การศึกษาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในวัตถุดิบแหล่งโปรตีนบางชนิดโดยสัตว์ปีก

STUDY ON AMINO ACID DIGESTIBILITY OF SOME PROTEIN FEEDSTUFFS IN POULTRY

นวรัตน์ ผอบงา
NAWARAT PHA-OBNGA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-383-8

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในวัตถุดิบแหล่งโปรตีนบางชนิดโดยสัตว์ปีก

STUDY ON AMINO ACID DIGESTIBILITY OF SOME PROTEIN FEEDSTUFFS IN POULTRY

นวรัตน์ ผอบงา

NAWARAT PHA-OBNGA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-383-8

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 40610
วัน, เดือน, ปี 18 ต.ค. 2544

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON AMINO ACID DIGESTIBILITY OF SOME PROTEIN FEEDSTUFFS IN POULTRY

NAWARAT PHA-OBNGA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2001

ISBN 974-648-383-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2001
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในวัตถุดิบแหล่งโปรตีนบางชนิดโดยสัตว์ปีก

STUDY ON AMINO ACID DIGESTIBILITY OF SOME PROTEIN FEEDSTUFFS IN POULTRY

ชื่อนักศึกษา นางสาวนวรัตน์ ผอบงา

รหัสประจำตัว 38065402

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ศรีสกุล วรจันทรา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร.สุชีพ สุขสุแพทย์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ศรีสกุล	วรจันทรา	
ผศ.ดร.สุชีพ	สุขสุแพทย์	
รศ.ดร.รณชัย	สิทธิไกรพงษ์	
ผศ.ดร.ญาณิน	โอภาสพัฒนกิจ	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 31 พฤษภาคม 2544 เวลา 9.30 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องโสตฯ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ ชั้น 3 ตึก L

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....16.....**เดือน**.....มิถุนายน.....**พ.ศ.**.....2544.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในวัตถุดิบโปรตีนบางชนิดโดยสัตว์ปีก
นักศึกษา	นางสาวนวรัตน์ ผอบงา
รหัสประจำตัว	38065402
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2544
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ศรีสกุล วรจันทรา
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.สุชีพ สุขสุแพทย์

บทคัดย่อ

การศึกษาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน ซึ่งเก็บตัวอย่างจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ ปลาป่น 23 ตัวอย่าง กากถั่วเหลือง 16 ตัวอย่าง กากถั่วลิสง 15 ตัวอย่าง กากเมล็ดฝ้าย 8 ตัวอย่าง และกากปาล์มน้ำมัน 14 ตัวอย่าง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีโดยวิธีวิเคราะห์โดยประมาณ รวมทั้งมีการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และการปลอมปน เพื่อจำแนกวัตถุดิบแต่ละชนิดตามลักษณะส่วนประกอบทางโภชนะ ออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ โดยใช้มาตรฐานวัตถุดิบอาหารสัตว์ตามกฎหมายอาหารสัตว์ และหรือระดับโปรตีนตามที่วิเคราะห์ได้ การทดลองที่ 2 เลือกตัวอย่าง 1 ตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวแทนของวัตถุดิบในแต่ละชั้นคุณภาพ จากการจำแนกในการทดลองที่ 1 นำไปศึกษาค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนโดยใช้ไก่ตัดไส้ติ่งเป็นสัตว์ทดสอบ ซึ่งมีการปรับค่าของกรดอะมิโนที่ไม่ได้มาจากอาหารทดสอบในสิ่งขับถ่ายโดยใช้อาหารปราศจากโปรตีน (protein free diet) และศึกษาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในห้องปฏิบัติการโดยใช้เอนไซม์เพปซิน (0.2 % เพปซินในกรดไฮโดรคลอริก 0.075 นอร์มอล)

ผลการทดลองที่ 1 พบว่า ส่วนประกอบทางเคมีของปลาป่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามกฎหมายอาหารสัตว์ ส่วนวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช พบว่า กากถั่วเหลืองส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (68.8%ของตัวอย่างทั้งหมด) ส่วนที่ไม่ได้มาตรฐานเนื่องจากการมีระดับโปรตีนต่ำกว่าหรือมีเถ้าสูงเกินกว่ามาตรฐาน กากถั่วลิสงส่วนใหญ่ไม่ได้มาตรฐาน (81.3%ของตัวอย่างทั้งหมด) เนื่องจากระดับเยื่อใยสูงเกินไป รวมทั้งทำให้โปรตีนต่ำกว่ามาตรฐานด้วย กากเมล็ดฝ้ายส่วนใหญ่ (87.5 %ของตัวอย่างทั้งหมด) มีระดับโปรตีนปานกลางและสูง (36-38 และ ไม่น้อยกว่า 38 % ตามลำดับ) ระดับโปรตีนต่ำ(ไม่มากกว่า 36 %) มีเพียง 12.5 %ของตัวอย่างทั้งหมด และมีความผันแปรสูงในระดับโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย ส่วนกากปาล์มน้ำมัน มีความผันแปรของเยื่อใยสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รองลงมาคือ โปรตีน และไขมัน โดยในชั้นคุณภาพที่ 1 ระดับโปรตีนสูง (ไม่น้อยกว่า 12 %) ส่วนใหญ่เป็นกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม ชั้นคุณภาพที่ 2 และ 3 ระดับโปรตีนปานกลางและต่ำ (7-12 และ ไม่มากกว่า7 % ตามลำดับ) ส่วนใหญ่เป็นกากปาล์มทั้งผล

ผลการทดลองที่ 2 พบว่าค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนเฉลี่ยโดยรวมของวัตถุดิบ มีดังนี้คือ

ปลาป่น ชั้นคุณภาพที่ 1 3 และ 2 มีค่าเท่ากับ 95.91±1.34 95.32±0.70 และ 87.29±2.27 % ตามลำดับ

กากถั่วเหลือง ชั้นคุณภาพที่ 3 (ไม่ได้มาตรฐานเพราะโปรตีนต่ำ) 1 และ 2 ซึ่งได้มาตรฐานโปรตีนสูง และปานกลาง มีค่าเท่ากับ 90.23±2.54 87.78±1.62 และ 83.81±1.15 % ตามลำดับ

กากถั่วลิสง ชั้นคุณภาพที่ 2 (ไม่ได้มาตรฐานเพราะเยื่อใยสูงแต่ระดับโปรตีนปานกลาง) 3 (ไม่ได้มาตรฐานเพราะมีระดับโปรตีนต่ำและเยื่อใยสูง) และ 1 (ได้มาตรฐาน มีระดับโปรตีนสูง) มีค่าเท่ากับ 86.89±3.01 81.88±4.30 และ 76.13±1.45 % ตามลำดับ

กากเมล็ดฝ้าย ชั้นคุณภาพที่ 2 1 และ 3 (มีระดับโปรตีนปานกลาง สูง และต่ำ ตามลำดับ) มีค่าเท่ากับ 83.74±0.16 80.83±4.09 และ 77.27±4.08 % ตามลำดับ

กากปาล์มน้ำมัน ชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 (มีระดับโปรตีนสูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ) มีค่าเท่ากับ 82.56±1.73 81.99±8.52 และ 70.01±7.94 % ตามลำดับ

สำหรับค่าการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนเฉลี่ยโดยรวม มีดังนี้

ปลาป่น ชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 98.64±0.31 97.77±0.13 และ 97.33±0.06 % ตามลำดับ

กากถั่วเหลือง ชั้นคุณภาพที่ 3 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 95.59±0.67 95.50±0.33 และ 95.35±0.26 % ตามลำดับ

กากถั่วลิสง ชั้นคุณภาพที่ 2 1 และ 3 มีค่าเท่ากับ 96.80±0.02 96.27±0.63 และ 94.17±2.75 % ตามลำดับ

กากเมล็ดฝ้าย ชั้นคุณภาพที่ 3 2 และ 1 มีค่าเท่ากับ 87.23±2.37 86.34±1.53 และ 83.76±0.92 % ตามลำดับ

กากปาล์มน้ำมัน ชั้นคุณภาพที่ 2 1 และ 3 มีค่าเท่ากับ 83.53±0.32 82.55±1.50 และ 76.63±1.07 % ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการย่อยได้โดยเบปซิน และค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่ พบว่า ในวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง และกากถั่วลิสง ค่าการย่อยได้โดยเบปซินใช้บ่งชี้ความสัมพันธ์ได้ไม่ชัดเจน เนื่องจากค่าการย่อยได้ของเบปซินสูงมาก และมีความแตกต่างระหว่างชั้นคุณภาพน้อย ส่วนในพวกที่มีค่าการย่อยได้ต่ำ เช่น กากเมล็ดฝ้าย และกากปาล์มน้ำมัน จะมีแนวโน้มที่สอดคล้องของค่าการย่อยได้โดยเบปซิน กับค่าการย่อยได้จริงชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้น โดยเฉพาะกากปาล์มน้ำมัน

จากผลการวิจัยนี้ จะเห็นได้ว่า ผลการวิเคราะห์การย่อยได้จริงและการย่อยได้โดยเบปซิน ไม่ได้เป็นไปตามชั้นคุณภาพ แสดงว่าค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนไม่ได้ขึ้นอยู่กับระดับโปรตีนเสมอไป ยังขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพ กระบวนการผลิต และสารต่อต้านทางโภชนะ ดังนั้นในการนำค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโน โดยเฉพาะพวกที่มีค่าการย่อยได้ต่ำ ไปใช้ประกอบสูตรอาหารเลี้ยงสัตว์ ควรระมัดระวังในเรื่องความผันแปรทางโภชนะของวัตถุดิบนั้นๆ โดยการตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมี การตรวจสอบทางกายภาพ และควรพิจารณาร่วมกับค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโน เพื่อให้สัตว์ได้รับกรดอะมิโนอย่างเพียงพอ และเกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Study on Amino Acid Digestibility of Some Protein Feedstuffs in Poultry
Student	Miss Nawarat Pha-obnga
Student ID.	38065402
Degree	Master of Science
Programme	Animal Science
Year	2001
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Srisakul Vorajanthra
Thesis Co-advisor	Asst. Prof. Dr. Sucheep Suksupath

ABSTRACT

This study aimed at determining amino acid digestibility of some protein feedstuffs. Seventy-six samples were collected from different sources as: fishmeal, 23; soybean meal, 16; peanut meal, 15; palm meal, 14; and cottonseed meal, 8. The first experiment was conducted to evaluate chemical composition of samples by proximate analysis method and grading quality of each sample by using regulation on feedstuffs law and/or protein level. The second experiment was conducted to determine amino acid digestibility by pepsin (0.2 % pepsin in 0.075 N HCL) as *in vitro* method and true amino acid digestibility of sample from different grade by using cecectomized roosters as *in vivo* method.

The results of the first experiment showed that the quality of all fishmeal samples were under the regulation of feedstuffs law. Soybean meal, 68.8 percent, was under the regulation while the other was below standard because of low protein or high amount of ash. Peanut mean, 81.3 percent, was below standard because of high fiber level and also low protein level. About 87.5 percent of cottonseed meal contain medium and high protein level but only 12.5 percent contain low protein level. Palm meal samples contain 12 percent protein were graded to grade 1 in grade 2 and 3 they contain 7-12 and lower than 7 percent protein.

True amino acids digestibility of feedstuffs determined in experiment 2 were as follows.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fishmeal, grades 1, 3 and 2 were 95.91±1.34, 95.32±0.70 and 87.29±2.27 %, respectively.

Soybean meal, grade 3 (below standard: low protein), grade 1 (standard: high protein) and 2 were 90.23±2.54, 87.78±1.62 and 83.81±1.15 %, respectively.

Peanut meal, grade 2 (below standard: high fiber and medium protein), grade 3 (below standard: low protein and high fiber) and grade 1 (standard: high protein) were 86.89±3.01, 81.88±4.30 and 76.13±1.45 %, respectively.

Cottonseed meal, grade 2 (medium protein) grades 1 (high protein) and grade 3 (low protein, high fiber) were 83.74±0.16, 80.83±4.09 and 77.27±4.08 %, respectively.

Palm meal, grade 1 (high protein), grade 2 (medium protein) and grade 3 (low protein) were 82.56±1.73, 81.99±8.52 and 70.01±7.94 %, respectively.

Amino acids digestibility of feedstuffs determined by pepsin as *in vitro* method were as follows.

Fishmeal, grades 1, 2 and 3 were 98.64±0.31, 97.77±0.13 and 97.33±0.06 %, respectively.

Soybean meal, grades 3, 1 and 2 were 95.59±0.67, 95.50±0.33 and 95.35±0.26 %, respectively.

Peanut meal, grades 2, 1 and 3 were 96.80±0.02, 96.27±0.63 and 94.17±2.75 %, respectively.

