รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาการใช้ประโยชน์กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน เอกซ์ทรูดในไก่กระทง

The Studies of Utilization of Extruded Palm Kernel Cake in Broiler Chickens

นางสาวสายชล เลิศสุวรรณ

นายวรพงษ์ นลินานนท์

b00274587

RC00205

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การศึกษาการใช้ประโยชน์กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเอ็กซ์ทรูดในไก่กระทง
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้ ปีงบประมาณ 2554
ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 177,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2553 ถึง กันยายน 2554
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 ศึกษาผลของการใช้กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นในการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (Palm kernel meal; PKM) โดยนำ PKM มาเอ็กซ์ทรูดด้วยเครื่อง semi-extrusion และเติมน้ำใน PKM ก่อนเข้าเครื่องกึ่งเอ็กซ์ทรูด 3 ระดับ ได้แก่ 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า การเติมน้ำใน PKM ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ มีผลทำให้อุณหภูมิของท่อบาร์เรลและอุณหภูมิของ PKM ทันทีที่ออกจากเครื่อง ลดต่ำลง (P<0.05) ความหนาแน่นและความชื้นของ PKM เพิ่มสูงขึ้น(P<0.05) ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของไขมัน โปรตีน และเยื่อใย ของทั้ง 4 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง การทดลองใช้ PKM ที่ผ่านการกึ่งเอ็กซ์ทรูชั่นในระดับที่เหมาะสมที่สุด (จากการทดลองที่ 1) มาใช้ในการเลี้ยงไก่กระทง อายุ 1 วัน จำนวน 300 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design ; CRD) โดยแบ่งกลุ่มตามอาหารทดลองตามระดับของการใช้ PKM ที่ผ่านการกึ่งเอ็กซ์ทรูชั่นแล้ว ที่ระดับ 0, 20, 25, 30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มละ 5 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่า ปริมาณการกินอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ของไก่จะเพิ่มขึ้น (P<0.05) เมื่อมีการเพิ่มระดับ PKM กึ่งเอ็กซ์ทรูด ขณะที่อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการตายไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม(P>0.05) แต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง(P<0.05) ตามระดับของ PKM กึ่งเอ็กซ์ทรูดที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจากผลการทดลองสามารถใช้ PKM กึ่งเอ็กซ์ทรูดได้ในระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต

คำสำคัญ : เอ็กซ์ทรูชั่น ไก่กระทง กากปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title : The Studies of Utilization of Extruded Palm Kernel Cake in Broiler Chickens.

Researcher : Dr. Saichon Lerdsuwan

Faculty : Chumphon Campus Department: Agricultural Technology

Abstract

Experiment 1: The studies of extrusion process improved utilization of nutrient in Palm Kernel Meal (PKM). The PKM was extruded with three different adding water 30, 40 and 50 % before entry through semi- extruder. The results indicated that the increase in adding water in PKM subsequently decreased ($P<0.05$) barrel jacket temperatures and exit temperature, increased ($P<0.05$) bulk density and moisture of PKM. The chemical composition of extruded PKM was not significant different ($P<0.05$) when increased adding water in PKM.

Experiment 2: The study of using se-mi extruded PKM on growth performance of broiler chickens. From the Exp.1 The semi-extruded PKM from adding water 30 % before entry through semi extruder was used. Three hundred (300) day old broiler chickens were in a completely randomized design allocated to six dietary treatment (0, 20, 25, 30, 35 and 40% of semi-extruded PKM) in five replicates. The result showed that the feed intake and feed cost/kg weight gains increases significantly ($P<0.05$) with increase in semi-extruded PKM while the ADG and mortality were similar to the control. But the increase in levels of semi-extruded PKM was significant ($P<0.05$) decreased FCR. These findings show that semi-extruded PKM can be included at 30% level in the diet of broiler chickens without a negative effect on performance.

Keywords : extrusion , broiler chicken, palm kernel meal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในงานวิจัยครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่ให้การสนับสนุนเงินทุน ในการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ห้องปฏิบัติการหลักสูตรสัตว์ศาสตร์ และงานฟาร์มวิทยาเขตชุมพรที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณ อ.วรพงษ์ นลินานนท์ ผู้ร่วมวิจัย และนักศึกษาหลักสูตรสัตวศาสตร์ ที่ให้กำลังใจค่อยช่วยเหลือตลอดมา

สายชล เลิศสุวรรณ

วรพงษ์ นลินานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
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 ข้อจำกัดในการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	5
2.4 กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น (extrusion process)	6
2.5 คุณค่าทางอาหารของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	7
2.6 ผลการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์	10
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	12
3.1 ศึกษาผลของการใช้กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นในการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	12
3.2 ศึกษาผลของการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง	13
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 ศึกษาผลของการใช้กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นในการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะใน PKM	17
4.2 ศึกษาผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	24
5.1 สรุปผลการทดลอง	24
5.2 ข้อเสนอแนะ	24
เอกสารอ้างอิง	25
ภาคผนวก	30
ประวัตินักวิจัย	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันได้จากวิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดปาล์มน้ำมันด้วยการใช้สารเคมีกับการสกัดด้วยวิธีการหีบน้ำมัน	8
2	ส่วนประกอบทางเคมีของ PKM ด้วยวิธีการสกัดน้ำมันโดยการหีบน้ำมันและการใช้สารเคมี	9
3	แสดงระดับที่เหมาะสมของการใช้ PKM ในไก่กระทง	11
4	ส่วนประกอบวัตถุดิบของอาหารทดลองสำหรับไก่กระทงในระยะอายุ 0 – 22 วัน	14
5	ส่วนประกอบวัตถุดิบของอาหารทดลองสำหรับไก่กระทงในระยะอายุ 22 – 42 วัน	15
6	ขบวนการผลิต PKM กึ่งเอ็กซ์ทรูด	17
7	องค์ประกอบทางเคมีของ PKM	18
8	การใช้ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิต (± SD) ในไก่กระทงในระยะอายุ 0 – 21 วัน	19
9	การใช้ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิต (± SD) ในไก่กระทงในระยะอายุ 22 – 42 วัน	21
10	การใช้ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิต (± SD) ในไก่กระทงในระยะอายุ 0 – 42 วัน	23

