สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

การลดปริมาณเยื่อใยรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวม ระดับต่างๆในอาหารไก่เบตง

Reduction of Crude Fiber Content in Palm Kernel Meal by Cellulase Enzyme and Effects of Various Level of Treated Palm Kernel Meal in Betong Chickens

อาจารย์ ดร.สายชล เลิศสุวรรณ
อาจารย์วรพงษ์ นลินานนท์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2553
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

RCH
SF
496
ส 657ก
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 131137
วัน,เดือน,ปี 22 พ.ค. 2557
b.12607575
i.....
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทะเบียนคุมเลขที่ 103 ลงวันที่ 5 ต.ค. 25

การลดปริมาณเยื่อใยรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมระดับต่างๆ ในอาหารไก่เบตง

Reduction of Crude Fiber Content in Palm Kernel Meal by Cellulase Enzyme and Effects of Various Level of Treated Palm Kernel Meal in Betong Chickens

(ลงชื่อ).....หัวหน้าโครงการ

(อาจารย์ ดร.สายชล เลิศสุวรรณ)

(ลงชื่อ).....ผู้ร่วมวิจัย

(อาจารย์วรพงษ์ นลินานนท์)

การวิจัยนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(ลงชื่อ).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์)

ประธานคณะกรรมการกลั่นกรองและติดตามผลโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในงานวิจัยครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ รศ.ดร.เสน่ห์ เอกะวิภาติ รองอธิการบดี วิทยาเขตชุมพร ที่อนุมัติโครงการวิจัย ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ห้องปฏิบัติการหลักสูตรสัตว์ศาสตร์ และงานฟาร์มวิทยาเขตชุมพรที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณ อ.วรพงษ์ นลินานนท์ ผู้ร่วมวิจัย และนักศึกษาหลักสูตรสัตวศาสตร์ ที่ให้กำลังใจค่อยช่วยเหลือตลอดมา

สายชล เลิศสุวรรณ
กันยายน 2553

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การลดปริมาณเยื่อใยรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส และผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวม ระดับต่างๆในอาหารไก่เบตง

แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้ ปีงบประมาณ 2553

ประจำปีงบประมาณ 2553 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 190,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2552 ถึง กันยายน 2553

ชื่อ – สกุล หัวหน้าโครงการ : อาจารย์ ดร.สายชล เลิศสุวรรณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร อีเมล์: klsaicho@kmitl.ac.th.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย : อาจารย์วรพงษ์ นลินานนท์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร อีเมล์: knwarrap@kmitl.ac.th.

บทคัดย่อ

การทดลองที่ 1 การศึกษาการลดปริมาณเยื่อใยรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (Palm kernel meal; PKM) โดยทำการเสริมเอนไซม์เซลลูเลสลงไปใน PKM ที่ระดับ 0, 0.15, 0.3, 0.6, 1.2 และ 2.4 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM ทำการหมักย่อยกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ผลการทดลองพบว่าการเสริมเอนไซม์เซลลูเลสลงใน PKM ที่ระดับ 1.2 และ 2.4 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM มีผลต่อการลดลงของปริมาณเยื่อใยรวมของ PKM ได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มที่เสริมเอนไซม์เซลลูเลสลงใน 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) ใช้ไก่เบตงคละเพศอายุ 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 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในระยะอายุ 7-12 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับ อาหารสูตร 2 มีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด และแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับไก่กลุ่มที่ได้รับ อาหารสูตรควบคุม และ สูตร 4 ($P<0.01$) ดังนั้นการใช้ PKM เสริมเอนไซม์เซลลูเลสในสูตรอาหารไก่เบตงสามารถใช้ได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารโดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต

คำสำคัญ : เอนไซม์เซลลูเลส ไก่เบตง กากปาล์ม

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : Reduction of Crude Fiber Content in Palm Kernel Meal by Cellulase Enzyme and Effects of Various Level of Treated Palm Kernel Meal in Betong Chickens

Budget : 190,000 Baht

Funding : Kmitl chumphon campus income&budget

Period of research : 1 Year. Since : October 2010 to September 2011.

Author(s) : Dr. Saichon Lerdsuwan ,

Addresses : King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Chumphon Campus .

E- mail Addresses : klsaicho@kmitl.ac.th

Co-Author(s) : Warrapong Nalinanon .

Addresses : King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Chumphon Campus .

E- mail Addresses : knwarrap@kmitl.ac.th

Abstract

Experiment 1: The study of reduction of crude fiber content in palm kernel meal (PKM) by cellulase enzyme. Palm kernel meal was treated with six different cellulase enzyme (0 , 0.15, 0.3, 0.6, 1.2 and 2.4 mg/kg PKM) for 24 hour in room temperature. The results indicated that palm kernel meal was treated with cellulase enzyme from both 1.2 and 2.4 mg/kg PKM were the best decreased crude fiber when compared with the other group (P<0.01).

Experiment 2: An experiment was conducted to evaluate the performance of betong chick fed PKM – based diet supplemented with cellulase enzyme. Six experimental diets were formulated such that diet T_1 which served as the control, contained 0% PKM and without emzyme supplementation. Diets T_2 T_3 T_4 T_5 and T_6 contained 10, 20, 30, 40 and 50 of PKM supplemented with enzyme 1.2 mg/kg of PKM (From experiment 1) respectively. Three hundred and thirty (330) 1 day-old betong chicks were randomly assigned to the six diets in a completely randomized design (CRD). Each treatment was replicated five (5) with eleven (11) birds per replicate. The experiment lasted for 42 day. Results of starter phase (0-6 weeks of age) showed that the birds on diets control T_2 T_3 and T_4 had a greater average daily gain and feed conversion ratio than those fed diets T_5 and T_6 (P<0.01). The results of the finishing phase indicate that birds fed the diet T_2 had the highest average daily gain and best feed conversion ratio, though this was not significantly higher than those fed diets control and T_4 (P<0.01). Therefore the betong chick can fed PKM supplemented with cellulase enzyme in the diets at up to 30 % without the affect on growth performance.