Cottonseed meal, grades 3, 2 and 1 were 87.23±2.37, 86.34±1.53 and 83.76±0.92 %, respectively.

Palm meal, grades 2, 1 and 3 were 83.53±0.32, 82.55±1.50 and 76.63±1.07 %, respectively.

There was low correlation between true amino acid digestibility examined in animals and pepsin digestibility in high protein quality feedstuffs such as fishmeal, soybean meal and peanut meal because of the non-significant different of pepsin digestibility between grading of feedstuffs and very high digestibility. However, it showed that there was correlation between digestibility examined from both methods in low digestibility feedstuffs such as cottonseed meal and palm meal.

The results suggested that digestibility of amino acids in feedstuffs were not depended on grading quality and only protein level but it varied according to physical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

structure, processing and some anti-nutritional factors. Therefore, formulating of diets that using low digestibility feedstuffs should precaution the quality testing in both chemical analysis and physical appearances needed to assure that uncontaminated feedstuffs were used to minimized variation in both composition and digestion.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ.ศรีสกุล วรจันทรา และ ผศ.ดร. สุชีพ สุขสุแพทย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำ แนวทางการแก้ปัญหาต่างๆ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนอาจารย์ณหทัย วิจิตโรทัย และอาจารย์จรรยา คงฤทธิ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือและแนะนำวิธีวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีต่างๆ

นอกจากนี้ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ที่ได้ให้ความสนับสนุนด้านทุนทรัพย์และกำลังใจตลอดเวลา ขอขอบคุณบริษัท ห้างร้าน โรงงานผลิต ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และหน่วยราชการที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์เพื่อใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ตลอดจนพี่ๆเพื่อนๆและน้องๆที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านการเก็บตัวอย่างวัตถุดิบ และในขณะทำการทดลอง จนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีทุกประการ

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นวรัตน์ ผอบงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ. IV

กิตติกรรมประกาศ..... VII

สารบัญ..... VIII

สารบัญตาราง..... XII

สารบัญภาพ..... XV

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... 2

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 กรดอะมิโน..... 3

2.1.1 กรดอะมิโนจำเป็น..... 3

2.1.2 กรดอะมิโนไม่จำเป็น..... 4

2.2 การย่อยอาหารโปรตีน..... 4

2.3 การดูดซึมกรดอะมิโนและเบปไทด์. 6

2.4 การย่อยอาหารในสัตว์ปีก..... 6

2.5 การย่อยได้..... 9

2.6 วิธีหาการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน..... 9

2.6.1 การหาการย่อยได้ที่กระทำในห้องปฏิบัติการ..... 10

2.6.1.1 วิธีการใช้เอนไซม์..... 10

2.6.1.2 วิธีการทางเคมี..... 14

2.6.1.3 วิธีใช้จุลินทรีย์..... 15

2.6.1.4 การตรวจสอบกรดอะมิโนในพลาสมา..... 16

2.6.2 การหาค่าการใช้ประโยชน์ได้โดยการทดสอบในตัวสัตว์..... 17

2.6.2.1 การศึกษาการเจริญเติบโตของสัตว์..... 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.2.2 การหาค่าการย่อยได้โดยการทดสอบในตัวสัตว์.....18
1) การย่อยได้ที่วิเคราะห์จากมูล.....18
2) การหาค่าการย่อยได้ที่วิเคราะห์บริเวณลำไส้เล็กส่วนท้าย.....23
2.7 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน.....24
2.7.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์.....24
2.7.2 สารต่อต้านทางโภชนะ.....24
2.7.3 ปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโน.....26
2.7.4 ระดับเยื่อใยในอาหาร.....26
2.7.5 กระบวนการผลิต.....27
2.8 วัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน.....28
2.8.1 ปลาป่น.....28
2.8.2 กากถั่วเหลือง.....32
2.8.3 กากถั่วลิสง.....35
2.8.4 กากเมล็ดฝ้าย.....37
2.8.5 กากปาล์มน้ำมัน.....39

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....43
การทดลองที่ 1.....43
อุปกรณ์.....43
วิธีการ.....43
1. การเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์.....43
2. การวิเคราะห์คุณค่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ทางเคมี.....44
3. การตรวจสอบทางกายภาพและการปลอมปนในวัตถุดิบอาหารสัตว์.....44
4. การบันทึกข้อมูลและการคำนวณผล.....44
5. การจัดแบ่งชั้นคุณภาพของวัตถุดิบ.....44
6. การวิเคราะห์ข้อมูล.....46
การทดลองที่ 2.....46
อุปกรณ์.....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

วิธีการ.....47

วิธีที่ 1 การทดสอบค่าการย่อยได้ในตัวสัตว์.....47

วิธีที่ 2 การทดสอบค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโน
ในห้องปฏิบัติการ.....50

การวิเคราะห์ข้อมูล.....51

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล.....52

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีในวัตถุดิบ
แหล่งโปรตีน 5 ชนิด.....52

4.1.1 ปลาป่น.....52

4.1.2 กากถั่วเหลือง.....56

4.1.3 กากถั่วลิสง.....59

4.1.4 กากเมล็ดฝ้าย.....61

4.1.5 กากปาล์มน้ำมัน.....64

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของกรดอะมิโนในวัตถุดิบ
แหล่งโปรตีน โดยทดสอบในไก่ และวิธีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ.....66

4.2.1 ปลาป่น.....68

4.2.1.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโน.....68

4.2.1.2 ค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่.....69

4.2.1.3 ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ.....70

4.2.2 กากถั่วเหลือง.....74

4.2.2.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโน.....74

4.2.2.2 ค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่.....74

4.2.2.3 ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ.....79

4.2.3 กากถั่วลิสง.....79

4.2.3.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโน.....79

4.2.3.2 ค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่.....80

4.2.3.3 ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ.....81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.4 กากเมล็ดฝ้าย.....85
4.2.4.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโน.....85
4.2.4.2 ค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่.....85
4.2.4.3 ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ.....90
4.2.5 กากปาล์มน้ำมัน.....90
4.2.5.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโน.....90
4.2.5.2 ค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่.....91
4.2.5.3 ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ.....92

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....96

บรรณานุกรม.....99
ภาคผนวก ก 110
ภาคผนวก ข.....117
ประวัติผู้เขียน.....141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงผลของความเข้มข้นของเบปซินต่อการย่อยได้ของไนโตรเจน (%) ในเนื้อปน 14 ตัวอย่าง ขนไก่ปน 8 ตัวอย่าง และผลพลอยได้จากสัตว์ปีก 9 ตัวอย่าง.....12

2.2 แสดงความผันแปรของการบ่มด้วยเอนไซม์.....13

2.3 เปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการหาการใช้ประโยชน์ได้ของไลซีนโดยวิธีการทางเคมี.....16

2.4 แสดงค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนในสิ่งขับถ่ายของไก่ปกติและไก่ตัดไส้ติ่ง (มิลลิกรัมต่อตัวต่อ24ชั่วโมง).....20

2.5 แสดงค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (%)ของวัตถุดิบแหล่งโปรตีนโดยไก่ตัดไส้ติ่ง.....21

2.6 ปริมาณเยื่อใย โปรตีน ไขมัน ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ และการย่อยได้ของโปรตีนในกากเมล็ดฝ้าย.....27

2.7 แสดงส่วนประกอบทางเคมี และกรดอะมิโนของปลาป่นจากงานวิจัยต่างๆ.....30

2.8 แสดงค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโนของปลาป่น จากงานวิจัยต่างๆ.....31

2.9 แสดงส่วนประกอบทางเคมี และกรดอะมิโนของกากถั่วเหลืองจากงานวิจัยต่างๆ.....33

2.10 แสดงค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโนของกากถั่วเหลืองจากงานวิจัยต่างๆ.....34

2.11 แสดงส่วนประกอบทางเคมี ส่วนประกอบของกรดอะมิโน และค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกากถั่วลิสงจากงานวิจัยต่างๆ.....36

2.12 แสดงส่วนประกอบทางเคมี ส่วนประกอบของกรดอะมิโน และค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกากเมล็ดฝ้ายจากงานวิจัยต่างๆ.....38

2.13 ส่วนประกอบทางเคมีของกากจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม.....40

2.14 แสดงส่วนประกอบทางเคมี ส่วนประกอบของกรดอะมิโน และค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกากปาล์มน้ำมันจากงานวิจัยต่างๆ.....41

4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแหล่งโปรตีนบางชนิด.....54

4.2 ผลการแบ่งชั้นคุณภาพของวัตถุดิบของปลาป่น.....55

4.3 ผลการแบ่งชั้นคุณภาพของของวัตถุดิบของกากถั่วเหลือง.....58

4.4 ผลการแบ่งชั้นคุณภาพของของวัตถุดิบของกากถั่วลิสง.....60

4.5 ผลการแบ่งชั้นคุณภาพของของวัตถุดิบของกากเมล็ดฝ้าย.....63

4.6 ผลการแบ่งชั้นคุณภาพของของวัตถุดิบของกากปาล์มน้ำมัน.....65

4.7 ส่วนประกอบเคมีของวัตถุดิบแหล่งโปรตีนที่ใช้เป็นตัวแทนของแต่ละชั้นคุณภาพในการทดสอบค่าการย่อยได้ 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.8 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของปลาป่น....71

4.9 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซิน ของกรดอะมิโนในปลาป่น....72

4.10 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของกากถั่วเหลือง....76

4.11 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซิน ของกรดอะมิโนในของกรดอะมิโนในกากถั่วเหลือง....77

4.12 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของกากถั่วลิสง....82

4.13 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซิน ของกรดอะมิโนในกากถั่วลิสง....83

4.14 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของกากเมล็ดฝ้าย....87

4.15 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซิน ของกรดอะมิโนในกากเมล็ดฝ้าย....88

4.16 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของกากปาล์มน้ำมัน....93

4.17 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซิน ของกรดอะมิโนในกากปาล์มน้ำมัน....94

6.1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดสอบแหล่งโปรตีน แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์....118

6.2 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของปลาป่น โดยจัดเรียงตาม ระดับปริมาณโปรตีน....119

6.3 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง โดยจัดเรียงตาม ระดับปริมาณโปรตีน....120

6.4 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของกากถั่วลิสง โดยจัดเรียงตาม ระดับปริมาณโปรตีน....121

6.5 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของกากเมล็ดฝ้าย โดยจัดเรียงตาม ระดับปริมาณโปรตีน....122

6.6 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของกากปาล์มน้ำมัน โดยจัดเรียงตาม ระดับปริมาณโปรตีน....123

6.7 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในปลาป่น....124

6.8 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกากถั่วเหลือง....125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

6.9 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกากถั่วลิสง....126

6.10 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกากเมล็ดฝ้าย....127

6.11 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกากปาล์มน้ำมัน....128

6.12 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในปลาป่น โดยทดสอบใน ไก่เพศผู้ตัดไส้ติ่งโตเต็มวัย 2 กลุ่ม....129

6.13 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในกากถั่วเหลือง โดยทดสอบใน ไก่เพศผู้ตัดไส้ติ่งโตเต็มวัย 2 กลุ่ม....130

6.14 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในกากถั่วลิสง โดยทดสอบใน ไก่เพศผู้ตัดไส้ติ่งโตเต็มวัย 2 กลุ่ม....131

6.15 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในกากเมล็ดฝ้าย โดยทดสอบใน ไก่เพศผู้ตัดไส้ติ่งโตเต็มวัย 2 กลุ่ม....132

6.16 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในกากปาล์มน้ำมัน โดยทดสอบใน ไก่เพศผู้ตัดไส้ติ่งโตเต็มวัย 2 กลุ่ม....133

6.17 ส่วนประกอบกรดอะมิโน (endogenous amino acid) ของมูล จากไก่ที่กินอาหารปราศจากโปรตีน....134

6.18 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในปลาป่น....135

6.19 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากถั่วเหลือง....136

6.20 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากถั่วลิสง....137

6.21 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากเมล็ดฝ้าย....138

6.22 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากปาล์มน้ำมัน....139

6.23 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้โดยเบปซินและการย่อยได้ของโปรตีนหรือกรดอะมิโน โดยเบปซินเปรียบเทียบกับค่าการย่อยได้จริงในตัวสัตว์ในวัตถุดิบแหล่งโปรตีน....140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงสูตรโครงสร้างของกรดอะมิโน....3

2.2 แสดงระบบทางเดินอาหารของสัตว์....7

2.3 แสดงการหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนตามวิธีการที่แตกต่างกันในแต่ละระดับ โดยเริ่มตั้งแต่โปรตีนในอาหารจนถึงโปรตีนในเนื้อเยื่อ....10