ตารางผนวกที่

1	อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงสัดส่วนและผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	4
2	ส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำ	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการผลิตสัตว์ปีก โดยเฉพาะในไก่กระทง ซึ่งเป็นสัตว์เศรษฐกิจนั้น มีต้นทุนค่าอาหารสัตว์อยู่ระหว่าง 60-70 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด และราคาอาหารสัตว์นั้นจะผันแปรไปตามราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการผลิต โดยเฉพาะในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมานี้ ราคาของวัตถุดิบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ มาเพื่อผลิตอาหารเชิงพาณิชย์ เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง และข้าวโพด ได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามความต้องการของทั่วโลกที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารที่สูงขึ้น ดังนั้นการลดต้นทุนการผลิตลง ด้วยการจัดหาวัตถุดิบที่มีราคาถูกในท้องถิ่น จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันรวมทั้งสิ้นประมาณ 1,844,266 ไร่ โดยร้อยละ 95 อยู่ในพื้นที่ภาคใต้ ให้ผลผลิตรวม 5,114,160 ตัน ซึ่งจังหวัดชุมพรมีพื้นที่ปลูกปาล์มกว่า 374,921 ไร่ คิดเป็นปริมาณผลผลิตรวม 981,543 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2547) และมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นในอนาคต ดังนั้นอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันจึงเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่สำคัญ ที่มีแนวโน้มเติบโตเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นเศษเหลือ (By-product) จากอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์ม มีปริมาณรวมมากถึงปีละกว่า 2.6 ล้านตัน มีราคาถูกเพียงกิโลกรัมละ 5 – 6 บาท สามารถใช้ในอาหารสัตว์กระเพาะรวม เช่น โคนม หรือโคขุนได้ดี แต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวหลายประการ เช่น การมีระดับโปรตีนที่ค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์) การขาดแคลนกรดอะมิโนที่จำเป็นบางตัว และโภชนะกลุ่ม Non-starch polysaccharide เช่น เยื่อใยอยู่สูง ซึ่งมีผลขัดขวางการใช้ประโยชน์จากสารอาหารที่มีอยู่ ดังนั้นการหากรรมวิธีที่เหมาะสมในการลดข้อจำกัดในการใช้ดังกล่าวจึงเป็นแนวทางที่เพิ่มการใช้ประโยชน์ในวัตถุดิบจากกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันให้เพิ่มมากขึ้น

กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น (extrusion) เป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารทั้งอาหารมนุษย์และอาหารสัตว์ เพราะสามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายแบบด้วยเทคนิคการใช้ความร้อนและความดันสูง ผ่านการหมุนของสกรูภายในท่อบาร์เรล ทำให้โครงสร้างภายในของวัตถุดิบอาหาร องค์ประกอบทางเคมี และโภชนะต่างๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่สามารถใช้ประโยชน์ได้เพิ่มมากขึ้น เช่น การเอ็กซ์ทรูชั่นมีผลในการลดปริมาณเยื่อใยรวม (dietary fiber) ในข้าวโพดลง เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ทำให้เยื่อใยมีโมเลกุลเล็กลง สามารถละลายได้ในน้ำ กรด หรือด่างได้เพิ่มขึ้น ทำให้เพิ่มปริมาณ Soluble non-starch polysaccharide ได้มากขึ้น (Ning *et al.*, 1991) นอกจากนี้แป้งในวัตถุดิบ เมื่อผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น เซลล์ของเม็ดแป้งจะเกิดการพองตัว และแตกออก เกิดการเจลาติไนซ์ (gelatinization) มีผลให้ตัวของวัตถุดิบเกิดการพองพู่ และความหนาแน่น (bulk density) ซึ่งช่วยเอื้อต่อการเข้าย่อยแป้งของเอนไซม์อะไมเลสได้เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(พันทิพา, 2539) ส่วนในโภชนะโปรตีนพบว่า กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นมีผลให้พันธะ disulfide ของโมเลกุลโปรตีน เกิดการแตกหัก กลายเป็นโปรตีนที่มีโมเลกุลเล็กลง ส่งเสริมให้เอนไซม์เข้าย่อยได้ดีขึ้น มีผลให้ค่าอัตราการย่อยได้ของโปรตีนดีขึ้น (Camire,2000) เป็นต้น

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้ จึงเป็นการศึกษาการใช้กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นในการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน พร้อมทั้งการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูด ในระดับที่เหมาะสมไปใช้ในการผลิตอาหารไก่กระทงในช่วงอายุ 0 – 42 วัน ซึ่งมีความสำคัญทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของอัตราการไหลของน้ำเข้าเครื่องในกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นในระดับที่เหมาะสม ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นในระดับที่เหมาะสม ต่อคุณภาพซากของไก่กระทง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ขอบเขตของเนื้อหาการศึกษาวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของอัตราการไหลของน้ำเข้าเครื่องในกระบวนเอ็กซ์ทรูชั่นต่อกระบวนการผลิตและการใช้ประโยชน์ของโภชนะในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน
2. กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ได้จากโรงงานสกัดปาล์มน้ำมัน ในจังหวัดชุมพร
3. ไก่กระทง (Broiler Chickens) อายุ 1 วัน เลี้ยงไปจนกระทั่งอายุ 42 วัน

ขอบเขตของการวัดความสำเร็จในการวิจัย

1. เพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารไก่กระทง ให้สามารถใช้ได้ในเปอร์เซ็นต์ที่สูงขึ้นในสูตรอาหารโดยไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต (growth performance) ของไก่กระทง
2. สามารถลดต้นทุนการผลิตโดยเฉพาะค่าอาหาร ซึ่งเป็นต้นทุนส่วนใหญ่ในการผลิตไก่กระทง จากการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารได้เพิ่มมากขึ้น
3. สามารถใช้ข้อมูลจากการวิจัยที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนางานวิจัยส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง หรือให้ผู้ที่สนใจนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อการพัฒนา และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไก่ของวิสาหกิจหรือเกษตรกรทั่วไป
4. ใช้เป็นข้อมูลประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้อง เช่น การผลิตสัตว์ปีก เทคโนโลยีอาหารสัตว์ และเผยแพร่เป็นผลงานวิจัยของสถาบัน ในระดับประเทศ หรือในระดับนานาชาติต่อไป

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) ทำได้โดยการใช้ สกูรเป็นเกลียวบีบให้น้ำมันออก 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