Keywords : cellulase enzyme, betong chicken, palm kernel meal

Copyright © King Mongkut Institute of Technology Ladkrabang
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ศึกษาผลการลดปริมาณเยื่อใยรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส	14
3.2 ศึกษาผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เบตง	16
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	20
4.1 ศึกษาผลการลดปริมาณเยื่อใยรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส	20
4.2 ศึกษาผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เบตง	23
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	29
ข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	34
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ	35
ภาคผนวก ข ค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมในการทดลอง	39

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันได้จากวิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดปาล์มน้ำมันด้วยการใช้สารเคมีกับการสกัดด้วยวิธีการหีบน้ำมัน	8
2	ส่วนประกอบทางเคมีของ PKM ด้วยวิธีการสกัดน้ำมันโดยการหีบน้ำมันและการใช้สารเคมี	10
3	ส่วนประกอบของน้ำตาลและปริมาณ NSP ของเมล็ดลินินที่มีการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์เซลลูเลส	11
4	ส่วนประกอบของน้ำตาลและปริมาณ NSP ของเมล็ดข้าวสาลี เมล็ดคาโนล่า กากถั่ว-เหลือง และเมล็ดถั่วลิสง ที่มีการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์เซลลูเลส	11
5	ส่วนประกอบวัตถุดิบของอาหารทดลองสำหรับไก่เบตงในระยะอายุ 0 – 6 สัปดาห์	17
6	ส่วนประกอบวัตถุดิบของอาหารทดลองสำหรับไก่เบตงในระยะอายุ 7 – 12 สัปดาห์	18
7	องค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด)	20
8	ปริมาณเยื่อใยรวมใน PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส	22
9	การใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมต่อสมรรถภาพการผลิต (± SD) ในไก่เบตงในระยะอายุ 0 – 6 สัปดาห์	24
10	การใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมต่อสมรรถภาพการผลิต (± SD) ในไก่เบตงในระยะอายุ 7 – 12 สัปดาห์	26
11	การใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมต่อสมรรถภาพการผลิต (± SD) ในไก่เบตงในระยะอายุ 0 – 12 สัปดาห์	28

ตารางผนวกที่

ก1	ปริมาณเอนไซม์ที่เสริมในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	36
ก2	การเตรียมสารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ (Sodium acetate buffer)	37
ข1	อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงไก่เบตง	40

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจนั้น ต้นทุนค่าอาหารสัตว์ถือว่าเป็นต้นทุนส่วนใหญ่ในการผลิตสัตว์ และราคาอาหารสัตว์นั้นจะผันแปรไปตามราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ ดังนั้นแนวทางที่สำคัญในการลดต้นทุนการผลิตของการเลี้ยงสัตว์ คือการหาแนวทางในการลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ลง โดยการเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาถูก เช่น กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (palm kernel meal; PKM) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันปาล์ม ที่เป็นอุตสาหกรรมสำคัญของภาคใต้ และจังหวัดชุมพร และเป็น แหล่งวัตถุดิบที่มีในปริมาณมาก มีราคาถูก และมีคุณค่าทางโภชนะที่ดี คือเป็นแหล่งของอาหารโปรตีน และพลังงาน เช่นเดียวกับรำละเอียด แต่มีข้อจำกัดในการใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยวเพราะมีปริมาณเยื่อใยสูง (FAO,1988) เนื่องจากเยื่อใยไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่จุลินทรีย์ในไส้ติ่งและลำไส้ใหญ่ของไก่สามารถย่อยให้เป็นกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFA) และดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้เพียง 2-3 เปอร์เซ็นต์ (Choct and Kocker,2000) มีผลทำให้สัตว์ไม่สามารถนำโภชนะเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการหาวิธีการในการลดระดับของเยื่อใยรวมใน PKM ลง จึงเป็นการลดข้อจำกัดในการใช้ เป็นวัตถุดิบอาหาร ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวลงได้

เอนไซม์เซลลูเลส เป็นกลุ่มของเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายวัสดุที่มีเยื่อใยหรือเซลลูโลส โดยธรรมชาติแล้วในพืชจะมีเยื่อใยและเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบอยู่ และมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิดนอกเหนือจากกลูโคส จับกันด้วยพันธะ β-1,3 และ β-1,4 glycosidic linkage ซึ่งเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถย่อยพันธะเหล่านี้ได้ จึงนำโภชนะเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ แต่เอนไซม์เซลลูเลส สามารถย่อยอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่ชื่อว่า β -1,4-glucosidic linkage ให้กลายเป็นน้ำตาลกลูโคส ซึ่งละลายน้ำได้ ที่ชื่อว่า β – 1,4- glucan -4- glucano hydrolase ซึ่งสัตว์กระเพาะเดี่ยวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้ จึงเป็นการศึกษาถึงการใช้เอนไซม์ เซลลูเลส ในการลดระดับของเยื่อใยรวมใน PKM ลง พร้อมทั้งการใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมแล้ว ในระดับที่เหมาะสมไปใช้ในสูตรอาหารของไก่เบตง ในช่วงอายุ 2 – 10 สัปดาห์ ซึ่งไก่เบตงเป็นไก่พื้นเมืองที่มีคุณลักษณะดี และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของภาคใต้

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการลดระดับของเยื่อใยรวมใน PKM โดยการใช้เอนไซม์เซลลูเลส

2. เพื่อศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้ PKM ที่ลดเยื่อใยรวมแล้ว ในสูตรอาหารไก่เบตงต่อสมรรถภาพการผลิต