2.4 แสดงโครงสร้างและ numbering system ของกรดยูริค....22

4.1 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่ และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในปลาป่น เปรียบเทียบระหว่าง 3 ชั้นคุณภาพ....73

4.2 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่ และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากถั่วเหลือง เปรียบเทียบระหว่าง 3 ชั้นคุณภาพ....78

4.3 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่ และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากถั่วลิสง เปรียบเทียบระหว่าง 3 ชั้นคุณภาพ....84

4.4 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่ และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากเมล็ดฝ้าย เปรียบเทียบระหว่าง 3 ชั้นคุณภาพ....89

4.5 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่ และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากปาล์มน้ำมัน เปรียบเทียบระหว่าง 3 ชั้นคุณภาพ....95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ปีก แต่เดิมจะพิจารณาปริมาณโปรตีนในวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดเป็นหลัก และนิยมเลือกใช้วัตถุดิบที่มีโปรตีนคุณภาพดี เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง เพื่อให้แน่ใจว่าในปริมาณโปรตีนรวมที่ได้นั้นมีกรดอะมิโนที่จำเป็นอย่างเพียงพอกับความต้องการของสัตว์ โดยเฉพาะไลซีน เมไทโอนีน และทริบโทแฟน แต่อาจทำให้มีกรดอะมิโนตัวอื่นสูงเกินไปโดยไม่จำเป็น ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองและทำให้ต้นทุนค่าอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น ปัจจุบันได้มีการพิจารณาใช้ปริมาณกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นหลักในการประกอบสูตรอาหารสัตว์มากขึ้น โดยสามารถให้กรดอะมิโนแต่ละตัวได้อย่างเพียงพอ และช่วยลดระดับโปรตีนลง นอกจากนี้ยังส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อม ดังเช่น Eddy (1999 :17) กล่าวว่าการลดระดับโปรตีนในอาหารสัตว์ เป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการลดไนโตรเจนในสิ่งขับถ่ายและมูลที่มีมากเกินไป แต่ก็ควรมีความรู้เกี่ยวกับการย่อยได้ของกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ รวมทั้งความต้องการของสัตว์เป็นอย่างดี แต่วัตถุดิบบางชนิดมีคุณค่าทางโภชนะผันแปรมาก ดังนั้นก่อนนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ จึงควรทราบค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ก่อน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด อย่างไรก็ดี ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้กันในปัจจุบันโดยเฉพาะในเรื่องของกรดอะมิโนส่วนมากเป็นข้อมูลวัตถุดิบที่มีใช้ในต่างประเทศ อาจจะไม่เหมาะกับวัตถุดิบที่ผลิตได้ในประเทศ ดังนั้นการศึกษาการย่อยได้โดยสัตว์ปีก จึงเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ทราบค่าการย่อยได้ที่แท้จริงในตัวสัตว์ และเป็นค่าที่บ่งชี้การใช้ประโยชน์ได้ในตัวสัตว์ แต่การทดสอบในตัวสัตว์เป็นงานที่สิ้นเปลืองเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่าย อาจไม่เหมาะในการนำมาใช้ในทางปฏิบัติ Papadopoulos (1985:64) รายงานว่า วิธีการใช้เอนไซม์ค่อนข้างให้ค่าที่สัมพันธ์กับการวัดปริมาณการย่อยได้ของกรดอะมิโน

ในการศึกษานี้ จึงมุ่งศึกษาถึงความผันแปรของวัตถุดิบแหล่งโปรตีนที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์ เพื่อแบ่งชั้นคุณภาพตามส่วนประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ได้ และศึกษาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนที่ทดสอบในตัวสัตว์ ตามลักษณะชั้นคุณภาพ รวมถึงหาแนวโน้มของความสัมพันธ์โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการด้วย เพื่อให้ได้ประโยชน์ในการใช้วัตถุดิบแต่ละชนิดอย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการประกอบสูตรอาหารสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาส่วนประกอบทางเคมี รวมทั้งปริมาณกรดอะมิโนของวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีนพวก ปลาป่น กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากเมล็ดฝ้าย และกากปาล์มน้ำมัน

2. เพื่อศึกษาการย่อยได้ของกรดอะมิโนของวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีนในข้อ 1 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพตามส่วนประกอบทางเคมี โดยวิธีการทดสอบในตัวสัตว์ และการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีในวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน 5 ชนิด ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากเมล็ดฝ้าย และกากปาล์มน้ำมัน เพื่อจำแนกชั้นคุณภาพตามส่วนประกอบทางเคมี ออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ และเลือกวัตถุดิบจากการแบ่งชั้นคุณภาพชั้นคุณภาพละ 1 ตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการหาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโน 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 หาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในตัวสัตว์ *(In vivo)* โดยใช้ไก่เพศผู้ตัดไส้ติ่งเป็นตัวแทน

วิธีที่ 2 หาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยทดสอบในห้องปฏิบัติการ (*In vitro*)

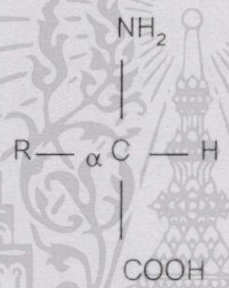
ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนที่วิเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย กรดอะมิโนจำเป็น ได้แก่ ทรีโอนีน พีนิลอะลานีน เมไทโอนีน ลิวซีน ไลซีน แวลีน อาร์จินีน ไอโซลิวซีน และ ฮีสทิดีน กรดอะมิโนไม่จำเป็น ได้แก่ กรดกลูตามิค กรดแอสปาติค ไกลซีน ซีรีน ไทโรซีน และ อะลานีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กรดอะมิโน

บุญล้อม อิสระชีวะกุล (2541 : 36-41) รายงานว่า กรดอะมิโนประกอบด้วยกลุ่มอะมิโน (amino group,-NH_2) และคาร์บอกซิล (carboxyl group, -COOH) กรดอะมิโนส่วนใหญ่ที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนในธรรมชาติเป็นประเภท อัลฟา (α-carbon) คือมีกลุ่มอะมิโนเกาะติดกับคาร์บอนที่ตำแหน่ง α และมีโครงสร้างโดยทั่วไปดังในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงสูตรโครงสร้างของกรดอะมิโน

กรดอะมิโนทุกตัวที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจะเป็นแบบ L-configulation ซึ่งเป็นรูปที่ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้ (biologically active) เพราะเป็นองค์ประกอบของโปรตีน ส่วนกรดอะมิโนสังเคราะห์ (synthetic) จะอยู่ในรูปผสมคือมีทั้ง D และ L อยู่ด้วยกัน เมื่อนำมาเสริมในอาหารร่างกายจะใช้ประโยชน์ได้เพียงครึ่งเดียว ดังนั้นในทางการค้าจึงนิยมผลิตในรูป L เพื่อให้ร่างกายใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ ยกเว้นเมไทโอนีน ที่สัตว์ปีกสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งรูป D และ L ในทางการค้าจึงผลิตรูป DL-เมไทโอนีน และเมื่อแบ่งกรดอะมิโนตามความจำเป็นของสัตว์หรือความต้องการของร่างกายสัตว์ (NRC. 1994 : 9) สามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

2.1.1 กรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid หรือ indispensable amino acid)

คือกรดอะมิโนที่ร่างกายต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ ได้แก่ อาร์จินีน (Arginine) ฮีสทิดีน (Histidine) ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ลิวซีน (Leucine) ไลซีน (Lysine) เมไทโอนีน (Methionine) ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) ทรีโอนีน (Threonine) ทริบโทเฟน (Tryptophan) และ แวลีน (Valine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 **กรดอะมิโนไม่จำเป็น** (non essential amino acid **หรือ** dispensable amino acid)

คือ กรดอะมิโนที่ร่างกายสัตว์สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาเองได้ โดยอาศัยกรดอะมิโนจำเป็นที่ได้รับมาจากอาหาร

2.2 การย่อยอาหารโปรตีน (protein digestion)

เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ และคณะ (2529 : 134) กล่าวว่า อาหารโปรตีนและเบปไทด์ที่รับประทานเข้าไป จะถูกย่อยเป็นกรดอะมิโนโดยเอนไซม์ที่เร่งการสลายโปรตีน (proteolytic enzyme) ในกระเพาะอาหารและลำไส้ ก่อนที่จะซึมผ่านผนังลำไส้เพื่อเข้าสู่กระแสโลหิต เอนไซม์เหล่านี้สร้างจากกระเพาะอาหาร ลำไส้ และตับอ่อน ศรีสกุล วรจันทรา และ รณชัย สิทธิไกรพงษ์ (2539 : 25) กล่าวว่าเอนไซม์ย่อยโปรตีนที่สำคัญในกระเพาะอาหารคือ เบปซิน (pepsin) ในตอนแรกที่ผลิตออกมาอยู่ในรูปเบปซิโนเจน (pepsinogen) ต่อเมื่อถูกกระตุ้นด้วยกรดเกลือ จะทำให้เบปซิโนเจนเปลี่ยนเป็นเบปซินได้ โดยในสัตว์ปีกนั้นทั้งเบปซินและกรดเกลือผลิตจากเซลล์เดียวกัน คือ oxynticopeptic cell หน้าที่ของเบปซินคือ การย่อยโปรตีนให้กลายเป็น peptones proteoses รวมทั้ง polypeptides บุญล้อม อิสระชีวะกุล (2541 : 36-41) กล่าวว่า เบปซินชอบย่อยพันธะเบปไทด์ (peptide bond) ที่อยู่ติดกับกรดอะมิโนที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวน (aromatic amino acid) เช่น ฟีนิลอะลานีน ทริบโทแฟน และ ไทโรซีน แต่ก็ชอบย่อย linkage ของกลุ่มที่มีสมบัติเป็นกรด (dicarboxylic acid) เช่น กรดกลูตามิก (glutamic acid) และกรดแอสปาติค (aspartic acid) เช่นกัน ศรีสกุล วรจันทรา และ รณชัย สิทธิไกรพงษ์ (2539 : 25) รายงานว่า เบปซินสามารถทำงานได้ดีเมื่อสภาพพีเอช (pH) ของกระเพาะเท่ากับ 1.5-2 ถ้าพีเอชเท่ากับ 4.5 จะเริ่มทำงานได้น้อยลงเพียง 70 เปอร์เซ็นต์ และถ้าระดับพีเอชเกินกว่า 5 ขึ้นไป เบปซินไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งเป็นประโยชน์เนื่องจากเป็นการจำกัดให้เบปซินทำงานได้เฉพาะในกระเพาะ ถ้ามีเบปซินหลงเข้าไปในลำไส้เล็กจะป้องกันการย่อยผนังลำไส้เล็กได้ นอกจากนี้ลำไส้เล็กยังมีการผลิตเมือกคอยทำลายกรดที่มาจากกระเพาะเพื่อปรับระดับพีเอชให้สูงกว่า 5.5 ทำให้เบปซินไม่สามารถทำงานได้อีกด้วย เมื่อการย่อยที่กระเพาะสิ้นสุดลง วัตถุที่ถูกส่งออกจากกระเพาะไปยังลำไส้เล็ก คือ สารประกอบอินทรีย์ ได้แก่ proteoses, peptones และสารที่อยู่ในลำไส้เล็กที่ย่อยสารประกอบอินทรีย์นี้มีหลายชนิด ได้แก่

1. intestinal secretion ขับออกมาจากผนังลำไส้เล็กเอง
2. pancreatic secretion ขับออกมาจากตับอ่อน
3. bile secretion ขับออกมาจากถุงน้ำดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว จะเข้าไปรวมอยู่ในส่วนของ duodenum ของลำไส้เล็ก ซึ่งผนังลำไส้เล็กประกอบไปด้วยต่อมที่สำคัญ คือ crypts of lieberkunn (intestinal gland) ต่อมชนิดนี้มีอยู่ทั่วไปตลอดลำไส้เล็ก มีหน้าที่คือ ผลิตสารที่เรียกว่า succus entericus ซึ่งเป็น intestinal juice และเป็นสารที่สำคัญมาก เพราะประกอบไปด้วยเอนไซม์ที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ เอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต และเอนไซม์เหล่านั้นยังมีปริมาณค่อนข้างสูงอีกด้วย

เอนไซม์ที่พบใน succus entericus มีดังนี้

1. aminopeptidase ย่อย peptide ที่ปลายข้างที่แอมโมเนียเกาะอยู่ หรือ exopeptidases peptides ที่มีอณูสั้นเข้าหรืออาจถึงกรดอะมิโน
2. dipeptidase ย่อย dipeptide ให้แยกออกจากกันได้กรดอะมิโน
3. enterokinase ช่วยกระตุ้นให้เอนไซม์ trypsin ทำงานได้
4. maltase และ isomaltase ย่อยน้ำตาล maltose และ isomaltose ได้เป็น glucose 2 โมเลกุล
5. lactase ย่อย lactose ได้ glucose และ galactose
6. sucrase ย่อย sucrose ได้ glucose และ fructose
7. oligo-1,6- glucosidase ย่อย ∝-1,6-linkage ของ oligosaccharides
8. nucleases ย่อย DNA และ RNA