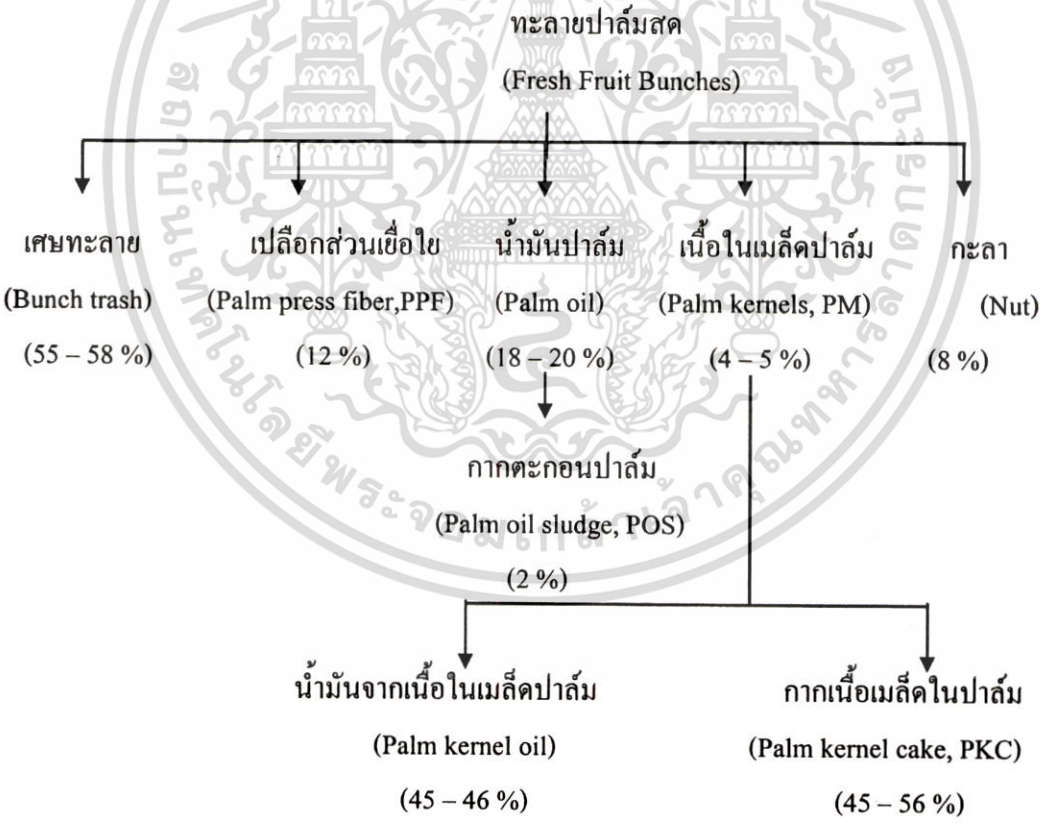
3. กากเนื้อเมล็ดในปาล์ม (Palm kernel meal, PKM) เป็นชั้นในสุด (endosperm) ของเมล็ดปาล์ม ที่เรียกว่า เคอเนล (kernel) มีน้ำมันอยู่มากเช่นกัน ส่วนของน้ำมันในชั้นของเคอเนล นี้ มีปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนัก (ดังภาพที่ 2) (วันวิศาข์ และคณะ, 2552) กากส่วนนี้เป็นกากปาล์มน้ำมันที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำมันพืชที่มีขนาดใหญ่มีขบวนการผลิตแยกส่วน ซึ่งมีความแตกต่างทางกายภาพกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กากปาล์มชนิดอื่นอย่างชัดเจน และประกอบด้วยส่วนของเนื้อเป็นส่วนมาก ชิ้นส่วนของกะลาปาล์มพบว่ามีปะปนเพียงเล็กน้อย

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

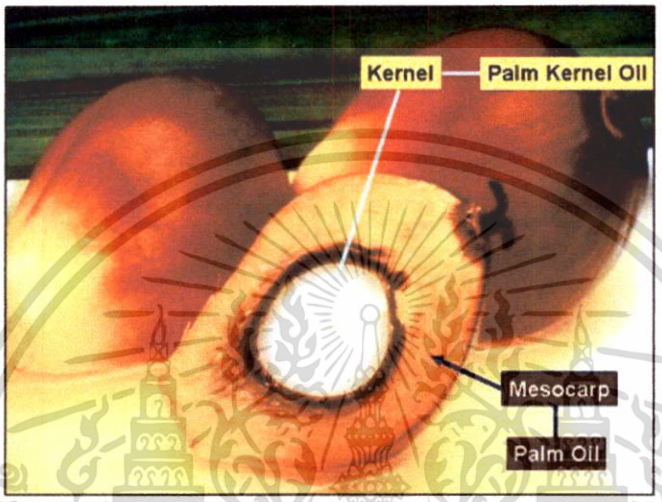


ภาพที่ 1 แสดงสัดส่วนและผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ที่มา : FAO (1988)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมัน

ที่มา: Agico group (2012)

2.3 ข้อจำกัดในการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันประกอบด้วยส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายได้แก่แป้งและน้ำตาล (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 แต่ในไก่การย่อยโดยจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลินทรีย์และการนำไปใช้ประโยชน์มีน้อยเพียง 2-3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความสามารถในการย่อยได้ของ NSC ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของตัวสัตว์ โครงสร้างทางเคมีของ NSC ความสามารถในการละลายน้ำ และปริมาณของ NSC ในอาหาร (Choct and Kocker,2000; บุญล้อม, 2546)

2.4 กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น (extrusion process)

กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น (extrusion) เป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่ใช้เทคนิคความร้อนและความดันสูง จากการหมุนของสกรูที่อยู่ภายในท่อบาร์เรล ซึ่งก่อให้เกิดแรงอัดและเสียดสีของวัตถุดิบกับผนังท่อบาร์เรล ทำให้โครงสร้างภายใน องค์ประกอบทางเคมี และโภชนะของวัตถุดิบเกิดการเปลี่ยนแปลง (Smith, 1976) และเมื่อวัตถุดิบถูกอัดผ่านหัวได (die) มากระทบกับความเย็นภายนอกเครื่องเอ็กซ์ทรูชั่นอย่างทันทีทันใด จะเกิดการพองตัวขึ้น