3. เพื่อศึกษาส่วนประกอบทางโภชนะของ PKM ที่ลดเยื่อใยรวมแล้ว และในอาหารสูตรทดลอง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน มีชื่อสามัญว่า Oilpalm ชื่อวิทยาศาสตร์ *Elaeis guineensis Jacq* อยู่ในวงศ์ Tribe Coconeas และมีชื่อทั่วไปว่า African oil palm ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่สำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งผลิตออกมาได้น้ำมันสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้หลากหลายประเภท นอกจากจะได้น้ำมันแล้วยังมีผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมันอีกด้วย ปาล์มน้ำมัน เหมาะสมกับภาพอากาศร้อนชื้น 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) ทำได้โดยการใช้สกูรเป็นเกลียวบีบให้น้ำมันออก วิธีนี้จะยังมีน้ำมันเหลืออยู่มากประมาณ 5 - 10 เปอร์เซ็นต์ และวิธีที่ 2) เป็นวิธีใช้สารเคมีสกัดน้ำมัน (Solvent extracted type) โดยการใช้สารเฮกเซน (Hexane) วิธีนี้จะทำให้กากที่ได้มีน้ำมันเหลืออยู่น้อยประมาณ 1 - 3 เปอร์เซ็นต์ และจะมีคุณภาพดีกว่าวิธีหีบน้ำมัน กากที่ได้จากการสกัดน้ำมันทั้ง 2 วิธี เรียกว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์ม (Palm Kernel Meal, PKM) (FAO, 1988; Chin, 2001) ปาล์มน้ำมันเป็นพืชสำหรับหีบเอาน้ำมันปาล์ม และจะได้กากปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้ในขบวนการผลิต (ศยามล และคณะ, 2548 ; FAO, 1988) จะมีผลพลอยได้ 5 ชนิด (ภาพที่ 1) คือ

1. กากเยื่อใยปาล์ม (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

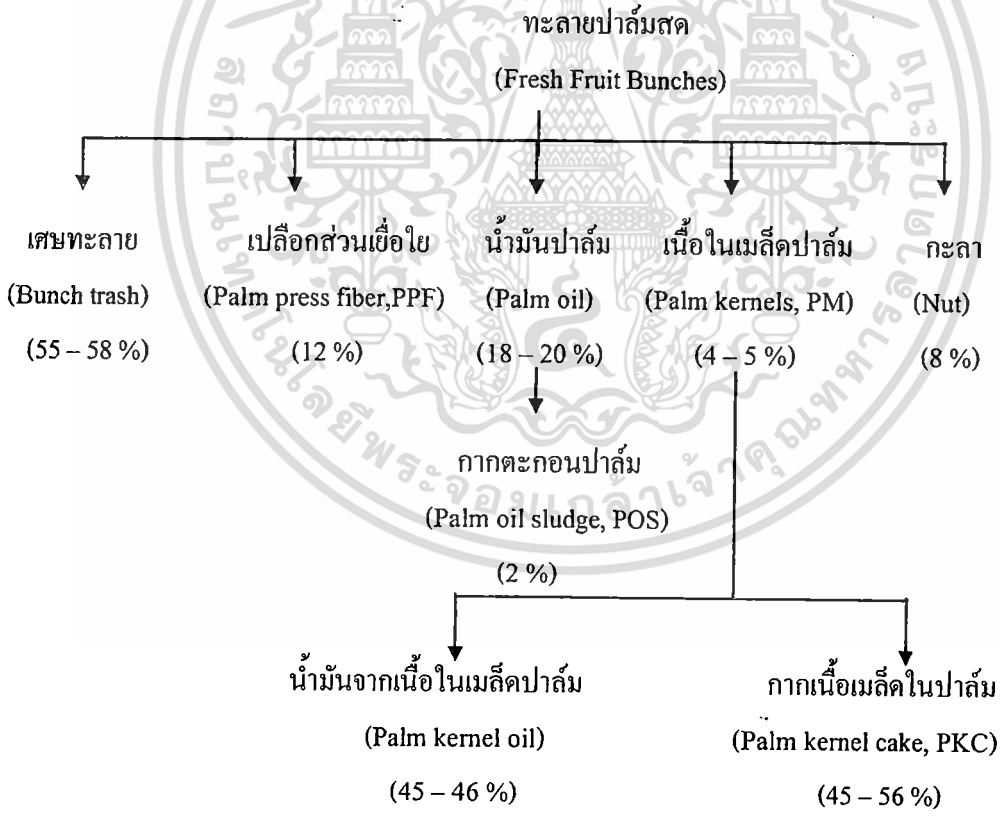
3. กากเนื้อเมล็ดในปาล์ม (Palm kernel meal, PKM) เป็นกากปาล์มที่เอาเฉพาะเนื้อในมาผ่านขบวนการสกัดน้ำมัน เป็นกากปาล์มน้ำมันที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำมันพืชที่มีขนาดใหญ่มีขบวนการผลิตแยกส่วนซึ่ง มีความแตกต่างทางกายภาพกับกากปาล์มชนิดอื่นอย่างชัดเจน และประกอบด้วยส่วนของเนื้อเป็นส่วนมาก ชิ้นส่วนของกะลาปาล์มพบว่ามีปะปนเพียงเล็กน้อย

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กากผลปาล์มน้ำมัน (Oil palm meal, PM) ประกอบด้วยเปลือกนอก (Husk) กะลา (Nut shell) และเนื้อในของเมล็ด (Palm kernel) (จินดา, 2548) โดยมากกากปาล์มชนิดนี้จะได้จากโรงงานที่มีขบวนการผลิตแบบใช้เครื่องบีบน้ำมัน (expeller) และพบว่าเป็นกากปาล์มที่มีปริมาณการผลิตในท้องตลาดจำนวนมาก กากปาล์มชนิดนี้มีเยื่อใยและกะลามาก โดยเฉพาะส่วนเยื่อใยมีมากกว่ากากปาล์มชนิดอื่น ๆ

5. กากน้ำมันปาล์ม (Palm oil sludge, POS) ปริมาณของกากปาล์มชนิดนี้มีปริมาณน้อย ทั้งนี้เนื่องจากเป็นส่วนที่ได้จากการกรองน้ำมัน ลักษณะทางกายภาพแตกต่างกับกากปาล์มชนิดอื่น และประกอบด้วยส่วนของกะลา เส้นใยและเนื้อ แต่ค่อนข้างเป็นชิ้นละเอียด ยกเว้นสำหรับโรงงานที่นำมาผสมกากพืช เพื่อช่วยให้สามารถอัดน้ำมันที่เหลืออยู่ในตะกอนน้ำมันออกได้อีก แต่จะมีการนำกากปาล์มนี้ไปผสมรวมกับกากปาล์มน้ำมัน

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



ภาพที่ 1 แสดงสัดส่วนและผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
ที่มา : FAO (1988)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ข้อจำกัดในการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน

กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันประกอบด้วยส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายได้แก่แป้งและน้ำตาล (mono-, disaccharide) นอกจากนี้ยังมีส่วนของเยื่อใยคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch carbohydrate, NSC) หรือเยื่อใย ได้แก่ Non-starch polysaccharide (NSP) และ Oligosaccharide อื่นๆ ซึ่งในสัตว์ปีกไม่มีเอนไซม์ในการย่อยเยื่อใยเหล่านี้ (Choct and Kocker,2000) และใน PKM มีส่วนประกอบที่เป็นเยื่อใยอยู่สูงประมาณ 41-46 เปอร์เซ็นต์ (ศยามล และคณะ, 2548) ทำให้ไม่สามารถใช้ในสูตรอาหารสัตว์ปีกในระดับสูงได้ เพราะจะทำให้อาหารมีลักษณะฟ่าม ทำให้อัตราการกินได้ของสัตว์ลดลง และมีการย่อยได้ต่ำมากหรืออาจย่อยไม่ได้เลย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสัตว์ (กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, 2553; Sundu and Dingle, 2003; Dairo and Fasuyi, 2008)

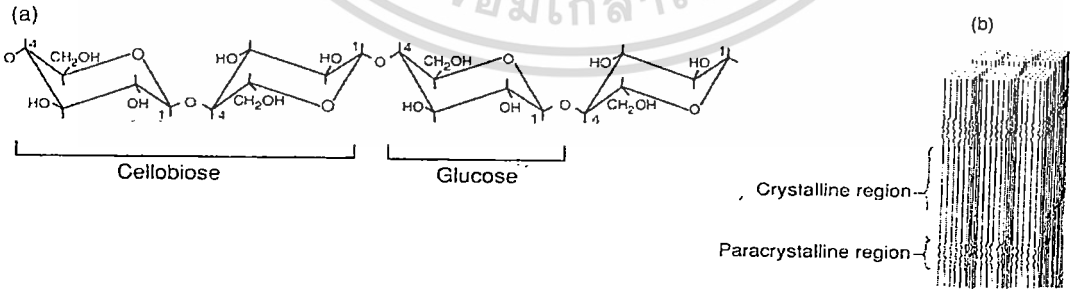
ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้งนี้ไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่จุลินทรีย์ในไส้ติ่งและลำไส้ใหญ่ของสุกรสามารถย่อยให้เป็นกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFA) และดูดซึมไปใช้เป็นพลังงานได้ถึง 50 .เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานที่กินเข้าไป แต่ในไก่การย่อยโดยจุลินทรีย์และการนำไปใช้ประโยชน์มีน้อยเพียง 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) ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิดนอกเหนือจากกลูโคสจับกันด้วยพันธะ β-1,3 และ β-1,4 glycosidic โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ 1) เซลลูโลส (cellulose) ไม่ละลายในน้ำ ในด่าง 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; สุวรรณา, 2548) จากการที่ NSP มีสูตรโครงสร้างและการละลายหลากหลาย ด้วยเหตุนี้เอนไซม์ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวจึงไม่สามารถย่อยสลาย NPS ได้ นอกจากนี้ NPS ที่ละลายน้ำ จะมีคุณสมบัติอุ้มน้ำ พองตัวเป็นสารคล้ายวุ้นไปห่อหุ้มสารอาหารชนิดอื่น ทำให้เพิ่มความหนืดของสิ่งย่อยและเคลื่อนตัวอย่างช้าๆในทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นอุปสรรคในการเข้าย่อยของเอนไซม์จากสัตว์ NPS จึงเป็นสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ของโภชนะอื่น (anti-nutrients) โดยเฉพาะไขมัน เนื่องจาก NSP ไปห่อหุ้มเกลือน้ำดี ไขมันและโคเลสเตอรอล ทำให้มีการเร่งการสร้างเกลือน้ำดีจากโคเลสเตอรอลที่ตับ และถูกขับออกทางมูล จึงมีผลกระทบต่อการย่อยและดูดซึมของกรดไขมันและโคเลสเตอรอลในทางเดินอาหาร ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในสัตว์ ทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตและสมรรถภาพการผลิตลดลง (Choct and Kocker, 2000; บุญล้อม, 2546; สุวรรณา, 2548)

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ประกอบด้วย monosaccharide 2-15 หน่วยต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก เช่น ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (fructo-oligosaccharide, FOS) กาแลกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (galacto-oligosaccharide, GOS) หรือ แมนโนโอลิโกแซคคาไรด์ (manno-oligosaccharide, MOS) (สุวรรณา, 2548) สุกรสามารถย่อยโอลิโกแซ็กคาไรด์ในลำไส้เล็กเพียง 40-50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไก่ย่อยได้ 50-60 เปอร์เซ็นต์ และที่เหลือจะถูกย่อยต่อในลำไส้ใหญ่และไส้ติ่ง ซึ่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยไม่ได้ใน ลำไส้เล็ก จะส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์เช่น แลคโตแบซิลัส (*Lactobacillus spp.*) และไบฟีโดแบคทีเรียม (*Bifidobacterium spp.*) แต่ขัดขวางการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีโทษ เช่น อีโคไล (*E.* coli) คลอสตริเดียม (*clostridium*) และโคลิฟอร์ม (*Coliforms*) เป็นต้น มีผลกระตุ้นภูมิคุ้มกันของสัตว์ (Choct and Kocker, 2000) ทำให้สัตว์มีสุขภาพและสมรรถภาพการผลิตดีขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากโอลิโกแซ็กคาไรด์และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยไม่ได้นี้ ถูกหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ เกิดเป็นกรดไขมันระเหยได้และกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acids, SCFA) เช่น กรดอะซิติก กรดบิวทีริก และกรดโพรพิโอนิก กรดแลคติก และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งผลผลิตที่ได้สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในกระบวนการเมตาบอลิสม เพื่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและใช้คาร์บอนอะตอมที่ได้จากการหมักย่อยคาร์โบไฮเดรตเป็นโครงคาร์บอน (C-skeletal) ในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ (สุวรรณา, 2548) ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้จะทำให้ pH ในลำไส้ลดลง ไม่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีโทษ แต่ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (บุญล้อม, 2546)