ส่วนสารที่ขับออกมาจากตับอ่อน หรือน้ำย่อยจากตับอ่อน (pancreatic juice) ประกอบไปด้วยเอนไซม์ที่สำคัญ 3 ประเภท ได้แก่

1. proteolytic enzymes
2. lipolytic enzyme ได้แก่ lipase
3. amylolytic enzyme ได้แก่ amylase

สำหรับ proteolytic enzymes นั้นประกอบด้วย

1. trypsin ย่อยโปรตีนที่เหลือจากการย่อยที่กระเพาะได้ polypeptides และ dipeptides
2. chymotrypsin ย่อย polypeptides ให้กลายเป็นอณูที่เล็กๆ
3. carboxypeptidase ย่อย peptide bond เฉพาะส่วนปลายที่มี carboxyl groups

เอนไซม์พวกดังกล่าว ตอนถูกขับออกจากตับอ่อนใหม่ๆ ยังอยู่ในรูปที่ปฏิบัติงานไม่ได้ เป็นกลไกในการป้องกันการย่อยผนังของตัวมันเอง ต่อเมื่อส่งเข้าลำไส้เล็กบริเวณ duodenum แล้ว จึงอาศัยเอนไซม์จากลำไส้เล็ก คือ enterokinase เป็นตัวกระตุ้นให้ปฏิบัติงานได้ดังนี้คือ

trypsinogen $\xrightarrow{\text{enterokinase}}$ trypsin

chymotrypsinogen $\xrightarrow{\text{trypsin}}$ chymotrypsin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

procarboxypeptidase ——trypsin——▶ carboxypeptidase

นอกจากนี้ยังพบ nucleolytic enzymes เป็นพวก polynucleotidase ได้แก่ deoxyribonuclease และ ribonuclease ทำหน้าที่ในการย่อยกรดนิวคลิอิก (DNA และ RNA ตามลำดับ) ได้ nucleotides เอนไซม์ทั้ง 2 ตัวนี้ ยังพบว่าผลิตจากลำไส้เล็กได้ด้วย

ดังนั้นเมื่ออาหารโปรตีนถึงลำไส้ จะถูกย่อยสมบูรณ์ได้กรดอะมิโนอิสระ ยกเว้นโปรตีนบางชนิดที่ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร เช่น fibrous protein จะถูกขับออกไปจากลำไส้พร้อมอุจจาระ

2.3 การดูดซึมกรดอะมิโนและเบปไทด์

McDonald *et al.* (1991 : 140) กล่าวว่าผลผลิตที่ได้จากการย่อยโปรตีนในลำไส้เล็ก คือกรดอะมิโนอิสระและเบปไทด์สายสั้นๆ และจะถูกดูดซึมผ่านเนื้อเยื่อชั้นอีพิทีเรียล(epithelial cell) ของลำไส้เล็ก ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการย่อยสลายโดยเอนไซม์ไดเบปติเดส (dipeptidases) และไตรเบปติเดส (tripeptidases) กรดอะมิโนจะถูกดูดซึมจากลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อไปยังตับ โดยกระบวนการดูดซึมแบบต้านกระแสความเข้มข้น และต้องใช้พลังงาน (active transport mechanism) และเกี่ยวข้องกับการขนส่งโซเดียม แต่โซเดียมไม่จำเป็นในการขนส่งกรดอะมิโนบางชนิด เช่น ไกลซีน โปรลีน และไลซีน

2.4 การย่อยอาหารในสัตว์ปีก

McDonald *et al.* (1991 : 138) กล่าวว่าท่อทางเดินอาหารของสัตว์ปีกแตกต่างจากสุกร (ภาพที่ 2.2) โดยในสัตว์ปีกริมฝีปากจะแข็งเป็นจงอย และไม่มีฟัน กระเพาะพักจะโป่งพองออกเหมือนลูกแพร์ เป็นส่วนที่ใช้เพื่อเก็บพักอาหาร และเพิ่มโอกาสในการย่อยอาหารโดยน้ำย่อยจากน้ำลายมากขึ้น ส่วนที่ต่อจากหลอดอาหารคือกระเพาะแท้ (proventiculus หรือ glandular stomach) ซึ่งจะนำอาหารต่อเข้าไปที่กระเพาะบด (gizzard) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่มีผนังหนามาก เพื่อใช้ในการบดอาหารให้มีอนุภาคเล็กลง โดยในสุกรจะไม่มีส่วนของกระเพาะบด และอาจเปรียบได้กับกระเพาะส่วนไพลูรัส (pylorus) หรือส่วนปลายของกระเพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม (mammalian stomach) ส่วนต่อไปคือ ลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม (duodenum) เป็นลำไส้เล็กส่วนต้นต่อจากกระเพาะ และอยู่ติดกับตับอ่อน (pancreas) เช่นเดียวกับในมนุษย์ โดยตับอ่อนและท่อน้ำดีจะเปิดเข้าสู่ลำไส้เล็กที่ตอนปลายของดูโอดีนัม ส่วนเชื่อมระหว่างลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.2 แสดงทางเดินอาหารของสัตว์ (McDonald *et al.* 1991 : 131)

An = anus	Ab = abomasum	Ca = caecum	Cl = cloaca
Co = coloc	Cr = crop	D = duodenum	G = gizzard
I = Ileum	Oe = oesophaus	Om = omasum	P = proventiculus
Re = rectum	Rt = reticulum	Ru = rumen	S = stomach

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีไส้ติ่ง (caecum) โดยในไก่พื้นเมือง (*Gallus domesticus*) แต่ละข้างจะยาวประมาณ 15–18 เซนติเมตร มีพีเอชภายในประมาณ 7.0 ซึ่งเป็นภาวะที่เอนไซม์ทำงานได้ (Herpol and Van Gremenbergen. 1967 cited by McNab. 1973 : 251-252) Olsen and Mann (1935 cited by McNab. 1973 : 252) กล่าวว่าปฏิกิริยาในไส้ติ่งเป็นกรดมากกว่าในลำไส้เล็ก จึงคาดว่าสารที่หลั่งออกมาจากต่อมในไส้ติ่งแตกต่างจากในลำไส้เล็ก แบคทีเรียที่นับได้จากวิธีการตรวจส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยการย้อมสีทั้งหมด (gram strain preparations) ประมาณ 10^{10} ต่อกรัมน้ำหนักสด ซึ่งประกอบด้วย clostidia, coliaerogenes, faecal streptococci และ lactobacilli ถึงประมาณ 10^{9} จำนวนสิ่งมีชีวิต (organism) ต่อกรัม (Shrimpton. 1954 cited by McNab. 1973 : 252) และเป็นจุลินทรีย์ประเภท obligate anaerobes รวมทั้ง *Bacteroides spp.* เป็นปริมาณมากด้วย Barnes and Impey (1972 cited by MaNab. 1973 : 254) กล่าวว่าจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในไส้ติ่งเป็นชนิดที่ทำให้น้ำตาลแตกตัว ย่อยโปรตีนได้บ้าง และย่อยเพคตินเพียงเล็กน้อย

การหมักในไส้ติ่งของไก่จะผลิตมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ และผลผลิตที่ผลิตรองลงมาคือไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide) และแอมโมเนีย ซึ่งมีประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งเมอแคปโตเอทานอล (mercaptoethanol) ไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid , VFAs) และ volatile carbinols, carbonyls และ thiols (Shrimpton. 1963 cited by McNab. 1973 : 253) และจากการที่พบ VFAs ในท่อน้ำเหลืองเหมือนที่พบภายในไส้ติ่ง ทำให้บอกได้ว่าผลผลิตที่ได้จากการหมักนี้ถูกดูดซึมและขนส่งไปที่ตับ McNab (1973 : 255) สรุปหน้าที่ของไส้ติ่งดังนี้

1. ดูดซึมน้ำ
2. ย่อยคาร์โบไฮเดรต หรือ การย่อยเซลลูโลสโดยจุลินทรีย์ (microbial decomposition of cellulose)
3. ย่อยโปรตีนและดูดซึมไนโตรเจนที่ไม่ได้มาจากโปรตีน
4. สังเคราะห์และดูดซึมไวตามิน
5. เป็นระบบภูมิคุ้มกัน (Immunization)

โดยในด้านการย่อยโปรตีนของไส้ติ่งนั้น Roseler (1929 cited by McNab.1973 : 256) ได้หาไนโตรเจนทั้งหมดและโปรตีนบริสุทธิ์ พบว่าอาหารที่ไม่ถูกย่อย ณ บริเวณไส้ติ่ง (caecal dropping) ของอาหารทุกชนิด มีเปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนในรูปของโปรตีนสูงกว่าที่พบในลำไส้เล็ก เขาจึงสรุปว่า มีการดูดซึมไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน หรือเอไมด์ไนโตรเจนเกิดขึ้นในไส้ติ่ง ซึ่งเป็นไปได้ว่าเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ในไส้ติ่ง Nitsan and Alumot (1963 cited by McNab. 1973 : 258) เสนอว่าการย่อยและการดูดซึมโปรตีนโดยไส้ติ่งนั้น สามารถชดเชยการย่อยในลำไส้เล็กได้ เมื่อลำไส้เล็กไม่สามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ต่อจากไส้ติ่ง คือส่วนของลำไส้ใหญ่ (large intestine หรือ colo-rectum) เป็นส่วนสุดท้ายของลำไส้ที่อยู่ระหว่าง ileo-caecal junction และมีหน้าที่ขับอาหารที่ย่อยแล้วไปยัง cloaca โดยการบีบรัดของกล้ามเนื้อแบบ peristaltic movement และดูดซึมน้ำ และ electrolyte จากมูลสัตว์ที่กำลังจะถูกถ่ายออก (ศรีสกุล วรจันทรา และรณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2539 : 14-15)

2.5 การย่อยได้ (digestibility)

การใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน (availability) เกิดจาก 2 กระบวนการคือ การย่อย (digestion) หรือการย่อยโปรตีนด้วยกรดและการดูดซึมผลผลิตที่ได้ และการใช้ประโยชน์ได้ (utilization) หรือการกักเก็บกรดอะมิโนที่ดูดซึมได้

การย่อยได้ของกรดอะมิโนได้จากการหาผลต่างระหว่างการได้รับและการขับออก นั่นคือการหาผลต่างระหว่างปริมาณที่กินและสิ่งที่ขับถ่ายออกทางมูล ได้เป็นอัตราส่วนของปริมาณที่กินได้ หรือสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ดังนี้

$$\text{การย่อยได้ของกรดอะมิโน} = \frac{\text{กรดอะมิโนที่ได้รับ} - \text{กรดอะมิโนในมูล}}{\text{กรดอะมิโนที่ได้รับ}}$$

ค่าที่ได้เป็นค่าการย่อยได้ปรากฏ (apparent digestibility) เพราะกรดอะมิโนที่พบในมูลไม่ได้เกิดจากอาหารที่ไม่ถูกย่อยเท่านั้น ส่วนหนึ่งมาจากร่างกายสัตว์เอง เช่น น้ำย่อยที่ไม่ถูกดูดซึม เนื้อเยื่อที่หลุดลอกจากทางเดินอาหาร และแบคทีเรีย รวมเรียกว่า endogenous faecal material จึงสามารถหาค่าการย่อยได้แท้จริงได้ดังนี้

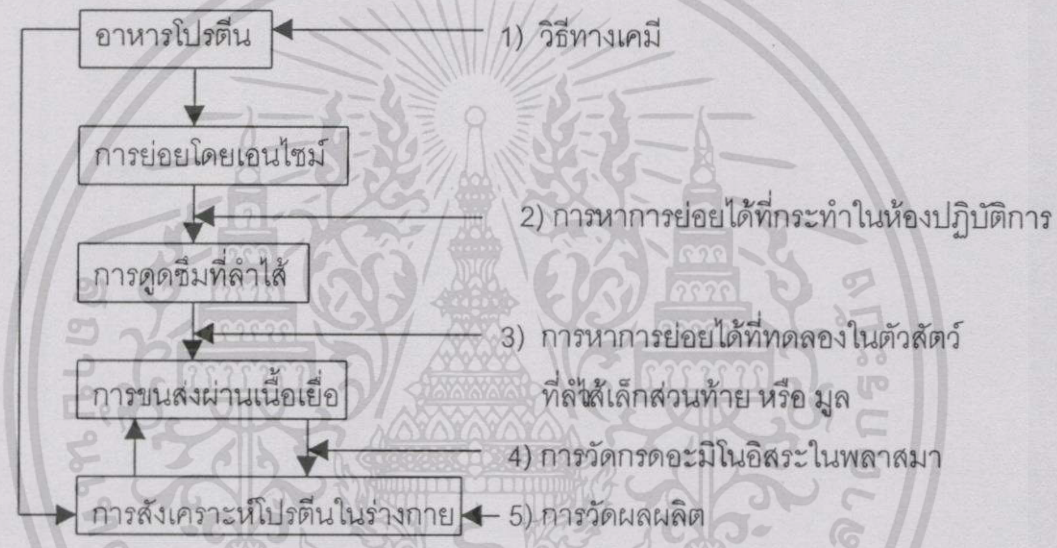
$$\text{การย่อยได้แท้จริงของกรดอะมิโน} = \frac{\text{กรดอะมิโนที่ได้รับ} - \text{กรดอะมิโนในมูล} + \text{endogenous amino acid ในมูล}}{\text{กรดอะมิโนที่ได้รับ}}$$