ในการให้ความร้อนในกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ เอ็กซ์ทรูชั่นแบบแห้ง (dry extrusion) ซึ่งไม่ใช้ไอน้ำระหว่างกระบวนการผลิต ความร้อนเกิดจากการเสียดสี และแรงอัด โดยที่ความชื้นในตัววัตถุดิบมีค่าต่ำกว่า 22 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเอ็กซ์ทรูชั่นแบบเปียก (wet extrusion) จะใช้ไอน้ำในการช่วยกระจายความร้อนให้กับวัตถุดิบ มีผลให้องค์ประกอบของวัตถุดิบโดยเฉพาะแป้ง (starch) เกิดการเจลาติไนซ์ (gelatinization) เพิ่มขึ้น (พันทิพา, 2539) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและโภชนะของวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นมีดังนี้ คือ วัตถุดิบจะมีการสูญเสียความชื้นไประหว่างกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นเริ่มต้น มีปริมาณเยื่อใยรวมลดลง โดย Ning *et al.* (1991) รายงานว่า ข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นมีปริมาณเยื่อใยรวมลดลง เนื่องจากกระบวนการทำให้เยื่อใยมีโมเลกุลเล็กลง สามารถละลายน้ำ กรด หรือด่างได้ดีขึ้น ส่วนในข้าวโอ๊ตและมันฝรั่งที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นก็พบว่ามีปริมาณของ Soluble non-starch polysaccharides เพิ่มสูงขึ้น (Camire, 2000) ในแป้ง (starch) เมื่อได้รับความร้อนและความชื้นจากการกระจายตัวของไอน้ำภายในเครื่องเอ็กซ์ทรูด เซลล์เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัว แตกตัวออก เกิดการเจลาติไนซ์ (gelatinization) และทันทีที่วัตถุหลุดออกจากเครื่อง น้ำในตัววัตถุดิบระเหยออก ผนังเซลล์เม็ดแป้งเกิดรอยแตก พองตัว และเกิดรูพรุนภายในวัตถุดิบ ทำให้มีลักษณะทางกายภาพที่พองฟูและเบา ค่าความหนาแน่น (bulk density) ต่ำลง เพิ่มความน่ากิน กลิ่นหอม และเอื้อต่อการเข้าย่อยแป้งของเอนไซม์อะไมเลส (amylase) ได้เพิ่มขึ้น (Hongtrakul *et al.*,1998) โปรตีน (protein) กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นมีผลให้พันธะไดซัลไฟด์ (disulfide) ของโปรตีนเกิดการแตกหักเป็นโปรตีนที่มีโมเลกุลเล็กลง ซึ่งส่งเสริมให้เอนไซม์ย่อยโปรตีนเข้าทำงานได้ดีขึ้น ส่งผลให้ปรับปรุงค่าการย่อยได้ของโปรตีน แต่ก็มีบางรายงานที่กล่าวว่ากระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นที่ใช้อุณหภูมิสูง และความชื้นต่ำ มีผลให้ลดการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนไลซีน และกรดอะมิโนที่จำเป็นอื่นๆ แต่การลดการใช้ประโยชน์ได้ดังกล่าวก็เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ไม่ส่งผลต่อภาวการณ์ขาดกรดอะมิโนแต่อย่างใด ดังรายงานการศึกษาในหนูทดลอง พบว่าหนูที่กินถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นไม่มีการเปลี่ยนแปลงของโคเรสเตอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในซีรัม การขับสารสเตอรอยด์ (steroid) ในมูล การย่อยได้ของโปรตีน และคุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน (biological value) เมื่อเปรียบเทียบกับหนูที่กินถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น (Camire, 2000) ไขมัน (lipids) วัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นจะมีปริมาณไขมันลดลง เนื่องจากมีการสูญเสียไขมันตรงบริเวณหัวไค ในรูปของไขมันอิสระ (free oil) และเกิดการรวมตัวกับอะมิโลส (lipid-amylose complexes) หรือโปรตีน ซึ่งสารประกอบดังกล่าวนี้สามารถถูกย่อยได้ด้วยกรดหรือเอนไซม์อะไมเลส ทำให้กลายเป็นไขมันที่ใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้การเอ็กซ์ทรูชั่นยังช่วยลดการเกิดกลิ่นหืน (rancidity) ในวัตถุดิบได้ โดยการทำให้ Hydrolytic enzyme เสื่อมสภาพ (Wang *et al.*, 1993) วิตามิน (vitamins)ในกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น ความร้อนและออกซิเจนที่เกิดขึ้น ทำให้เกิดการสูญเสียของวิตามินทั้งกลุ่มของวิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามินเอ วิตามินอี และสารตั้งต้นวิตามิน เช่น คาร์โรทีนอยด์ (carotenoids) และ โทโคฟีรอล (tocopherols) และกลุ่มวิตามินในกลุ่มที่ละลายในน้ำ เช่น ไทอามีน (thiamine) และวิตามินซี (Killeit, 1994) โดย Guzman-Tello and Cheftel (1990) รายงานว่าเบตาแครอทีน (β-carotene) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเปลี่ยนเป็นวิตามินเอที่เสริมในอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มสีสันและป้องกันการหืน (antioxidant) มีการสูญเสียในกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นไปมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จากการเพิ่มอุณหภูมิของท่อบาร์เรล จาก125 เป็น 200 องศาเซลเซียส ส่วนแร่ธาตุ (mineral) กับกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น เน้นศึกษาในประเด็นการจับตัวกันของแร่ธาตุกับสารโมเลกุลใหญ่ (macromolecules) และเยื่อใย โดยพบว่าในกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นแป้งข้าวสาลี มีผลทำให้เกิดการลดลงของไฟเตส ทำให้สามารถใช้ประโยชน์ของฟอสฟอรัสจากข้าวสาลีได้เพิ่มขึ้น (Camire, 2000)

2.5 คุณค่าทางอาหารของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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)	88.00 - 94.50	14.50 - 19.60	13.00 - 20.00	5.00 - 8.00	3.00 - 12.00	46.70 - 58.80
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	14.00 – 21.00	21.00 – 23.00	-	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
Zahari et al. (2003)	-	17.20	17.10	1.50	4.30	-

หมายเหตุ : - ไม่มีข้อมูล

2.6 ผลการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์

กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ผลิตได้ในประเทศไทย เป็นชนิดที่ได้จากการหีบผลปาล์มด้วยเกลียวอัด (screw-press extraction) โดยกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ได้และนำมาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้น เป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีโปรตีน (crude protein) ต่ำประมาณ 16.86 เปอร์เซ็นต์ แต่มีคุณภาพสูง เพราะประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วน มีไขมัน (crude lipid) 6.82 เปอร์เซ็นต์ มีเยื่อใย (crude fiber) สูงประมาณ 15.12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลทำให้การย่อยได้ (digestibility) และการใช้ประโยชน์ได้ในสัตว์ลดลง มีเถ้า (ash) 6.58 เปอร์เซ็นต์ Nitrogen Free Extract (NFE) 54.62 เปอร์เซ็นต์ และ Reducing sugar (RS) 2.87 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีความสมดุลระหว่างธาตุแคลเซียม (Ca) และฟอสฟอรัส (P) โดยพบแคลเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้ในไก่กระทงประมาณ 68.6 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 70.8 เปอร์เซ็นต์ (Mc Donald *et al.*, 1981) การใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนในลูกไก่ ต่ออาหารที่มีส่วนประกอบจากกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเฉลี่ยอยู่ที่ 74.4 เปอร์เซ็นต์ (Yeong ,1982) โดยพบ กรดอะมิโนไลซีน 0.53 เปอร์เซ็นต์ ค่าพลังงานรวม (gross energy)ในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันประมาณ 4680 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งให้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยไก่กระทงประมาณ 2796 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (Nwokolo *et al.*,1977)

วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีเยื่อใยสูง มีผลในการยับยั้งการย่อย และดูดซึมของกรดและเกลือน้ำดี โดยเฉพาะสัตว์กระเพาะเดี่ยว ดังนั้นกลุ่มของสัตว์ปีกซึ่งเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยว จึงไม่สามารถย่อยอาหารที่มีเยื่อใยสูงได้ Ngoupayou (1984) รายงานว่า การเลี้ยงไก่กระทงด้วยกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ที่มีปริมาณเยื่อใยสูง 15.3 เปอร์เซ็นต์ ไก่จะมีการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะต่ำลง ในอาหารลูกไก่ / ไก่กระทงสาว นิวัต (2530) รายงานว่า ไก่กระทงที่มีอายุมากขึ้นสามารถกินอาหารที่มีเยื่อใยสูงและมีประสิทธิภาพการใช้อาหารได้ดีกว่าไก่อายุยังน้อย สอดคล้องกับรายงานของ Armas and Chicco (1977) ที่พบว่า การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงลูกไก่กระทงอายุ 5 วัน ในระดับ 0 15 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ที่เสริมด้วยกรดอะมิโนไลซีน และเมทไธโอนีน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 45 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ไก่กระทงในระยะเล็กสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารได้ในระดับ 28 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในไก่กระทงระยะรุ่นสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารได้ในระดับ 35 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อไก่ (Onwudike, 1996) สอดคล้องกับรายงานของ Hntagalung (1980) ที่พบว่าการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ไม่มีผลกระทบสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง นอกจากนี้การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณการกินอาหารของไก่กระทงเพิ่มสูงขึ้น ($P<0.05$) ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง ($P<0.05$) (Bello *et al.*, 2011) จากงานวิจัยที่ผ่านๆ มาจึงสรุประดับที่เหมาะสมของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมีนในไก่กระทงได้ดังตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงระดับที่เหมาะสมของการใช้ PKM ในไก่กระทง

ชนิด	โปรตีน (%)	พลังงาน (kcal/kg)	พันธุ์ไก่	ช่วงอายุ (สัปดาห์)	ระดับที่เหมาะสม (%)	ที่มา
กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (Palm kernel cake)	14.5	3728 (GE) *	Anak	0-10	20	Yeong, 1982
	10.8	-	C.P.707	0-4	20	วินัยและคณะ 2526
				4-8	40	วินัยและคณะ 2526
	19.2	2653(ME) *	Anak	0-6	28	Onwudike,1986

ผลของกระบวนการเอกทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์นั้น จากรายงานผลการวิจัยต่างๆ ให้ผลทั้งในด้านบวกและด้านลบ Edwards *et al.*, (1999) รายงานว่าค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นในไก่กระทงมีค่าเท่ากับ 3,535 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอาหารที่ไม่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น ที่มีค่าเท่ากับ 3,725 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ($P < 0.01$) และ Herkelman *et al.* (1990) รายงานว่าการใช้ข้าวโพดเอ็กซ์ทรูดไม่ได้เพิ่มการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารของสุกร จากผลการทดลองพบว่าการย่อยได้ของโปรตีน และพลังงานการย่อยได้ของอาหารในส่วนของลำไส้เล็กตอนปลาย (ileal) และการย่อยได้ของโปรตีน ที่วัดจากมูลของอาหารสูตรข้าวโพดเอ็กซ์ทรูดและข้าวโพดในสุกรมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่การย่อยได้ที่วัดจากมูลของ NFE (nitrogen free extract) พลังงานการย่อยได้ (DE) และพลังงานการใช้ประโยชน์ (ME) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ได้รับ (GE) ของข้าวโพดเอ็กซ์ทรูดมีค่าสูงกว่าในข้าวโพด ($P < 0.05$) และพลังงานที่ย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในข้าวโพด เอ็กซ์ทรูด (มีค่าเท่ากับ 3.82 และ 3.73 กิโลแคลอรี่/กรัมอาหารในรูปวัตถุแห้ง ตามลำดับ) สูงกว่าในข้าวโพด (มีค่าเท่ากับ 3.66 และ 3.57 กิโลแคลอรี่/กรัมอาหารในรูปวัตถุแห้ง ตามลำดับ) แต่การใช้ข้าวโพดเอ็กซ์ทรูดไม่ได้ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต และปริมาณการกินอาหาร ($P>0.05$) (Hongtrakul *et al.*, 1998; Chae *et al.*, 2000) แต่ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้อาหารในสุกรระยะหลังหย่านม ($P<0.01$) (Chae *et al.*, 2000) นอกจากนี้ Skoch *et al.* (1983) รายงานว่ากระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นสามารถช่วยปรับปรุงพลังงานการย่อยได้ของอาหารผสมระหว่างข้าวโพดกับข้าวสาลี (ในสัดส่วน 1:1) ในสุกร และ Noland *et al.* (1976) รายงานว่ากระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นของข้าวฟ่างที่มีคุณภาพต่ำ สามารถปรับปรุงค่าพลังงานการย่อยได้และการย่อยได้ของโปรตีนที่วัดจากมูลในสุกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการใช้ประโยชน์กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเอ็กซ์ทรูดในไก่กระทง ได้ดำเนินการทดลองศึกษาวิจัยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาผลของการใช้กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นในการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน

3.1.1 อุปกรณ์

1. เครื่อง Semi-extrusion
2. เครื่องวัดอุณหภูมิ
3. ไม้บรรทัด
4. แก้วมัคค์

3.1.2 วิธีการศึกษาวิจัย

นำกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKM) มาเอ็กซ์ทรูดด้วยเครื่อง semi-extrusion (เครื่อง Germany No.42 กำลังเครื่อง 1.5 กิโลวัตต์ อัตราการหมุน 1450 รอบ/นาที) ขนาด 1 ท่อบาร์เรล ความยาวท่อ 32 เซนติเมตร ระดับน้ำที่เพิ่มลงไปในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันก่อนเข้าเครื่อง semi-extrusion 3 ระดับ ได้แก่ 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ผ่านหน้าไดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร มีรูขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 342 รู ทำการบันทึก อุณหภูมิของท่อบาร์เรล อุณหภูมิของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันกึ่งเอ็กซ์ทรูดทันทีที่ออกจากเครื่อง เวลาที่ใช้ในการผลิต และทำการสุ่มเก็บตัวอย่างกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเอ็กซ์ทรูด เพื่อหาความหนาแน่น (bulk density) หลังจากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเอ็กซ์ทรูดที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมี ด้วยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990)

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตผลของปริมาณเยื่อใยรวม

μ = ค่าเฉลี่ยรวมของค่าสังเกต

τ_i = อิทธิพลของระดับเอนไซม์เซลลูเลสที่ใช้

α_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

3.2 ศึกษาผลของการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง

3.2.1 อุปกรณ์

1. เครื่องบดวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Hammer mill)
2. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ (dry and wet thermometer)
3. เครื่องผสมอาหารแบบแนวนอน (Horizontal Mixers)
4. เครื่องชั่งขนาด 1, 15 และ 60 กิโลกรัม
5. ถังอาหาร ขวดน้ำ แผงกั้นกก และหลอดไฟกก
6. เวชภัณฑ์ ได้แก่ วิตามิน ปูนขาว โซดาไฟ วัคซีนฝีดาษ วัคซีนนิวคาสเซิล และวัคซีนหลอดลมอักเสบ

