 2 – 3 กรัม จดบันทึก
2. นำ Crucible ใส่ในเครื่อง Hot Extraction Unit แล้วโยกคั่นโยกลงมา
3. เลื่อนคั่นโยกด้านหน้า column ไปที่ตำแหน่ง closed
4. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.25 % ที่ต้มร้อน ๆ เติมลงไปประมาณ 100 ml หลังจากนั้น เติม Antifoam agent ประมาณ 2 – 3 หยด เพื่อลดการเกิดฟอง ปล่อยให้ย่อยด้วยกรดประมาณ 1 ชั่วโมง
5. เมื่อครบเวลา ทำการกรองโดยเลื่อนคั่นโยกที่ตำแหน่ง vacuum ถ้ากรองไม่ลงหรือกรองไม่สะดวกให้ใช้ความดันช่วย
6. ล้างด้วยน้ำกลั่นต้มร้อน ๆ 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 30 ml แล้วกรองจนแห้ง
7. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.25 % ที่ต้มร้อน ๆ เติมลงไปประมาณ 100 ml หลังจากนั้น เติม Antifoam agent ประมาณ 2 – 3 เพื่อลดการเกิดฟอง ย่อยด้วยด่างต่อประมาณ 1 ชั่วโมง
8. กรองและล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน ๆ 3 ครั้ง
9. ล้างด้วย acetone 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 25 ml แล้วกรองจนแห้ง
10. นำ crucible มาวางไว้ที่ crucible stand

และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อใยรวม ระดับต่างๆ ในอาหารไก่เบตง

11. หลังจากนั้นนำ crucible ไปอบใน Drying oven ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส overnight
12. นำ crucible หลังอบแห้งไปทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วนำ crucible ไปชั่งน้ำหนัก จดบันทึกไว้ จากนั้นนำ crucible ไปเผาที่ Muffle furnace โดยชั่วโมงแรกให้อุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียสก่อน หลังจากนั้นค่อยเพิ่มเป็น 600 องศาเซลเซียส จนครบ 3 ชั่วโมง
13. หลังจากเผาเสร็จนำ crucible มาชั่งน้ำหนักหลังเผา จดบันทึกไว้
14. นำข้อมูลที่จดบันทึกมาคำนวณตามสูตรเพื่อหา % Crude fiber

สูตรคำนวณในการหาเปอร์เซ็นต์เชื้อใย

$$\% \text{ Crude Fiber} = \frac{(A - B) \times 100}{C}$$

เมื่อ A = น้ำหนักหลังอบ

B = น้ำหนักหลังเผา

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์

การคำนวณค่าสมรรถภาพการผลิต

สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์สมรรถภาพการผลิต มีดังนี้

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต (ADG)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่ม}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง} \times \text{จำนวนสุกรที่เลี้ยง}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}$$

$$\text{อัตราการตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนสุกรที่ตาย} \times 100}{\text{จำนวนสุกรทั้งหมด}}$$

$$\text{ราคาอาหาร (บาท)} = \text{ปริมาณอาหารที่กิน (กก.)} \times \text{ราคาอาหาร (บาท/กก.)}$$

$$\text{ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก (บาท/กิโลกรัม)} = \frac{\text{ราคาอาหารทั้งหมดในแต่ละคอก}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของสุกรในแต่ละคอก}}$$

ภาคผนวก ข

ค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมในการทดลอง

การลดปริมาณเชื้อยีสรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส
และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเชื้อยีสรวม ระดับต่างๆ ในอาหารไก่เบตง

ตารางผนวกที่ ข1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงไก่เบตง

ระยะเวลา (สัปดาห์ที่)	อุณหภูมิ (°C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (%)		
	เช้า	บ่าย	เฉลี่ย	เช้า	บ่าย	เฉลี่ย
1	28.43	33.57	31.00	91.14	80.57	85.86
2	28.43	33.57	31.00	92.00	83.29	87.64
3	29.00	32.86	30.93	90.29	82.29	86.29
4	29.57	32.43	31.00	92.00	86.14	89.07
5	30.57	32.14	31.36	89.57	87.14	88.36
6	30.29	32.71	31.50	90.43	87.14	88.79
7	30.00	32.57	31.29	92.29	86.14	89.21
8	29.29	30.86	30.07	90.14	88.57	89.36
9	30.43	32.29	31.36	89.71	89.29	89.50
10	28.86	29.57	29.21	91.14	91.00	91.07
11	29.57	31.14	30.36	88.29	85.71	87.00
12	29.60	30.80	30.20	88.00	85.80	86.90