ปัญหาที่พบในการหาการย่อยได้ของสัตว์ปีกคือ การขับมูลและปัสสาวะออกมาทางเดียวกัน ดังนั้นหากต้องการเก็บมูลต้องใช้วิธีการผ่าตัดแยกท่อ (colostomy) แต่อย่างไรก็ตาม มักละเว้นไม่คิดปัสสาวะในสิ่งขับถ่าย (excreta) เมื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ เพราะถือว่าในสิ่งขับถ่ายของสัตว์ปีกมีปัสสาวะ (urinary contribution) น้อย และกรดอะมิโนในปัสสาวะนั้นไม่อยู่ภายใต้อิทธิพลอันเนื่องจากลักษณะของอาหาร (McNab. 1994 : 187-189)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 วิธีหาการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน (measurement of amino acid availability)

Wiseman (1987 : 16-18) กล่าวว่าวิธีการหาการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 เป็นการใช้เทคนิคทางเคมีโดยไม่เกี่ยวข้องกับสัตว์ และหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ในวัตถุดิบ โดยใช้ปฏิกิริยาเคมีวิธีการต่างๆ และกลุ่มที่ 2 เป็นวิธีการหาการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนที่รวมทั้งการทดสอบที่ทำในห้องปฏิบัติการและในตัวสัตว์ โดยการเปลี่ยนรูปหรือการใช้ประโยชน์ เกิดจากระดับของโปรตีนที่ต้องการคำตอบ ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงการหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน ตามวิธีการที่แตกต่างกันในแต่ละระดับ โดยเริ่มตั้งแต่โปรตีนในอาหารจนถึงโปรตีนในเนื้อเยื่อ (Wiseman. 1987 : 16)

2.6.1 การหาการย่อยได้ที่กระทำในห้องปฏิบัติการ(*In vitro* digestibility)

2.6.1.1 วิธีการใช้เอนไซม์ (enzymatic assay)

วิธีการใช้เอนไซม์เป็นวิธีการที่จำลองแบบการย่อยอาหารทางชีวภาพ โดยกระทำในห้องปฏิบัติการ McNab (1979 : 3) กล่าวว่าในบางครั้งการศึกษาด้วยวิธีการใช้เอนไซม์จะใช้ประเมินค่าการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน โดยนำวัตถุดิบอาหารสัตว์มาบ่มด้วยเอนไซม์พวกโปรทีโอไลติคภายใต้สภาวะควบคุม จะทำให้กรดอะมิโนและเบปไทด์ถูกปลดปล่อยออกมา ต่อจากนั้นจะแยกส่วนที่ไม่ถูกย่อยโดยเทคนิคต่างๆ เช่น การตกตะกอน การใช้เยื่อเลือกผ่าน (dialysis) และการกรองด้วยเจล (gel) หรือเยื่อ (membrane) Boisen and Eggum (1991 : 148) กล่าวถึงวัตถุประสงค์และหลักการของวิธีการกรอง (filtration methods) ดังนี้คือ มีวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อทำนายความสามารถการย่อยโภชนะของอาหารที่ระดับ ลำไส้ส่วนท้าย (ileum) และหรือที่ระดับมูล และมีหลักการคือบ่มด้วยเอนไซม์ในระบบปิดแล้ววัดโภชนะที่ละลายไป ซึ่งตามปกติมักวัดส่วนที่ไม่ละลายไปหลังจากการกรอง โดยอาจเป็นการวัดของเหลวที่ได้จากการกรอง หรือวัดส่วนที่แยกออกมาหลังจากหมุนเหวี่ยงกรดอะมิโนที่ยังไม่ถูกย่อยที่ได้จากการใช้เยื่อเลือกผ่าน หรือการกรอง จะถูกวัดปริมาณโดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีภายหลังการย่อยสลาย (hydrolysis) แล้ว เอนไซม์ที่ใช้ในวิธีนี้อาจใช้แพนครีเอติน (pancreatin) เบปซิน (pepsin) และปาเปอิน (papain) และยังมีการปรับปรุงวิธีการให้ใช้ได้กับวัตถุดิบมากชนิดขึ้น Boisen and Eggum (1991:158-159) สรุปว่าการใช้เอนไซม์เพียงตัวเดียวสามารถใช้ทำนายการย่อยได้ของโภชนะเดี่ยวได้ เช่นการหาการย่อยได้ของโปรตีนโดยใช้เอนไซม์เบปซิน หรือการหาการย่อยได้ของแป้งโดยใช้เอนไซม์อะไมเลส Ravindran and Bryden (1999 : 891) รายงานว่าวิธีการหาการย่อยได้ของโปรตีนโดยใช้เอนไซม์เบปซินเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เพราะเป็นวิธีที่ง่าย ไม่สิ้นเปลือง รวดเร็ว และสามารถเปรียบเทียบวัตถุดิบหลายชนิดได้ในเวลาเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ปกติการย่อยได้ของโภชนะเดี่ยวมักมีอิทธิพลจากการย่อยได้ของโภชนะอื่นๆมาเกี่ยวข้องด้วย ดังนั้นวิธีการใช้เอนไซม์หลายๆตัวจะเป็นวิธีที่ให้ผลการทดลองที่น่าเชื่อถือที่สุด Hahn *et al.* (1982 cited by Ravindran and Bryden 1999 : 891) กล่าวว่า ข้อจำกัดของวิธีการใช้เอนไซม์หลายๆตัว คือความไวต่อความหนาแน่นของบัฟเฟอร์ของสารแขวนลอยของโปรตีน กรดฟีโนลิค (phenolic acid) และสารประกอบที่เป็นอิออนิก Sibbald (1987:221) กล่าวว่าผลของการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์อาจประกอบด้วยกรดอะมิโนอิสระ เปปไทด์ที่มีความยาวต่างกัน และโปรตีนที่ไม่ถูกย่อย Rehbein (1981:682) ได้ใช้ krill (*Euphausia superba* Dana) ซึ่งจับได้จากทะเลสคอเทีย นำไปผ่านกระบวนการผลิตเช่นเดียวกับปลาป่น ได้โปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 59.5 เปอร์เซ็นต์ และนำมาทดลองหาค่าการย่อยได้โดยเบปซินตามวิธีการของ Naumann and Bassler (1976 cited by Rehbein.1981:682) พบว่ามีค่าการย่อยได้โดยเบปซินเท่ากับ 78.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปลาป่น (โปรตีน 62.5 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้โดยเบปซิน 88.9 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งอาจเกิดจากการที่โปรตีนถูกทำลาย เช่นถูกทำลายด้วยความร้อน ซึ่งจะเห็นได้จากการใช้ประโยชน์ได้ของไลซีนมีค่าเพียง 87.6 เปอร์เซ็นต์ และเกิดจากส่วนประกอบของ krill meal ที่มีเยื่อใยประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีส่วนประกอบของเปลือกนอกที่เป็นไคติน ซึ่งเอนไซม์เบปซินไม่สามารถย่อยได้ และไคตินยังทำให้ไนโตรเจนรวมสูงขึ้นด้วย Parsons (1993 : 105-107) กล่าวว่าข้อจำกัดขั้นแรกของวิธีหาการย่อยได้โดยเบปซิน คือการใช้เบปซินที่ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ตามวิธีการของ AOAC (1984) ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เกินความต้องการ และสามารถย่อยโปรตีนที่คุณภาพต่ำได้เกือบสมบูรณ์ ทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างเชิงคุณภาพของตัวอย่างได้ ดังนั้นจึงทดลองเปรียบเทียบเบปซินที่ความเข้มข้นแตกต่างกันคือ 0.2 0.002 0.0002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ เพื่อหาความแตกต่างการย่อยได้ของกรดอะมิโน พบว่าค่าการย่อยได้ของไนโตรเจนของเนื้อปน 14 ตัวอย่าง ขนไก่ปน 8 ตัวอย่าง และผลพลอยได้จากสัตว์ปีก 9 ตัวอย่าง เมื่อใช้ความเข้มข้น 0.002 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขนไก่ปน ดังตารางที่ 2.1 Lewis and Bayley (1995 : 37) กล่าวว่าความยุ่งยากขั้นต้นของวิธีการนี้คือ จะต้องหาชนิดของเอนไซม์หรือส่วนผสมของเอนไซม์ เพื่อที่จะเลียนแบบปฏิกิริยาของเอนไซม์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริงในตัวสัตว์ให้ถูกต้องที่สุด และต้องมีประสิทธิภาพในการวัดสำหรับวัตถุดิบที่แตกต่างกันด้วย Papadopoulos (1985 : 64) กล่าวว่าถึงแม้ว่าวิธีนี้จะทำได้

ตารางที่ 2.1 แสดงผลของความเข้มข้นของเบปซินต่อการย่อยได้ของไนโตรเจน (%) ในเนื้อปน 14 ตัวอย่าง ขนไก่ปน 8 ตัวอย่าง และผลพลอยได้จากสัตว์ปีก 9 ตัวอย่าง

ความเข้มข้นของเบปซิน(%)	เนื้อปน			ขนไก่ปน			ผลพลอยได้จากสัตว์ปีก		
	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
0.2	86	83	89	76	70	81	85	80	92
0.002	72	54	83	32	17	49	75	58	89
0.0002	42	29	69	-	-	-	-	-	-

ที่มา : Parsons (1993 : 107)

รวดเร็วและทำซ้ำได้ แต่ก็ควรพัฒนาให้ใช้ได้กับวัตถุดิบทุกชนิดหรือทุกประเภท และควรให้ค่าที่มีสหสัมพันธ์กับค่าที่ประเมินได้จากการทดสอบในตัวสัตว์ด้วย และ Boisen and Eggum (1991 : 153-159) กล่าวว่าวิธีการที่กระทำในห้องปฏิบัติการจะเป็นวิธีการที่เป็นพื้นฐานในการพัฒนาวิธีอื่นๆอีก เช่น การวิเคราะห์โดยใช้แสงอินฟราเรด (near infrared reflectance spectrophotometry , NIRS) ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายกว่า เร็วกว่า แต่ความแม่นยำในการทำนายความสามารถการย่อยได้จะน้อยกว่าการใช้เอนไซม์ที่กระทำในห้องปฏิบัติการ และยังกล่าวถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการย่อยได้ที่กระทำในห้องปฏิบัติการมีดังนี้คือ

1. ความเฉพาะเจาะจงของเอนไซม์ (enzyme specificity)

เอนไซม์มีความจำเพาะเจาะจงต่อพันธะที่จะเข้าย่อยสลาย อย่างไรก็ดีการย่อยสลายพันธะยังขึ้นอยู่กับการเข้าถึงสารที่จะเข้าย่อย (substrate) ของเอนไซม์ ดังนั้นการย่อยสลายพันธะอื่นด้วยเอนไซม์ที่เฉพาะเจาะจงต่อตัวอื่น จะมีอิทธิพลต่อการย่อยสลายรวมทั้งหมดเช่นกัน นั่นคือเหตุผลที่ว่า เมื่อทดลองบ่มโดยเอนไซม์ ควรใช้เอนไซม์เช่นเดียวกับที่เกิดในระบบทางเดินอาหาร เช่นใช้ของเหลวที่ได้จากลำไส้ (intestinal fluid) (Furuya *et al.* 1979 ; Lowgren *et al.* 1989 cited by Boisen and Eggum. 1991 : 153 -159) อย่างไรก็ดี วิธีดังกล่าวมีปัญหาในเรื่องการปรับมาตรฐาน (standardization) และไม่สะดวกเนื่องจากไม่มีการจำหน่ายในท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปฏิกิริยาของเอนไซม์ (enzyme activity)