3.2.2 วิธีการศึกษาวิจัย

การทดลองใช้ PKM ที่ผ่านการกึ่งเอ็กซ์ทรูชั่นในระดับที่เหมาะสมที่สุด (จากการทดลองที่ 1) มาใช้ในการเลี้ยงไก่กระทง อายุ 1 วัน จำนวน 300 ตัว เลี้ยงจนกระทั่งอายุ 42 วัน การทดลองจะแบ่งไก่ออกเป็น 6 กลุ่มตามอาหารทดลอง กลุ่มละ 5 ซ้ำ ซึ่งอาหารทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ระยะการเจริญเติบโต คือระยะอายุ 0-21 วัน และระยะอายุ 22-42 วัน โดยอาหารทดลองจะแบ่งตามระดับของการใช้ PKM ที่ผ่านการกึ่งเอ็กซ์ทรูชั่นแล้ว ที่ระดับ 0, 20, 25, 30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 4 และ 5) โดยอาหารแต่ละสูตรมีระดับโปรตีน และพลังงานใกล้เคียงกัน ตลอดการทดลองไก่จะได้รับอาหารในลักษณะอาหารผง และน้ำดื่มแบบเต็มที่ตลอดเวลาเหมือนกันทุกกลุ่ม พร้อมทั้งบันทึกค่าสมรรถภาพการผลิต ตลอดช่วงเวลาที่ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบวัตถุดิบของอาหารทดลองสำหรับไก่กระทงในระยะอายุ 0 – 22 วัน

		ปริมาณกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน[1] (%)				
วัตถุดิบ (%)	ควบคุม	20	25	30	35	40
ข้าวโพด	59.00	40.03	35.82	31.73	27.78	23.58
กากถั่วเหลือง (45% CP)	28.06	22.00	21.11	20.40	19.30	19.00
หมูป่น (60% CP)	7.92	9.80	9.75	9.55	9.60	9.10
กากเนื้อเมล็ดปาล์ม	-	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
ไขมันพืช	3.70	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
ไดแคลเซียมฟอสเฟต(18% P)	0.50	0.35	0.50	0.50	0.50	0.50
เกลือ	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
พรีมิกซ์[2]	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
เมทไธโอนีน	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
รวม	100	100	100	100	100	100
ราคา(บาท)/กิโลกรัม	15.48	16.57	16.27	15.96	15.65	15.33
องค์ประกอบทางเคมี (จากการวิเคราะห์)						
วัตถุแห้ง (%)	89.61	89.90	90.29	90.34	89.90	90.08
ความชื้น (%)	10.39	10.10	9.71	9.66	10.10	9.92
โปรตีน (%)	22.56	21.84	22.91	22.12	21.44	21.30
ไขมัน (%)	6.96	9.83	9.60	9.66	9.41	8.83
เยื่อใย (%)	2.66	6.14	8.30	8.87	10.46	12.38
เถ้า (%)	4.23	5.52	6.00	6.12	6.64	6.85
แคลเซียม (%)	1.15	1.29	1.43	1.32	1.27	1.41
ฟอสฟอรัส (%)	0.67	0.70	0.78	0.74	0.74	0.86
พลังงานรวม (แคลลอรี่/กรัม นน.แห้ง)	4727.13	4794.00	4755.53	4881.84	4859.64	4814.23

[1] ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูชั่นที่ระดับน้ำที่เติมลงไปใน PKM ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์

[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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบวัตถุดิบของอาหารทดลองสำหรับไก่กระทงในระยะอายุ 22 – 42 วัน

		ปริมาณกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน[1] (%)				
วัตถุดิบ (%)	ควบคุม	20	25	30	35	40
ข้าวโพด	60.30	43.65	39.64	35.64	31.25	27.25
กากถั่วเหลือง (45% CP)	29.90	22.02	21.02	20.02	20.00	19.00
หมูป่น (60% CP)	3.00	6.00	6.00	6.00	5.30	5.30
กากเนื้อเมล็ดปาล์ม	-	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
ไขมันพืช	4.48	7.00	7.00	7.00	0.10	0.10
เปลือกหอยป่น	1.00	-	-	-	7.00	7.00
ไดแคลเซียมฟอสเฟต(18% P)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
เกลือ	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
พรีมิกซ์[2]	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
เมทไธโอนีน	0.30	0.31	0.32	0.32	0.33	0.33
รวม	100	100	100	100	100	100
ราคา(บาท)/กิโลกรัม	15.23	16.22	15.93	15.62	15.30	14.99
องค์ประกอบทางเคมี (จากการวิเคราะห์)						
วัตถุแห้ง (%)	90.26	89.53	89.58	90.02	90.16	91.85
ความชื้น (%)	9.74	10.47	10.42	9.98	9.84	8.15
โปรตีน (%)	20.38	19.59	19.77	20.18	20.03	20.03
ไขมัน (%)	7.53	9.51	8.84	9.61	9.79	9.51
เยื่อใย (%)	2.63	7.15	9.19	8.28	8.81	8.93
เถ้า (%)	4.64	4.97	5.54	5.60	6.27	6.53
แคลเซียม (%)	1.24	1.04	0.93	1.13	1.37	1.04
ฟอสฟอรัส (%)	0.50	0.63	0.62	0.65	0.66	0.64
พลังงานรวม (แคลลอรี่/กรัม นน.แห้ง)	4732.50	4882.99	4867.87	4900.57	4775.59	4815.27

[1] ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูชั่นที่ระดับน้ำที่เติมลงไปใน PKM ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์

[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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad , i = 1, 2, 3$$
$$j = 1, 2,.., 8$$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตจากผลสมรรถภาพการผลิต

μ = ค่าเฉลี่ยร่วมของค่าสังเกต

T_i = อิทธิพลของชนิดแหล่งพลังงานในอาหารทดลอง

εij = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาการทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2553 – กันยายน 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาผลของการใช้กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นในการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะใน PKM

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

ตารางที่ 6 ขบวนการผลิต PKM กึ่งเอ็กซ์ทรูด

ลักษณะที่ศึกษา	ปริมาณน้ำที่เติม PKM ก่อนการเอ็กซ์ทรูชั่น (เปอร์เซ็นต์)		
	30	40	50
อุณหภูมิท่อบาร์เรล (°C)	33.40 ± 0.70^{ก}	30.20 ± 0.62^{ข}	29.43 ± 0.40^{ข}
อุณหภูมิของ PKM ทันทีที่ออกจากเครื่อง (°C)	34.23 ± 0.75^{ก}	32.73 ± 0.58^{ข}	32.17 ± 0.81^{ข}
กำลังการผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	13.89 ± 0.80	13.62 ± 0.27	13.41 ± 0.53
ความหนาแน่น PKM (กรัม/ลบ.ซม)	0.57 ± 0.01^{ข}	0.59 ± 0.01^{ก}	0.60 ± 0.01^{ก}