เนื่องจาก NSP มีสูตรโครงสร้างและการละลายหลากหลาย เอนไซม์ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวจึงไม่สามารถย่อยสลาย NPS ได้ ดังนั้นในการใช้ประโยชน์วัตถุดิบที่มีเยื่อไยสูงจะต้องอาศัยเอนไซม์ที่จำเพาะในการย่อยโครงสร้างต่างๆเหล่านี้ (Sundu and Dingle, 2003; Lyayi and Davies, 2005; Khandeparker and Numan, 2008; Sekoni *et al.*, 2008) โดยเอนไซม์สามารถย่อยองค์ประกอบของเยื่อไยทั้งเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสได้ออกมาเป็นน้ำตาล ดังนั้นเอนไซม์จึงเป็นสิ่งสำคัญในการย่อยองค์ประกอบของโครงสร้างเยื่อไย (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)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เอนไซม์ (Enzyme)

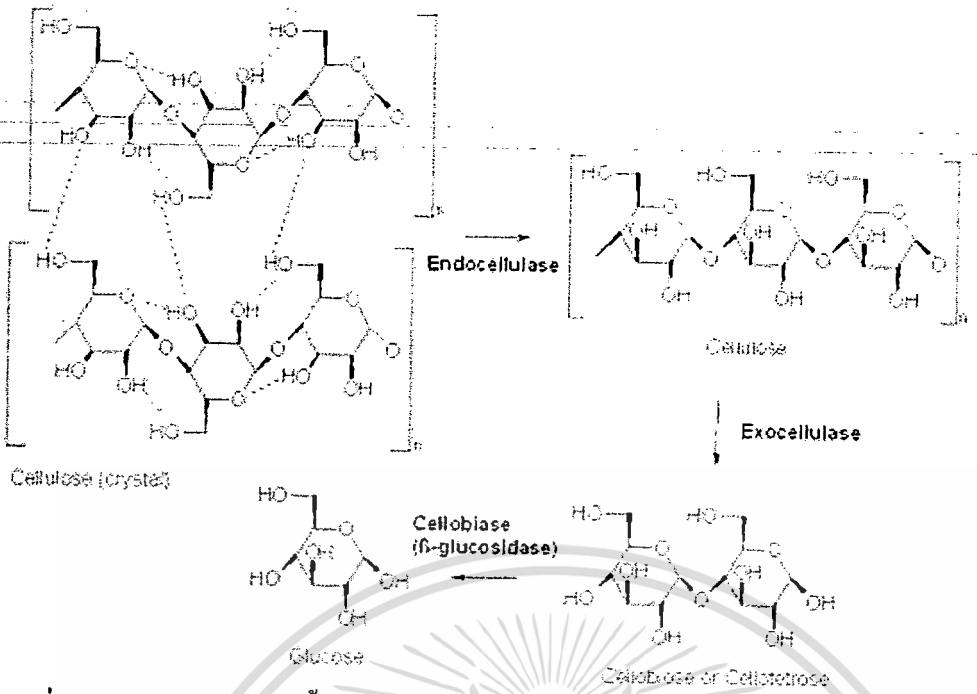
เอนไซม์ (Enzyme) คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพ เป็นสารประกอบพวกโปรตีน โดยเอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารที่ทำปฏิกิริยาซึ่งเรียกว่า ซับสเตรต (Substrate) และสามารถเร่งปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ไม่เปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์อื่น (ปราณี, 2547)

เอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase)

คุณสมบัติทั่วไปของเอนไซม์เซลลูเลสคือ มีมวลโมเลกุลโดยเฉลี่ย 63,000 มีค่า pH 5.5 – 6.0 มีความเสถียรที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียลนาน 5 นาที ที่ pH 7.0 จะถูกยับยั้งด้วยไอออนของโลหะหนัก สารพวกซัลไฟดริล สารทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน รีดักชัน (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 cellubiohydrolase) 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 paracystalline region) และส่วนที่เป็นผลึก (cystalline region) ได้เป็น celluloses ที่เป็นเส้นตรง จากนั้นเอนไซม์ Exocellulose ก็จะสลายพันธะ β-1,4 linkages ของ cellulose ได้เป็นน้ำตาลสองโมเลกุล (cellobiose) และน้ำตาลสี่โมเลกุล (cellotetrose) และสุดท้ายเอนไซม์ β – Glucosidase จะทำการสลายน้ำตาลสองโมเลกุลและน้ำตาลสี่โมเลกุล กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดียว คือ น้ำตาลกลูโคส ดังภาพที่ 3 (Bhat and Hazlewood, 2001)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 กลไกการปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคส
ที่มา : นิรนาม (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) พบว่าการสกัดPKM ด้วยสารเคมี มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำกว่าวิธีการหีบน้ำมัน ปริมาณไขมันของ PKM ที่เหลือจากวิธีการสกัดด้วยสารเคมี มีค่าประมาณอยู่ในช่วง 0.5 - 3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไขมันเหลือจากวิธีการหีบน้ำมันอยู่ในช่วงประมาณ 4 – 9 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันได้จากวิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดปาล์มน้ำมันด้วยการใช้สารเคมีกับการสกัดด้วยวิธีการหีบน้ำมัน

วิธีการสกัดน้ำมัน	แหล่งที่มาของข้อมูล				
	จินดา (2548)	Chin (2001)	Alimon (2004)	Sundu and Dingle (2003)	Boateng et al. (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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ที่ได้จากวิธีการสกัดด้วยการใช้สารเคมี 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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของ PKM ด้วยวิธีการสกัดน้ำมันโดยการหีบน้ำมันและการใช้สารเคมี

แหล่งที่มาของข้อมูล	ส่วนประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)					
	วัตถุแห้ง	โปรตีนหยาบ	เยื่อใยหยาบ	ไขมัน	เถ้า	ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์
การสกัดน้ำมันโดยการหีบน้ำมัน						
จินดา (2548)	-	14.46	26.29	9.21	4.53	45.51
Perez et al. (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 et al. (2008)	94.00	14 – 21	21– 23	-	6.00	-
การสกัดน้ำมันโดยการใช้สารเคมี						
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 et al. (2003)	-	17.20	17.10	1.50	4.30	-

หมายเหตุ : - ไม่มีข้อมูล

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของน้ำตาลและปริมาณ NSP ของเมล็ดลินินที่มีการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์เซลลูเลส