ปฏิกิริยาของเอนไซม์สำคัญมาก โดยเฉพาะในระยะเริ่มต้นของการหาค่าการย่อยได้ โดยความเข้มข้น อุณหภูมิ พีเอช ความคงตัว ตัวทำปฏิกิริยา ตัวยับยั้ง และเวลาในการบ่มจะมีผลต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงความผันแปรของการบ่มด้วยเอนไซม์

ปริมาณของตัวอย่าง (กรัม)	ปริมาตรที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (มล.)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (กรัมต่อลิตร)	พีเอช	อุณหภูมิ ($^{\circ}$ ซ.)	เวลาในการทำปฏิกิริยา (ชั่วโมง)	ผู้ทำการทดลอง
Single step procedures						
0.2*	40	0.5	2.2	37	8	Steinhardss K. (1973)
2	NR	(400 U)	NR	40	48	EEC authorities
0.5	150	2	NR	45	16	AOAC (1984)
0.5	150	0.02	NR	45	16	Parsons (1991)
First step in two-or three step procedures						
0.5	10	2.0	++	37	4	Furuya *et al.* (1979)
1	NR	2.5	1.5	37	1	Asp *et al.* (1983)
0.5	40	2.5	1.0	40	1	Metz & Van der Meer (1985)
0.15*	20	0.5	++	37	4	Dierick *et al.* (1985)
0.07*	20	0.87	1.9	37	0.5	Saroiv & Gautheir (1986)
0.5	40	2.5	1.5	40	1	Vander Meer & Perez (1990)
1	40	0.25	2.0	39	6	Boisen (1991)

หมายเหตุ : * โปรตีนรวม (ไนโตรเจน x 6.25)

\+ nitrogen content

++ กรดไฮโดรคลอริค 0.075 โมล

NR ไม่ได้รายงาน

ที่มา : Boisen and Eggum (1991 : 154)

โดยขนาดของตัวอย่างในบางวิธีขึ้นกับน้ำหนักของวัตถุดิบและปริมาณไนโตรเจน ส่วนความผันแปรอื่นๆ เช่นปริมาตรของเอนไซม์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามีตั้งแต่ 10-150 มิลลิลิตร พีเอช 1.0-2.2 อุณหภูมิ 37-45 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยา 0.5-48 ชั่วโมง และความเข้มข้นของเบปซินมีความผันแปรจาก 0.02-2.5 กรัมต่อลิตร แต่อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของเบปซินก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้โดยตรง เนื่องจากมีการเตรียมเอนไซม์จากความสามารถในการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์แตกต่างกัน และปฏิกิริยาของเอนไซม์ยังได้รับผลกระทบจากหลายๆ ปัจจัยในตัวอย่างอาหารนั้นๆด้วย เช่น เยื่อใย และสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ของอาหาร (antinutritional factors , ANF) ที่จะไปลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ลง

3. ตัวอย่างอาหารสัตว์และขนาดของตัวอย่างอาหารสัตว์ (sample and particle size)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลจากขนาดของตัวอย่างอาหารสัตว์ เกิดจากเหตุผล 2 ประการ คือ จากการสุ่มตัวอย่าง และจากการสูญเสียของตัวอย่างในแต่ละขั้นตอนของการทดสอบ เมื่อมีการถ่ายเทตัวอย่างในโภชนะต่างๆ ดังนั้น จึงควรใช้ปริมาณของตัวอย่างวัตถุดิบคงที่ และไม่ควรน้อยกว่า 0.5 กรัม

โดยปกติในการทดสอบในห้องปฏิบัติการใช้ขนาดของอนุภาคเล็กกว่าการทดสอบในตัวสัตว์ โดยขนาดอนุภาคที่เล็กจะเป็นตัวแทนที่ดี และมีรายงานแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขนาดอนุภาคต้องเพิ่มเวลาในการทดสอบในห้องปฏิบัติการให้นานขึ้น จึงจะไม่มีอิทธิพลต่อค่าการย่อยได้ (Lowgren *et al.* 1989 cited by Boisen and Eggum. 1991 : 153-159)

4. เทคนิคการแยกส่วน (separation technique)

เทคนิคการแยกส่วนเพื่อแยกผลผลิตสุดท้ายออกอย่างต่อเนื่องจากอาหารที่ไม่ย่อย โดยใช้เยื่อเลือกผ่าน (dialysis) หรือการกรองด้วยรูพรุนขนาดพิเศษ (ultrafiltration techniques) โดยทั่วไปจะช่วยเพิ่มอัตราการย่อยสลาย อาจเนื่องจากการเคลื่อนตัวออกไปของตัวยับยั้งผลผลิตสุดท้าย Cave (1988 cited by Boisen and Eggum. 1991 : 155) พบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนและกรดอะมิโนในการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการทดสอบในตัวสัตว์นั้น การใช้เทคนิคการกรองด้วยรูพรุนขนาดพิเศษ 500 ดาร์ตัน ดีกว่าการเร่งให้ตกตะกอนด้วยกรด trichloroacetic acid (TCA) สรุปได้ว่า ส่วนใหญ่การทดสอบในห้องปฏิบัติการจะสามารถเพิ่มความสามารถในการย่อยได้ของเอนไซม์นั้น ต้องแน่ใจว่าตัวยับยั้งผลผลิตสุดท้ายมีน้อยหรือไม่มีสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการย่อยได้

2.6.1.2 วิธีการทางเคมี (chemical assay)

Lewis and Bayley (1995:37) รายงานว่าในการทดสอบการใช้ประโยชน์ได้ทางเคมี มักทำเฉพาะไลซีนมากที่สุด McNab (1979 : 3) ได้กล่าวถึงหลักการของวิธีการทางเคมีนี้ว่า กลุ่มของ epsilon amino ที่มีในส่วนของไลซีนในโปรตีนอาจรวมตัวกับสารอื่นๆด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง เช่นรวมกับกลุ่มอัลดีไฮน์ของน้ำตาล หรือรวมกับกลุ่มคาร์บอกซิลจากกรดอะมิโนตัวอื่น ทำให้ไลซีนไม่สามารถทำปฏิกิริยากับ 1-fluoro-2,4-dinitrobenzene (FDNB) ได้ แต่จากสมมติฐานที่ว่า มีเฉพาะโมเลกุลของไลซีนที่มีกลุ่ม epsilon อิสระเท่านั้น (คือกลุ่มที่สามารถทำปฏิกิริยากับ FDNB ได้) จึงจะใช้ประโยชน์ได้กับสัตว์ และจากหลักฐานที่มีจะชี้ให้เห็นว่า ส่วนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไลซีนที่มีกลุ่ม epsilon amino ที่ไม่เป็นอิสระก็จะไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์จากทางเดินอาหารสัตว์เช่นกัน หรือถ้าสามารถถูกปลดปล่อยได้ก็ไม่สามารถที่จะดูดซึมผ่านระบบทางเดินอาหารได้ Boot (1971 cited by McNab. 1979 : 4) กล่าวว่าคาร์โบไฮเดรตเป็นตัวรบกวนปฏิกิริยา ในการนำไปใช้งานจึงต้องมีการปรับค่าโดยใช้ correction factors ซึ่งมีความผันแปรมาก ดังนั้นวิธีการนี้จึงไม่เหมาะสำหรับเมล็ดธัญพืช และวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืชหลายชนิด และถึงแม้ว่าวิธีการทางเคมีจะเป็นวิธีที่ไม่แพง และไม่ต้องใช้อุปกรณ์ในการวิเคราะห์มาก แต่ในบางครั้งทำให้สิ้นเปลืองเวลา และเกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมีที่ไม่น่าใช้นักคือ methylchloroformate และ FDNB สอดคล้องกับ Papadopoulos (1985 : 66) กล่าวว่าเป็นวิธีที่สิ้นเปลืองเวลา และได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ เมื่อใช้กับวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช และ McNab (1979 : 4) ยังกล่าวอีกว่า ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของ epsilon-dinitrophenyl-lysine ที่สามารถถูกทำลายได้ในกระบวนการย่อยสลายเป็นเวลานานๆ (20 ชั่วโมง) เพื่อที่จะปลดปล่อยส่วนของกรดอะมิโนออกจากโปรตีน

ส่วนเทคนิคอื่นๆที่นำมาใช้ในวิธีการทางเคมี คือการใช้เทคนิคการย้อมสี (dye-binding) Carpenter and Bjarnason (1968 : 166) กล่าวว่าเป็นการย้อมสีด้วยสารประกอบที่ละลายได้ เช่น orange-G โดยย้อมกับกลุ่มของกรดอะมิโนอิสระของโปรตีน ซึ่ง Hurrell *et al.* (1979 cited by Williams. 1994 : 26) ใช้เทคนิคการย้อมสีโดยการย้อมด้วยสารสีซัลโฟเนท (sulfonated dye) เช่น acid orange 12 เพื่อหาการใช้ประโยชน์ได้ของไลซีน และไลซีนทั้งหมดในอาหารสัตว์ที่แตกต่างกัน โดยวิธีนี้ใช้เวลาเพียง 40 นาที

อีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ของไลซีน แต่ใช้ได้เฉพาะในโปรตีนบริสุทธิ์เท่านั้น คือการใช้ ^{19}F-nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy โดย Cavanaugh (1988 cited by Williams. 1994 : 26) ใช้โปรตีนทำปฏิกิริยากับ S-ethyltrifluorothioacetate แล้ววิเคราะห์ด้วย NMR และ Williams (1994 : 27) ได้สรุปเปรียบเทียบวิธีที่ใช้หาการใช้ประโยชน์ได้ของไลซีนดังแสดงในตารางที่ 2.3

2.6.1.3 **วิธีใช้จุลินทรีย์ (microbiological assay)**

หลักการของวิธีนี้ McNab (1979 : 5) กล่าวว่าใช้หลักการในการวัดปริมาณของกรดอะมิโนในโปรตีนที่ต้องการทดสอบที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งจะสอดคล้องกับปริมาณกรดอะมิโนที่สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ได้ในการย่อย และกระบวนการเมแทบอลิซึม และจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ ได้แก่ *Streptococcus zymogenes* เนื่องจากจุลินทรีย์นี้มีความสามารถในการย่อยโปรตีนได้ และต้องการกรดอะมิโน 8 ตัว เพื่อการเจริญเติบโตที่เหมาะสม คือ กรดอะมิโน อาร์จินีน ฮีสทิดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน แวลีน เมไทโอนีน และ ทริบโทแฟน จึงนำมาใช้ในการหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ของในวัตถุดิบอาหารสัตว์หลายประเภท โดยสามารถบ่งถึงความแตกต่างของคุณค่าทางโภชนะในวัตถุดิบแหล่งโปรตีนสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการหาการใช้ประโยชน์ได้ของไลซีนโดยวิธีการทางเคมี

วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย	เวลาที่ใช้
FDNB		ช้า ไม่เฉพาะเจาะจง ใช้สารเคมีที่อันตราย กรดอะมิโนไลซีนอิสระตรวจไม่พบ หากวัตถุดิบเกิดปฏิกิริยา maillard จะตรวจไม่พบ	2 วัน
Dye-binding	เร็ว วิเคราะห์ง่าย แม่นยำสูง	ไม่เฉพาะเจาะจง กรดอะมิโนไลซีนอิสระตรวจไม่พบ เกิดสารประกอบรบกวน แยกความแตกต่างไม่ได้	40 นาที
^{19}F-NMR	วิเคราะห์เร็ว	แม่นยำต่ำ เครื่องมือแพง ต้องลดการรบกวนจากน้ำตาล	2 วัน

ที่มา : ดัดแปลงจาก Williams (1994 : 27)

ได้ดี โดยดูจากความแตกต่างในค่าการใช้ประโยชน์ได้ของจุลินทรีย์ ต่อส่วนประกอบของกรดอะมิโนได้เพียง 1 ชนิดหรือมากกว่า ขั้นตอนของการทดสอบเกี่ยวข้องกับการวัดผลตอบสนองของจุลินทรีย์ต่อการเพิ่มระดับของอาหารทดสอบที่เสริมให้ เปรียบเทียบกับระดับของกรดอะมิโนเพียง 1 ชนิด โดยสูตรอาหารพื้นฐานนั้น ต้องมีโภชนะอื่นๆในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ Papadopoulos (1985:67) กล่าวว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆที่มีการนำมาใช้เช่น *Tetrahymena pyriformis* ซึ่งใช้ในการหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ของไลซีน เมไทโอนีน อาร์จินีน และฮีสทิดีน ส่วนจุลินทรีย์ *Streptococcus faecalis, Streptococcus durens, Lactobacillus arabinasus* และ *Escherichia coli* ได้มีการทดลองนำมาใช้ แต่ค่อนข้างยุ่งยาก อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ยังคงต้องมีการพัฒนาเทคนิคให้ง่าย และมีการปรับมาตรฐานทางจุลินทรีย์ สำหรับหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน และให้สามารถใช้ได้กับอาหารทุกชนิด