$^{ก-ค}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.05$)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของ PKM

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

$^{ก-ค}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2 ศึกษาผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง

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

4.2.1 ผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงในระยะอายุ 0 – 21 วัน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 การใช้ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิต (± SD) ในไก่กระทงในระยะอายุ 0 – 21 วัน

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

^{ก,ข} อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อักษรห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

4.2.2 ผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงในระยะอายุ 22 –42 วัน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 การใช้ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิต (± SD) ในไก่กระทงในระยะอายุ 22 – 42 วัน

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

$^{ก-ง}$ อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2.3 ผลของการใช้ PKM ที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงในระยะอายุ 0 – 42 วัน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 การใช้ PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูชั่นต่อสมรรถภาพการผลิต (± SD) ในไก่กระทงในระยะอายุ 0 – 42 วัน

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

$^{ก-ง}$ อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05)

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การใช้กระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นในการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะใน PKM พบว่า การเติมน้ำใน PKM ก่อนเข้าเครื่องเอ็กซ์ทรูด ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นคือระดับ 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้อุณหภูมิของท่อบาร์เรลและอุณหภูมิของ PKM ทันทีที่ออกจากเครื่องลดต่ำลง และความหนาแน่นเพิ่มขึ้นมากกว่า การเติมน้ำใน PKM ในปริมาณที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) และการเติมน้ำใน PKM ในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ความชื้นใน PKM ที่ผ่านกระบวนการกึ่งเอ็กซ์ทรูดเพิ่มสูงขึ้นด้วย ($P<0.05$) ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของไขมัน โปรตีน และเยื่อใย ของทั้ง 4 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นจากผลการทดลองการใช้การเติมน้ำที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์จึงเหมาะสมเนื่องการเติมน้ำใน PKM ที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ PKM มีความหนาแน่นสูงขึ้น อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มความชื้นใน PKM

ไก่กระทงในระยะอายุ 0 - 21วัน สามารถใช้ PKM กึ่งเอ็กซ์ทรูดได้ 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง เนื่องจากผลการทดลองพบว่า ไก่กลุ่มที่ใช้ PKM กึ่งเอ็กซ์ทรูด ในระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีน้ำหนักตัวที่ 21 วัน อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินอาหาร ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการตาย ต้นทุนค่าอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ใกล้เคียงกันกับกลุ่มควบคุม

ไก่กระทงในระยะอายุ 22 - 42 วัน สามารถใช้ PKM กึ่งเอ็กซ์ทรูดได้ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารโดยไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทง แต่ส่งผลทำให้มีปริมาณการกินอาหารเพิ่มสูงขึ้น ($P<0.05$) และมีแนวโน้มว่าประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ผลการทดลองโดยรวมทั้ง 2 ระยะอายุการเจริญเติบโต พบว่าการใช้ PKM กึ่งเอ็กซ์ทรูดในระดับที่สูงขึ้นไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทง แต่มีผลทำให้ปริมาณการกินอาหารเพิ่มสูงขึ้น ($P<0.05$) และประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง ($P<0.05$)

5.2 ข้อเสนอแนะ

การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหาร ควรใช้ร่วมกับแหล่งของน้ำมันที่มีราคาถูก เช่น ไขมันสัตว์ หรือ น้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งมีราคาถูก เพื่อเป็นการลดต้นทุนค่าอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. 2553. ความรู้ด้านอาหารสัตว์ วัตถุดิบอาหารสัตว์ กากปาล์มน้ำมัน. http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowlage/nutrition_1.htm. 19 กุมภา- พันธ์ 2553.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2552. ข้อมูลพืชไร่. ปาล์มน้ำมัน. www.doae.go.th. 29 ธันวาคม 2552

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2548. การใช้กากปาล์มน้ำมันเป็นอาหารโค กระบือ. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. น. 383 – 395.

บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2546. **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. หจก. ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่.

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 2552. กากปาล์ม (palm oil meal). http//www.nsru.ac.th, 19 กุมภาพันธ์ 2552.

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ และ ประชา บุญญสิริกุล. 2540. ผลของความชื้นและขนาดอนุภาคของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวต่อคุณภาพของเอกซ์ทรูเดต, น. 657-665. ใน **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35 (สาขาพืช ส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร อุตสาหกรรม)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันวิศาข์ งามผ่องใส, ปิ่น จันจุฬา และ อภิชาต หล่อเพชร. 2552. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารโคพื้นเมืองภาคใต้. **รายงานผลการวิจัย**, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วินัย ประลมกาญจน์, วรวิทย์ วณิชาภิชาติ, อุตสาห์ จันทร์อำไพ และบุญธรรม พฤษวานิช. 2526. การศึกษาระดับเหมาะสมของกากปาล์มในสูตรอาหารไก่กระทง. **วารสารสงขลานครินทร์.** 5(4): 331 – 336.

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

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2547. **ยุทธศาสตร์อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน 2547-2572**. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพ. 57 หน้า.

อุทัย คันโธ. 2529. **อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก**. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน. นครปฐม. 297 หน้า.

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).

Agico Group. 2012. **Palm Kernel Oil Press**. Available Source: http://www.ayimpex.com/Oil-Milling-Machinery/Palm-Kernel-Oil-Press.html, 25 November 2012.

A.O.A.C. 1990. **Official Methods for Analysis.** 5th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

Armas, A.B. and C.F. Chicco. 1977. Use of palm kernel meal of the oil palm (Elaeis guineensi Jacq.) in broiler chicken diet. **Agronomia Tropical**. 27: 337-343.

Bello, K.M., E.O. Oyawoye, S.E. Bogoro and U.D. Dass. 2011. Performance of broilers fed varying levels of palm kernel cake. **Int. J. Poult. Sci**. 10 (4): 290-294.

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): 1-8

Camire, M.E. 2000. Chemical and nutritional changes in food during extrusion, pp. 127-147. In M.N. Riaz, eds. **Extruders in food applications.** 1st ed. Technomic publishing company, Inc, U.S.A.

Chae, B.J., Y.K. Kim, J.D. Kim, W.T. Cho and I.K. Han. 2000. Effects of extruding corn and wheat grain on growth performance and digestibility of amino acids in early-weaned pigs. **J. Anim. Sci.** 78 (Suppl): 309.

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Edwards, H.M., JR.A.B. Carlos, A.B. Kasim and R.T. Toledo. 1999. Effect of steam pelleting and extrusion of feed on phytate phosphorus utilization in broiler chickens. **Poultry. Sci.** 78: 96-101.

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.

Guzman-Tello, R. and J.C. Cheftel. 1990. Colour loss during extrusion cooking of beta-carotene wheat flour mixes as an indicator of the intensity of thermal and oxidative processing. **Intel. J. Food Sci. Technol.** 25: 420-434.