เมล็ดลินิน	ส่วนประกอบของน้ำตาล (กรัมต่อกิโลกรัม)						
	แรมโนส	อลาบิโนส	ไซโลส	กาแลกโตส	กลูโคส	กรดยูโรนิก	ผลรวมของ NSP
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)						
	อลาบิโนส	ไซโลส	แมนโนส	กาแลกโตส	กลูโคส	กรดยูโรนิก	ผลรวมของ NSP
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)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การใช้เอนไซม์และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารไก่

ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวนั้นไม่สามารถย่อยอาหารเยื่อใยได้ โดยอาศัยน้ำย่อยอาหารของสัตว์ได้เอง ดั้งนั้น จึงมีการเสริมเอนไซม์เพื่อช่วยในการย่อยอาหารเยื่อใย เนื่องจากอาหารเยื่อใยสูงมีผลในการยับยั้งการดูดซึมของกรดเกลือและน้ำดีในระบบย่อยอาหาร (นิวัติ, 2531) ซึ่งโดยทั่วไปในไก่เนื้อสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต (Sandu *et al.*, 2006) จากรายงานการศึกษาของ Sundu and Dingle (2003) พบว่าการเสริมเอนไซม์ทำให้คุณค่าทางโภชนะของ 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) พบว่าการเพิ่มระดับการใช้กากเนื้อมะพร้าว (0 10 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์)ที่สูงขึ้นในสูตรอาหารไก่กระทง มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร การย่อยได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของโภชนะ 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 การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน และพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ ของทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเสริมเอนไซม์ ($P<0.05$) ซึ่งผลการทดลองขัดแย้งกับการทดลองของ Ponte *et al.*(2004) รายงานผลการศึกษาการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยรวมทางการค้า (Roxazyme G) และเอนไซม์เซลลูเลสผสมเอนไซม์ไซลาเนส ในสูตรอาหารที่มีส่วนประกอบของถั่วอัลฟัลฟา 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเสริมเอนไซม์ไม่มีผลในการปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร($P>0.05$) ในไก่เนื้อระยะอายุ 35 -60 วัน และ Lyayi and Davies

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการลดปริมาณเยื่อใยรวมใน PKM โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส และผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวม ระดับต่างๆในอาหารไก่เบตง ได้ดำเนินการทดลองศึกษาวิจัยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาผลการลดปริมาณเยื่อใยรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส

3.1.1 อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย
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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 วิธีการศึกษาวิจัย

นำตัวอย่างกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (PKM) มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิธีการ Proximate Analysis ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และเยื่อใย ตามวิธีการของ A.O.A.C. (1990) จากนั้นทำการศึกษาหาระดับของการใช้เอนไซม์เซลลูเลสที่เหมาะสมในการลดระดับเยื่อใยรวมของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยจะใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ที่แตกต่างกัน 6 ทรีทเมนต์ 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 เพื่อนำมาวิเคราะห์เยื่อใยรวมด้วยวิธี Asbestos – Free Method (AOAC, 1980)

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \alpha_{ij} \qquad i = 1, 2, 3, \ldots, 6$$
$$j = 1, 2, 3$$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตผลของปริมาณเยื่อใยรวม
μ = ค่าเฉลี่ยรวมของค่าสังเกต
τ_i = อิทธิพลของระดับเอนไซม์เซลลูเลสที่ใช้
α_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ศึกษาผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวม 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 และวัคซีนหลอดลมอักเสบ

3.2.2 วิธีการศึกษาวิจัย

การทดลองใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ที่ผ่านการลดเยื่อใยรวมด้วยเอนไซม์เซลลูเลส 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 ที่ผ่านการลดระดับเยื่อใยรวมแล้ว ที่ระดับ 0 10 20 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 5 และ 6) โดยแต่ละสูตรมีระดับโปรตีน และพลังงานใกล้เคียงกัน ตลอดการทดลองไก่จะได้รับอาหารและน้ำเต็มที่ตลอดเวลาเหมือนกันทุกกลุ่ม พร้อมทั้งบันทึกค่าสมรรถภาพการผลิต ตลอดช่วงเวลาที่ทำการทดลอง

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบวัตถุดิบของอาหารทดลองสำหรับไก่เบตงในระยะอายุ 0 – 6 สัปดาห์

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

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
ไดแคลเซียมฟอสเฟต (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
พรีมิกซ์[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
เยื่อใย (%)	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 D_3 300,000 IU; vitamin E 2,500 IU ; vitamin K_3 50 g; vitamin B_1 0.25 g; vitamin B_2 0.7 g; vitamin B_6 0.45 g; vitamin B_{12} 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.

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
131137

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบวัตถุดิบของอาหารทดลองสำหรับไก่เบตงในระยะอายุ 7 – 12 สัปดาห์

	ปริมาณกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน[1] (%)					
วัตถุดิบ (%)	ควบคุม	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
พรีมิกซ์[2]	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
เยื่อใย (%)	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 D_3 300,000 IU; vitamin E 2,500 IU ; vitamin K_3 50 g; vitamin B_1 0.25 g; vitamin B_2 0.7 g; vitamin B_6 0.45 g; vitamin B_{12} 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.

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างปัจจัยแบบลีสสแควร์ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) และแสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีแบบหุ่นการวิเคราะห์ทางสถิติดังนี้

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

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

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตจากผลสมรรถภาพการผลิต

μ = ค่าเฉลี่ยร่วมของค่าสังเกต

T_i = อิทธิพลของชนิดแหล่งพลังงานในอาหารทดลอง

εij = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาการทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2552 – กันยายน 2553

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาผลการลดปริมาณเยื่อใยรวมในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ PKM

องค์ประกอบทางเคมีของ PKM วิเคราะห์โดยวิธี Proximate Analysis ซึ่ง PKM ประกอบด้วย วัตถุแห้ง ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีนรวม และเยื่อใยรวม 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
เยื่อใยรวม	17.78

ผลการลดปริมาณเยื่อใยรวมของ PKM โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส

ผลของการใช้เอนไซม์เซลลูเลสในการลดปริมาณเยื่อใยรวม ของ PKM โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลสเสริมที่ระดับ 0.15, 0.3, 0.6, 1.2 และ 2.4 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM ใช้เวลาในการหมักนาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งจากการศึกษา พบว่าการเสริมเอนไซม์เซลลูเลสเพื่อลดปริมาณเยื่อใยรวม ของ PKM ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมเอนไซม์ โดยกลุ่มควบคุมมีปริมาณเยื่อใยรวมเท่ากับ 18.64 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากกลุ่มที่เสริมเอนไซม์ เซลลูเลสที่ระดับต่าง ๆ ดังนี้ เสริมเอนไซม์เซลลูเลสใน ระดับ 0.15, 0.3, 0.6, 1.2 และ 2.4 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM ทำให้ PKM มีเยื่อใยลดลงจากกลุ่มควบคุมโดยมีค่าเท่ากับ 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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Slominski et al. (2006) เสริมเอนไซม์เซลลูเลส ที่ระดับ 340 ยูนิตต่อกรัมในเมล็ดลินิน พบว่าเอนไซม์เซลลูเลสทำให้ปริมาณ NSP ในเมล็ดลินินลดลง 22.07 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมเอนไซม์ ($P<0.05$) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้เอนไซม์เซลลูเลส มีผลทำให้ปริมาณเยื่อใยรวมลดลงได้ เนื่องจากเอนไซม์เซลลูเลสไปทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบที่ผนังเซลล์ ของ PKM ทำให้โครงสร้างเยื่อใยของเซลลูโลสแตกตัวออก และมีขนาดเล็กลงทำให้ปลดปล่อยน้ำตาลได้มากยิ่งขึ้น จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้มี PKM มีเยื่อใยรวมลดลง (Malathi and Devegowda, 2001 ; Beauchemin et al., 2003 ; Meng et al., 2005)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ปริมาณเยื่อใยรวมใน PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส (มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM)					
	0	0.15	0.3	0.6	1.2	2.4
ปริมาณเยื่อใยรวม	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 ($P < 0.01$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.2 ศึกษาผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เบตง

การศึกษาผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมด้วยเอนไซม์เซลลูเลส ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เบตง แบ่งออกเป็น 3 ระยะการทดลองตามอาหารทดลองคือระยะ 0 – 6 สัปดาห์, 7 – 12 สัปดาห์ และ 0 – 12 สัปดาห์ ผลการทดลองเป็นดังนี้

4.2.1 ผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เบตงในระยะอายุ 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 มีประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยที่สุด รองลงมาคือไก่กลุ่มที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) ส่วนกลุ่มที่ใช้ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ เซลลูเลสที่ระดับ 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Sundu *et al.* (2006) พบว่าและการเสริมเอนไซม์ทางการค้า ทั้ง 3 ชนิด คือ Hemicell, Allzyme SSF และ เอนไซม์รวม (Hemicell + Allzyme SSF +Gamanase) ในระดับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน และพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ ของทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเสริมเอนไซม์ ($P<0.05$) จากผลการทดลองพบว่าเราสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเสริมเอนไซม์ในสูตรอาหารได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโดยทั่วไปในไก่เนื้อสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารโดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต (Sandu *et al.*, 2006) ทั้งนี้ยังพบว่าไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ เซลลูเลสที่ ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการตายสูงที่สุด ($P>0.05$) ส่วนอีกทั้ง 4 กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากระบบทางเดินอาหารของลูกไก่พัฒนายังไม่สมบูรณ์เต็มที่ ซึ่งลำไส้ส่วนดูโอดินัมจะพัฒนาอย่างสมบูรณ์เมื่ออายุ 7 วัน ขณะที่ส่วนเจจูนัมและอิเลียมจะต้องพัฒนาต่อไปจนกระทั่งไก่อายุ 14 วัน ดังนั้นการที่ไก่ระยะเล็กได้รับอาหารเยื่อใยสูงจึงส่งผลกระทบได้ (Uni *et al.*, 1998)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 การใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมต่อสมรรถภาพการผลิต (± SD) ในไก่เบตงในระยะอายุ 0 – 6 สัปดาห์

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

[1] ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสที่ใช้ 12 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM

[2] ระยะเวลาในการทดสอบอาหารทดลองในไก่คือ 40 วัน ตั้งแต่อายุ 3 – 42 วัน

ก, ข อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
©ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
All rights reserved

4.2.2 ผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมต่อสมรรถภาพการผลิต 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 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด (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 แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกลุ่มที่ได้ได้รับ 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 ($P>0.05$)

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 การใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมต่อสมรรถภาพการผลิต (± SD) ในไก่เบตงในระยะอายุ 7 – 12 สัปดาห์

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

[1] ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสที่ใช้ 12 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM

$^{ก-ก}$ อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
©ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
All rights reserved

4.2.3 ผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เบตงในระยะอายุ 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 ไก่ที่ได้รับPKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์มีต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่สูงกว่าไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) จึงส่งผลให้ต้นค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ (62.63 บาท) สูงกว่า ทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนไก่ที่ได้รับ PKM ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์มีต้นค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 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 มีลักษณะแห้งและมีความฟ่ามสูงจึงทำให้มีอัตราการไหลผ่านระบบทางเดินอาหารของไก่เร็วขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่เบตงด้อยลง และเมื่อคิดต้นทุนค่าอาหารจึงทำให้สูตรอาหารที่มีการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มในปริมาณสูงมีต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้นตามไปด้วย

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 การใช้ PKM ที่ผ่านการลดปริมาณเยื่อใยรวมต่อสมรรถภาพการผลิต (± SD) ในไก่เบตงในระยะอายุ 0 – 12 สัปดาห์