2.6.1.4 การตรวจสอบกรดอะมิโนในพลาสมา (plasma assay)

Papadopoulos (1985 : 68) กล่าวว่าเนื่องจากกระแสโลหิตเป็นเส้นทางที่พาผลผลิตที่ได้จากการย่อยอาหารโปรตีน จึงทำให้สามารถหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนโดยการวิเคราะห์กรดอะมิโนอิสระในพลาสมา อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ยังไม่ประสบผลสำเร็จนัก เพราะเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย เช่น เวลาและตำแหน่งที่ทำการสุ่มตัวอย่างเลือดต้องสัมพันธ์กับเวลาที่อาหารโปรตีนอยู่ในทางเดินอาหาร ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในอาหารโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อัตราการปลดปล่อยกรดอะมิโนอิสระออกจากอาหารโปรตีนที่ถูกย่อยแล้ว และอัตราการดูดซึมจากระบบทางเดินอาหาร ส่วนปัจจัยอื่นๆที่มีอิทธิพล เช่น กระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนในเนื้อเยื่อของลำไส้ และการดึงกรดอะมิโนกลับมาจากพลาสมาเพื่อทำการสังเคราะห์โปรตีน ซึ่งปัญหาเหล่านี้ซับซ้อน และยุ่งยากหากทำการทดลองจริง และแม้ว่าความเข้มข้นของกรดอะมิโนอิสระในพลาสมา จะใช้ประโยชน์ในการหาความสามารถการย่อยได้ของอาหารโปรตีน แต่เป็นการยาก หากเปลี่ยนไปหาค่าเชิงปริมาณของการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน

2.6.2 การหาค่าการใช้ประโยชน์ได้โดยการทดสอบในตัวสัตว์(*In vivo* availability)

Bryden *et al.* (1990 : 274) กล่าวว่า การใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนโดยทดสอบกับตัวสัตว์นั้น เป็นการหากรดอะมิโนที่ถูกปลดปล่อยมาจากการย่อยอาหาร และถูกดูดซึมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในตัวสัตว์โดยตรง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือการศึกษาการเจริญเติบโต (growth assay) และความสามารถในการย่อยได้ (digestibility) โดยวิธีการศึกษาการเจริญเติบโตของสัตว์ทดสอบเป็นที่น่าสนใจ เพราะผลตอบสนองที่ใช้วัดคล้ายกับการเลี้ยงในสภาพปกติที่ใช้กันทั่วไป ส่วนวิธีหาค่าการย่อยได้เป็นวิธีการหาความแตกต่างระหว่างปริมาณที่ได้รับและปริมาณที่ขับออก ซึ่งใช้เป็นตัวบงชี้ค่าการใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นการย่อยได้และการนำไปใช้ประโยชน์ได้ไม่จำเป็นต้องเป็นค่าเดียวกัน เนื่องจากค่าการย่อยได้ไม่ได้ศึกษาถึงปริมาณที่สัตว์ ดูดซึมและนำไปใช้ประโยชน์ในตัวสัตว์

2.6.2.1 การศึกษาการเจริญเติบโตของสัตว์ (growth assay)

McNab (1979 : 2) กล่าวว่า หลักในการวัดค่าการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนในอาหาร สามารถแปรผลได้จากข้อมูลของสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ เมื่อสัตว์ได้รับอาหารทดสอบ และนิยมใช้ลักษณะทางการเจริญเติบโต หรือจากลักษณะทางการผลิต ในการทำนายค่าการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนในอาหารโปรตีน ซึ่งวิธีการจะเกี่ยวข้องกับการคำนวณสูตรอาหารพื้นฐานให้ขาดเฉพาะกรดอะมิโนที่ต้องการศึกษา ซึ่งการเจริญเติบโตของสัตว์ที่ได้รับอาหารที่ขาดกรดอะมิโนที่ต้องการศึกษา จะถูกเปรียบเทียบกับสัตว์ที่ให้อาหารเสริมกรดอะมิโนในระดับที่สูงขึ้น โดยการเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์ โดยถือว่าการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนสังเคราะห์เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน และการเจริญเติบโตของสัตว์ที่ได้รับอาหารที่ทราบปริมาณของโปรตีนที่ทดสอบ จะถูกคำนวณหาปริมาณของกรดอะมิโนในแหล่งโปรตีนได้ Lewis and Bayley (1995 :42) กล่าวว่าการศึกษาการเจริญเติบโตมีลักษณะที่น่าสนใจอย่างน้อย 2 ประการคือ การวัดผลการตอบสนองในด้านการเจริญเติบโตนั้น มีความสำคัญทั้งในด้านการปฏิบัติและด้านเศรษฐกิจ และสามารถบอกผลสุทธิของส่วนประกอบทั้งหมดที่มีผลต่อการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40610

ประโยชน์ได้ (การย่อย การดูดซึม และการนำไปใช้ประโยชน์ได้) แต่อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ยังมีข้อจำกัดมาก นั่นคือ ค่าใช้จ่ายสูง สิ้นเปลืองเวลา ความแตกต่างภายในตัวของสัตว์ทดลอง และในการทดลอง 1 ครั้งสามารถศึกษากรดอะมิโนได้เพียง 1 ตัวเท่านั้น

2.6.2.2 การหาค่าการย่อยได้โดยการทดสอบในตัวสัตว์ (*In vivo* digestibility)

การหาการย่อยได้โดยการทดลองกับสัตว์โดยตรงนี้ ดูเหมือนจะเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมกันมากที่สุดในการหาค่าการย่อยได้ เนื่องจากเป็นค่าที่ได้จากการทดลองกับสัตว์โดยตรง และกรดอะมิโนทุกตัวสามารถหาได้ในการทดลองเพียงครั้งเดียวเท่านั้น

วิธีการนี้เกี่ยวข้องกับการย่อยได้ที่วิเคราะห์จากมูล (faecal digestibility) และการย่อยได้ที่วิเคราะห์จากอาหารที่เหลือจากการย่อยแล้ว ณ บริเวณลำไส้เล็กส่วนท้าย (ileal digestibility) โดยการย่อยได้ที่วิเคราะห์จากมูลจะเกี่ยวข้องกับการเก็บมูลจากสัตว์ปกติ สัตว์ตัดไส้ติ่ง (cecectomy) หรือสัตว์ที่ผ่าตัดทำช่องเปิดของลำไส้ใหญ่หรือการทำทวารเทียม (colostomy) ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการทดสอบ ส่วนการย่อยได้ที่ได้จากอาหารที่เหลือ ณ บริเวณลำไส้เล็กส่วนท้ายนั้น จะเก็บ digesta จากส่วนของลำไส้เล็กส่วนท้ายหลังจากฆ่าสัตว์แล้ว หรือจากการใช้ cannula ในสัตว์ที่ยังมีชีวิต

1) การย่อยได้ที่วิเคราะห์จากมูล (faecal digetibility)

การย่อยได้ที่วิเคราะห์จากมูล เป็นการบ่งชี้ค่าการใช้ประโยชน์ได้ที่ได้จากการหาค่าการย่อยได้ โดยหักสัดส่วนของกรดอะมิโนที่ย่อยไม่ได้ในมูลออกจากในอาหารที่สัตว์กิน (Ravindran and Bryden. 1999 : 893) นั่นคือ การวัดปริมาณของกรดอะมิโนในมูลเปรียบเทียบกับปริมาณกรดอะมิโนในอาหาร ปริมาณที่หายไปจากระบบทางเดินอาหารคือ ปริมาณที่สัตว์ดูดซึมเพื่อจะนำไปใช้ประโยชน์ หรือเรียกว่าค่าการย่อยได้ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเก็บสิ่งขับถ่ายทั้งหมดหลังจากให้อาหารแล้ว หรือการใช้ตัวบ่งชี้ (indicator) ซึ่งอาจเป็นสารที่เติมลงไป เช่น โครมิคออกไซด์ (chromic oxide) หรือ เฟอริคออกไซด์ (ferric oxide) หรือสิ่งที่มีอยู่ในอาหารนั้นตามธรรมชาติ เช่น ลิกนิน หรือเถ้าที่ไม่ถูกย่อยในกรด (acid insoluble ash ; AIA) และสามารถหา endogenous amino acid โดยวิธีการให้อาหารที่ปราศจากไนโตรเจน (nitrogen free diet) หรือวิธีการอดอาหาร ขณะที่ Siriwan *et al.* (1993 : 940-944) ศึกษาเปรียบเทียบถึงการปรับค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนที่ระดับ ileum โดยวิธีหาค่า endogenous amino acid 3 วิธีคือ วิธีที่ 1 เป็นการให้อาหารที่ปราศจากไนโตรเจน วิธีการที่ 2 เป็นการให้อาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกันแล้ววิเคราะห์สมการถดถอย ระหว่างอัตราการไหลของกรดอะมิโนที่ ileum (ileal amino acid flow) กับระดับโปรตีนที่กิน และคำนวณหา endogenous amino acid จากสมการถดถอยนี้ที่ระดับปริมาณโปรตีนเป็นศูนย์ และวิธีที่ 3 เป็นการอดอาหาร 48 ชั่วโมง แล้วเก็บ digesta ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณ ileum โดยในไก่เพศผู้โตเต็มวัย พบว่าค่าการย่อยได้ปรากฏ และค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกรด อะมิโนแตกต่างกันประมาณ 2-6 เปอร์เซ็นต์ และค่าการย่อยได้ที่แท้จริงที่ได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอย จะสูงกว่าค่าที่ใช้อาหารที่ปราศจากไนโตรเจนหรือโดยการอดอาหาร เนื่องจากค่าของ endogenous amino acid ที่วัดจากไก่ที่ได้ ณ บริเวณ ileum ในไก่ที่อดอาหารจะต่ำกว่าค่าที่ได้รับอาหารปราศจากไนโตรเจน และที่ได้จากการคำนวณโดยวิเคราะห์สมการถดถอยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) แต่เนื่องจากค่า endogenous amino acid ที่ได้จากการให้อาหารที่ปราศจากไนโตรเจน หรือได้จากสัตว์ที่อดอาหารจะไม่สะท้อนถึงสัตว์ปกติ รวมทั้งมีปัจจัยที่เกี่ยวกับความเข้มข้นของโปรตีนและเยื่อใยในสูตรอาหาร ที่กระทบต่อการหลั่ง endogenous amino acid ดังนั้นวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยจึงได้รับการยอมรับมากขึ้น ส่วนข้อจำกัดของการให้อาหารปราศจากไนโตรเจน คือ เป็นการนำไปสู่เมแทบอลิซึมที่ไม่ปกติ ทำให้ไม่ทราบผลที่เกิดกับทางเดินอาหาร ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้เพื่อหา endogenous amino acid ในการปรับค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของโปรตีนที่ถูกทำลายด้วยความร้อน