Herkelman, K.L., S.L. Rodhouse, T.L. Veum and M.R. Ellersieck. 1990. Effect of extrusion on the ileal and fecal digestibilities of lysine in yellow corn in diets for young pigs. **J. Anim. Sci.** 68: 2414-2424.

Hntagalung, R.L. 1980. Availability of feedstuffs for farm animals. **Proceedings First Asia-Australia Animal Science Congress,** Abstract No, 40:15.

Hongtrakul, K., R.D. Goodband, K.C. Behnke, J.L. Nelssen, M.D. Tokach, J.R. Bergstrom, W.B. Nessmith, Jr. and I.H. Kim. 1998. The effect of extrusion processing of carbohydrate source on weanling pig performance. **J. Anim. Sci.** 76: 3034-3042.

Killeit, U. 1994. Vitamin retention in extrusion cooking. **Food Chem.** 49: 149-155.

Mc Donald, P., R.A. Edwards and J.F.D. Greenhalgh. 1981. **Animal Nutrition**. 3rd ed., Longman, London. 407p.

Ngoupayou Ngou, J.D. 1984. Nutritional value of palm kernel cake in broiler diets. **Poult. Sci.** 63 (Suppl. 1): 155-156 (Abstr.).

Ning, L., R. Villota and W.E. Artz. 1991. Modification of corn fiber through chemical treatments in combination with twin-screw extrusion. **Cereal Chem.** 68: 632-636.

Noland, P.R., D.R. Campbell, R.K. Gage, Jr., R.N. Sharp and Z.B. Johnson. 1976. Evaluation of processed soybeans and grains in diets for young pigs. **J. Anim. Sci.** 43: 763.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nwokolo, E.N., O.B. Bragg and H.S. Saben. 1977. A nutrition evaluation of palm kernel meal for use in poultry rations. **Tropical Sci.** 19(3): 147 – 154.

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.

Onwudike, O.C. 1986. Palm kernel as a feed for poultry 2. Diets containing palm kernel meal for starter and grower pullets. **Animal feed Science and Technology**. 16: 187-194.

Perez, J.F., A.G. Gernat and J.G. Murillo. 2000. The effect of different levels of palm kernel meal in layer diets. **Poult. Sci.** 79 : 77 – 79.

Scott, M.L., M.C. Nesheim and R.J. Young. 1982. **Nutrition of the Chicken**. 3rd ed. M.L. Scott & Associates, Ithaca, New York.

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.

Skoch, E.R., S.F. Binder, C.W. Deyoe, G.L. Allee and K.C. Behnke. 1983. Effects of steam pelleting conditions and extrusion cooking on a swine diet containing wheat middlings. **J. Anim. Sci.** 57: 929.

Smith, O.B. 1976. Extrusion and cooking systems, pp. 110-120. In H.B. Pfost, ed. **Feed Manufacturing Technology.** American Feed Manufacturers Association. Inc., Virginia, USA.

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thymi, S., M.K. Krokida, A. Pappa and Z.B. Maroulis. 2005. Structure property of extruded corn starch. **J. Food Eng.** 68: 519-526.

Wang, W.M., C.F. Klopfenstein and J.G. Ponte. 1993. Effects of twin-screw extrusion on the physical properties of dietary fiber and other components of whole wheat and wheatbran and on the baking quality of the wheat bran. **Cereal Chem.** 70: 707-711.

Wing Keong, NG. 2004. Researching the use of palm kernel cake in aquaculture feeds. **Malaysian plam oil board (MPOB)**. 19 – 21.

Yeong, S.W. 1982. The nutritive value of palm oil by-products for poultry. Pp 217 – 222. In Animal Production and health in the Tropics. Penerbit University Pertanian Malaysia., Salangor.

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).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

ระยะเวลา	อุณหภูมิ (°C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (%)		
(สัปดาห์ที่)	เช้า	บ่าย	เฉลี่ย	เช้า	บ่าย	เฉลี่ย
1	25.14	30.86	28.00	91.86	85.71	88.79
2	24.86	30.71	27.79	91.71	79.29	85.50
3	25.71	28.86	27.29	89.57	84.43	87.00
4	25.43	30.86	28.14	90.86	80.00	85.43
5	25.43	30.29	27.86	90.86	85.43	88.14
6	26.71	34.14	30.43	91.00	91.00	91.00

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นางสาวสายชล เลิศสุวรรณ

เพศ ☐ ชาย ☑ หญิง วันเดือนปีเกิด 1 พ.ย. 2517 อายุ 38 ปี

สถานะภาพ ☐ โสด ☑ สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ.	สัตวศาสตร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2541
วท.ม.	สัตวศาสตร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2544
วท.ด.	สัตวศาสตร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2551

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) โภชนะศาสตร์สัตว์กระเพาะเดี่ยว / การผลิตสัตว์ปีก / เทคโนโลยีอาหารสัตว์

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2542	ทุนโครงการพัฒนาอาจารย์ วิทยาเขตสารสนเทศ ชุมพร	สจล.
2553	ทุนโครงการเครือข่ายการวิจัย และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน สกอ. (ภาคใต้ตอนบน)	สกอ. (ภาคใต้ตอนบน)
2555	ทุนวิจัยเงินงบประมาณ (ต่อเนื่อง 2 ปี)	สจล. วิทยาเขตชุมพร

ผลงานงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรืออื่นๆ)

สิงประดิษฐ์ "ถังรมควัน" และ "ชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียน" แสดงในงานนิทรรศการ "วันนักประดิษฐ์ ระหว่างวันที่ 2-5 กุมภาพันธ์ 2556 " จัดโดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายวรพงษ์ นลินานนท์

เพศ ☑ ชาย ☐ หญิง วันเดือนปีเกิด 2 ก.ค. 2519 อายุ 36 ปี

สถานะภาพ ☐ โสด ☑ สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ.	วาริชศาสตร์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2541
วท.ม.	ผลิตภัณฑ์ประมง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2544

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) อาหารสัตว์น้ำ /เทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำ เทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2543	ทุนโครงการพัฒนาอาจารย์ วิทยาเขตสารสนเทศ ระยอง	สจล.
2553	ทุนโครงการเครือข่ายการวิจัย และถ่ายทอดเทคโนโลยี สู่ชุมชน สกอ. (ภาคใต้ตอนบน)	สกอ. (ภาคใต้ตอนบน)
2555	ทุนวิจัยเงินงบประมาณ	สจล. วิทยาเขตชุมพร

ผลงานงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรืออื่นๆ)

สิ่งประดิษฐ์ "ถังรมควัน" และ "ชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียน" แสดงในงานนิทรรศการ "วันนักประดิษฐ์ ระหว่างวันที่ 2-5 กุมภาพันธ์ 2556 " จัดโดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้