ลักษณะที่ศึกษา	ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสที่ใช้ 12 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM[1]					
	ควบคุม	10	20	30	40	50
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	27.95 ± 0.94^{ก}	29.72 ± 1.43^{ก}	28.76 ± 1.49^{ก}	29.03 ± 0.98^{ก}	28.19 ± 2.29^{ก}	24.14 ± 1.78^{ข}
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	99.62 ± 6.15^{ก}	106.54 ± 8.56 ขค	113.47 ± 3.79 กข	111.74 ± 5.71 กข	115.01 ± 9.85 กข	118.45 ± 7.07^{ก}
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	3.56 ± 0.20^{ก}					4.91 ± 0.23^{ก}
อัตราการตาย (% ของไก่ทั้งหมด)	10.15 ± 3.66^{ข}	3.58 ± 0.20^{ก}	3.95 ± 0.14^{ข}	3.85 ± 0.25^{ขค}	4.09 ± 0.30^{ข}	22.88 ± 11.69^{ก}
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว)	106.91 ± 7.11^{ช}	6.82 ± 7.03^{ขค}	0.00 ± 0.00^{ก}	5.30 ± 4.85^{ขค}	8.94 ± 6.44^{ข}	123.76 ± 6.60^{ง}
ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (บาท)	46.64 ± 2.74^{กง}	113.22 ± 8.63 ฉช	118.56 ± 3.63 จฉ	117.52 ± 7.15 จฉ	121.77 ± 9.67 จฉ	62.63 ± 2.92^{ก}
		46.43 ± 2.34^{ง}	50.34 ± 2.05^{ขค}	49.42 ± 3.39 ขคง	52.79 ± 3.78^{ข}	

[1] ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสที่ใช้ 12 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM

ก-ง อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

จ-ช อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การใช้เอนไซม์เซลลูเลสเพื่อลดปริมาณเยื่อใยในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ควรใช้ที่ระดับ 1.2 มิลลิกรัมต่อกรัมของ PKM เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากถ้าใช้เอนไซม์เซลลูเลสในปริมาณสูงกว่านี้ ไม่มีผลต่อการลดปริมาณเยื่อใยเพิ่มขึ้นและเป็นการเพิ่มต้นทุนค่าอาหาร

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

ข้อเสนอแนะ

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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. 2553. ความรู้ด้านอาหารสัตว์ วัตถุดิบอาหารสัตว์ กากปาล์มน้ำมัน. แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowlage/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 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. น. 383 – 395.

นิรนาม. 2552. กลไกปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคส. แหล่งที่มา: http//www. Wikipedia.com, 15 ธันวาคม 2552

นิวัติ เมืองแก้ว. 2531. ผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในอาหารและการจำกัดอาหารหลังจากไก่ให้ไข่สูงสุดต่อการให้ผลผลิตในไก่ไข่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 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.nsru.ac.th, 19 กุมภาพันธ์ 2552.

ศยามล พวงขจร ธรรมนาถ ชัยฤทธิ์ พีรวุฒิ ชินสร้อย. 2548. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์. ธุรกิจอาหารสัตว์. 22 (105) น. 48 – 62.

สุวรรณา พรหมทอง. 2548. การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางสรีระวิทยา จุลกายวิภาค และ จุลินทรีย์ในทางเดินอาหารไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรมันสำปะหลังกับอาหารสูตรข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

หรรษา ปุณณะพยัคฆ์ และ เนริสา คุณประทุม. 2553. การผลิตเอนไซม์จากวัสดุทางการเกษตรเพื่อเป็นแนวทางการใช้ในอาหารสัตว์. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330.

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 xylanasea 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.

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ll : 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 plam 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. Foragesand feed resources in commercial livestock production systems. The food and agriculture organization of the united nations (FAO).

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เอนไซม์เซลลูเลสลดระดับเยื่อใยรวมของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน

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 ที่ทรีทเมนต์ที่ 1 ใช้ 0 กรัม ทรีทเมนต์ที่ 2 ใช้ 0.001 กรัม ทรีทเมนต์ที่ 3 ใช้ 0.003 กรัม ทรีทเมนต์ที่ 4 ใช้ 0.006 กรัม ทรีทเมนต์ที่ 5 ใช้ 0.011 กรัม และทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้ 0.023 กรัม หมักเอาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมง หลังจากการเติมสารละลายเอนไซม์เซลลูเลส นำตัวอย่างที่ได้ไปอบแห้ง เพื่อนำมาวิเคราะห์เยื่อใยรวมด้วยวิธี 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	การวิเคราะห์หาเยื่อใยรวม				
	เอนไซม์ (mg/g palm)	ปริมาณกากปาล์ม กรัม (g)	ใน Sodium acetate Buffer (ml)	ปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ มิลลิกรัม (mg)	ปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ 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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 การเตรียมสารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ (Sodium acetate buffer)

พีเอช (pH)	ปริมาณสารสะลาย A (มิลลิลิตร)	ปริมาณสารสะลาย 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

วิธีการวิเคราะห์เยื่อใยรวมด้วยวิธี Asbestos – Free Method (AOAC, 1980)

1. ชั่งน้ำหนัก Crucible และชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 2 – 3 กรัม จดบันทึก
2. นำ Crucible ใส่ในเครื่อง Hot Extraction Unit แล้วโยกคันโยกลงมา
3. เลื่อนคันโยกด้านหน้า 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 ทำการกรองโดยเลื่อนคันโยกที่ตำแหน่ง vaccum ถ้ากรองไม่ลงหรือกรองไม่สะดวกให้ใช่ความดันช่วย
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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. หลังจากนั้นนำ crucible ไปอบใน Drying oven ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส overning
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

สูตรคำนวณในการหาเปอร์เซ็นต์เยื่อใย

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

เมื่อ A = น้ำหนักหลังอบ
B = น้ำหนักหลังเผา
C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์

การคำนวณค่าสมรรถภาพการผลิต

สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์สมรรถภาพการผลิต มีดังนี้

อัตราการเจริญเติบโต (ADG) = น้ำหนักตัวที่เพิ่ม / จำนวนวันที่เลี้ยง X จำนวนสุกรที่เลี้ยง

ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR) = น้ำหนักอาหารที่กิน / น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

อัตราการตาย (%) = จำนวนสุกรที่ตาย X 100 / จำนวนสุกรทั้งหมด

ราคาอาหาร (บาท) = ปริมาณอาหารที่กิน (กก.) X ราคาอาหาร (บาท/กก.)

ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก (บาท/กิโลกรัม) = ราคาอาหารทั้งหมดในแต่ละคอก / น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของสุกรในแต่ละคอก

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมในการทดลอง

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงไก่เบตง

ระยะเวลา	อุณหภูมิ (°C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (%)		
(สัปดาห์ที่)	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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้