Johnson (1992 : 234) กล่าวว่าข้อจำกัดที่สำคัญของการหาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนที่วิเคราะห์จากสิ่งขับถ่าย เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ที่พบในลำไส้ส่วนท้ายโดยเฉพาะในไส้ติ่ง ซึ่งอาจมีผลต่อการย่อยได้ของกรดอะมิโน โดยการขจัดหมู่อะมิโนในอาหารที่ย่อยไม่ได้ ทำให้ค่าการย่อยได้ที่ได้สูงกว่าสัตว์ปีกที่ไม่มีจุลินทรีย์มาเกี่ยวข้อง โดย Parsons *et al.* (1982 : 925-932) รายงานว่าการหมักโดยจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารส่วนท้าย มีผลต่อส่วนประกอบของกรดอะมิโน และ Kessler *et al.* (1981 :1577) ได้วิเคราะห์กรดอะมิโนในสิ่งขับถ่ายเปรียบเทียบกันระหว่างไก่ปกติและไก่ตัดไส้ติ่งที่อดอาหาร 48 ชั่วโมง และเริ่มเก็บสิ่งขับถ่ายที่ชั่วโมงที่ 24 ถึง 48 คิดเป็นมิลลิกรัมต่อตัวต่อ 24 ชั่วโมง ดังตารางที่ 2.4 พบว่าค่าของกรดอะมิโนส่วนใหญ่ระหว่างไก่ปกติและไก่ตัดไส้ติ่งนั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนไลซีน และกรดกลูตามิค แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมีเพียงเมไทโอนีน และฮีสทิดีนเท่านั้นที่ไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนในสิ่งขับถ่ายของไก่แต่ละตัว พบว่าไก่ตัดไส้ติ่งสูงกว่าไก่ปกติ โดยมีความแตกต่างอย่างเด่นชัดของกรดอะมิโนทุกตัวในสิ่งขับถ่ายระหว่างไก่ปกติและไก่ตัดไส้ติ่ง และค่าของกรดอะมิโนในสิ่งขับถ่ายของไก่ปกติใกล้เคียงกับค่าที่ศึกษาในไก่ปกติโดย Sibbald (1979 cited by Kessler. *et al.* 1981 : 1577) ยกเว้นฮีสทิดีนและเมไทโอนีนนี้ แสดงให้เห็นว่าไส้ติ่งมีผลต่อองค์ประกอบของกรดอะมิโนในสิ่งขับถ่าย สอดคล้องกับ Kiener (1989 cited by Johnson. 1992:235) พบว่าเมื่อให้อาหารปราศจากโปรตีน endogenous amino acid ของไก่ตัดไส้ติ่งก็ยังสูงกว่าไก่ปกติ โดยเฉพาะไก่ตัดไส้ติ่งจะมีกรดแอสปาติค ทรีโอนีน ซีรีน กรดกลูตามิค โปรลีน และฮีสทิดีน สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นการยืนยันว่ามีการเปลี่ยนส่วนประกอบของกรดอะมิโนโดยจุลินทรีย์ในไส้ติ่ง เช่นเดียวกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parsons (1984 : 543) ได้ทดลองอดอาหารไก่ปกติและไก่ตัดไส้ติ่งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า endogenous amino acid โดยรวมของไก่ตัดไส้ติ่งสูงกว่าไก่ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยไก่ตัดไส้ติ่งมีกรดอะมิโนในสิ่งขับถ่ายโดยรวมประมาณ 36 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงมีการทดลองใช้ไก่ตัดไส้ติ่งเพื่อลดอิทธิพลของจุลินทรีย์ ดัง Payne *et al.* (1971:149-150) ได้ทดลองยับยั้งแบคทีเรียโดยใช้ยา sulfasuxidine ที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ กับไก่ปกติเปรียบเทียบกับไก่ตัดไส้ติ่ง เพื่อลดข้อผิดพลาดของการทดลอง ที่อาจเกิดจากจุลินทรีย์ในลำไส้เล็ก สังเคราะห์กรดอะมิโนจากอนินทรีย์ไนโตรเจน (inorganic N) กรดอะมิโนที่ได้จึงอาจมิใช่มาจากอาหาร และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ของสัตว์ทดสอบในไก่ที่ให้และไม่ให้ยา sulfasuxidine ที่ระดับ

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนในสิ่งขับถ่ายของไก่ปกติและไก่ตัดไส้ติ่ง[1/] (มิลลิกรัมต่อตัวต่อ 24 ชั่วโมง)

กรดอะมิโน	ไก่ปกติ[2/]	ไก่ตัดไส้ติ่ง[2/]	ไก่ปกติ[3/]
อะลานีน	16.15^{A} ±1.01 (18)	20.71^{B} ±0.84 (11)	17.3±1.8 (6)
อาร์จินีน	17.13^{A} ±1.12 (18)	20.02^{B} ±1.25 (11)	20.6±1.9 (6)
กรดแอสปาติค	30.64^{A} ±1.90 (18)	38.67^{B} ±1.45 (11)	30.2±3.0 (6)
กรดกลูตามิค	49.00^{a} ± 2.31 (18)	57.21^{b} ±2.36 (11)	48.4±4.3 (6)
ฮีสทิดีน	13.17^{a} ± 0.65 (17)	13.66^{a} ±0.38 (11)	12.0±1.6 (6)
ไอโซลิวซีน	13.18^{a} ± 0.80 (18)	16.99^{B} ±0.68 (11)	13.0±1.2 (6)
ลิวซีน	20.52^{a} ±1.30 (18)	28.07^{B} ±1.29 (11)	25.5±2.9 (6)
ไลซีน	23.60^{a} ±1.72 (16)	28.32^{b} ±1.11 (11)	21.4±2.6 (6)
เมไทโอนีน	5.51^{a} ±0.34 (18)	6.16^{a} ±0.24 (11)	5.0±0.6 (6)
พีนิลอะลานีน	11.37^{A} ±0.58 (18)	17.23^{B} ±1.88 (11)	12.2±1.3 (6)
โปรลีน	21.19^{A} ±1.06 (18)	34.80^{B} ±1.96 (11)	24.4±1.8 (6)
ซีรีน	24.20^{A} ±1.31 (18)	38.78^{B} ±1.57 (11)	26.6±2.1 (6)
ทรีโอนีน	20.69^{A} ±1.15 (18)	32.79^{B} ±1.53 (11)	20.8±2.2 (6)
ไทโรซีน	13.03^{A} ±0.70 (18)	17.39^{B} ±1.05 (11)	15.0±1.4 (6)
แวลีน	18.39^{A} ±1.15 (18)	26.92^{B} ±1.19 (11)	17.0±1.8 (6)

A a B b ตัวยกที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน เป็นความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p> 0.05$) : a b แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และ A B แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

1/ แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเฉลี่ย

( ) คือจำนวนสัตว์ทดสอบ

ที่มา : ดัดแปลงจาก 2/ Kessler *et al.* (1981 : 1577) และ 3/ Sibbald (1979)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 เปอร์เซ็นต์ แล้วม่าในระหว่างการทดลองกับเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าผลที่ได้แปรผันมาก เขาจึงสรุปว่าการควบคุมปริมาณของจุลินทรีย์ไม่ได้ผลแน่นอน Parsons (1985:470) ได้ทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของการตัดไส้ติ่งต่อการย่อยได้ Parsons (1985:470) ได้ทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของการตัดไส้ติ่งต่อการย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยใช้ส่าเหล้าแห้ง (distillers'dried grains with solubles) พบว่าไก่ตัดไส้ติ่งให้ค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโนทุกตัว ยกเว้นเมไทโอนีนต่ำกว่าไก่ปกติ ซึ่งอาจเนื่องจากไก่ที่ไม่ตัดไส้ติ่งสามารถดูดซึมกรดอะมิโนกลับไปใช้ได้ หรือกักเก็บกรดอะมิโนไว้ใช้ ณ บริเวณส่วนท้ายของลำไส้ (caecal retention) หรือจากการที่จุลินทรีย์สามารถขจัดหมู่อะมิโน (deamination) และใช้ประโยชน์ได้จากโปรตีนในทางเดินอาหารตอนท้ายได้ดีกว่าหรือจากทั้งสองประการ และ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 : 26-31) ได้วิเคราะห์หาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยใช้ไก่ตัดไส้ติ่ง พบว่ากากถั่วเหลืองอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ส่วนกากถั่วลิสงและกากเมล็ดฝ้ายนั้นไลซีนค่อนข้างผันแปร ซึ่งอาจเนื่องมาจากมีสารต่อต้านทางโภชนะ เช่น กากเมล็ดฝ้ายมีกอสสิปอล หรือจากการเก็บรักษา เช่นเกิดสารพิษอะฟลาทอกซินในกากถั่วลิสง ส่วนปลาป่นนั้น การย่อยได้ของกรดอะมิโนค่อนข้างคงที่ ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การย่อยได้(%)ของวัตถุดิบแหล่งโปรตีนโดยไก่ตัดไส้ติ่ง

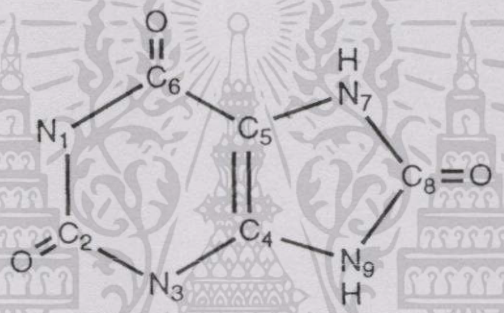
	ปลาป่น (60-70)1/	กากถั่วเหลือง (44)1/	กากถั่วเหลือง (46/48)1/	กากถั่วลิสง (50)1/	กากเมล็ดฝ้าย (40)1/
โปรตีน	88	87	90	89	73
กรดอะมิโน					
ไลซีน	85	87	89	77	60
เมไทโอนีน	90	89	91	87	78
ซีสทีน	79	79	84	74	52
ทรีโอนีน	84	83	87	85	67
ทริบโทแฟน	69	84	84	NR	66
อาร์จินีน	86	91	94	93	86
ไกลซีน	77	80	86	72	64
ซีรีน	79	84	90	85	67
ฮีสทิดีน	79	89	91	84	79
ไอโซลิวซีน	85	88	90	90	69
ลิวซีน	88	87	90	91	72
ฟีนิลอะลานีน	86	88	91	92	82
ไทโรซีน	85	88	92	93	75
แวลีน	81	83	88	89	72

NR ไม่ได้รายงานผล 1/ ระดับเปอร์เซ็นต์โปรตีนของวัตถุดิบ

ที่มา : ดัดแปลงจาก Rhone Poulenc Animal nutrition (1993 : 26-31)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ McNab (1994 : 192) กล่าวว่า ในไก่นั้นเป็นการยากที่จะแยกมูลออกจากปัสสาวะ และในหลายการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการหาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโน มักศึกษาจากสิ่งขับถ่าย (dropping) มากกว่าใช้เทคนิคในการปรับมูล ซึ่งมักจะถือว่าความเข้มข้นของกรดอะมิโนในปัสสาวะมีในปริมาณต่ำ จึงนำมาคำนวณ สอดคล้องกับ O'Dell *et al.* (1960 : 431) รายงานว่า ปริมาณไนโตรเจนของกรดอะมิโนมีประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปัสสาวะ ซึ่งกรดอะมิโนที่พบสูงสุดและลดลงตามลำดับ คือ ไกลซีน โปรลีน กรดกลูตามิค ไฮดรอกซีโปรลีน กรดแอสปาติค ไลซีน ออร์นิทีน และ อาร์จินีน และ Campbell (1995 : 154) กล่าวว่า โครงสร้างของกรดยูริคที่จับกันเป็นวงแหวนพิวรีน เกิดจากอะตอมของสารตั้งต้น คือ กลูตามิค ไกลซีน HCO_3^- และคาร์บอน 1 หน่วย ได้เป็น 5,10-เมทิลีนเตตระไฮโดรโฟเลท (5,10-methylene tetrahydrofolate : 5,10-$MeFH_4$) ดังภาพที่ 2.4



Uric Acid

ภาพที่ 2.4 แสดงโครงสร้างและ numbering system ของกรดยูริค (Campbell. 1995 : 155)

แต่อย่างไรก็ตาม Dingle and McNab (1985 : 115-123) กล่าวถึงวิธีการหาค่าการย่อยได้ที่วิเคราะห์จากมูลอีกวิธีหนึ่งคือ วิธีผ่าตัดทำช่องเปิดของลำไส้ใหญ่หรือการทำทวารเทียม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะแยกเก็บมูล โดยไม่ให้ปนเปื้อนปัสสาวะจากระบบขับปัสสาวะ Bragg *et al.* (1969 : 2135-2137) หาค่าการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนในข้าวฟ่างโดยใช้ไก่ผ่าตัดทำทวารเทียม พบว่าไก่ผ่าตัดทำทวารเทียมมีแนวโน้มของค่าการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนสูงกว่าไก่ปกติ ซึ่งอาจเกิดจากค่าที่ได้จากไก่ปกติมีความแม่นยำมากกว่าไก่ผ่าตัดทำทวารเทียม เพราะความแตกต่างส่วนใหญ่ เกิดจากความแตกต่างของค่าที่ใช้ปรับไนโตรเจนในมูลที่มิได้มาจากอาหารของไก่ผ่าตัดทำทวารเทียมจะสูงกว่าไก่ปกติมาก อาจเนื่องจากไก่ผ่าตัดทำทวารเทียมมีการหลั่งไนโตรเจนเข้าไปในท่อทางเดินอาหารมากกว่าไก่ปกตินั่นเอง และมักพบเสมอว่าไก่บางตัวค่าการใช้ประโยชน์ได้จึงมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่ถูกต้องตามปกติ ดังนั้นในการหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน วิธีการใช้ไก่ปกติจึงเป็นวิธีที่ง่ายและให้ความแม่นยำกว่าการใช้ไก่ผ่าตัดทำทวารเทียม และ Dingle and McNab (1985 : 115-123) รายงานว่าวิธีนี้มีข้อบกพร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายประการ อันเนื่องมาจากการผ่าตัด เช่น มีการขับปัสสาวะออกมากกว่าปกติ โดยเฉพาะใน 3 วันหลังการผ่าตัด ท้องผูกหรือมูลแข็งในระยะ 3 สัปดาห์หลังการผ่าตัด สภาพที่ร่างกายสัตว์ดึงลำไส้ใหญ่เข้าสู่ช่องท้องตามเดิม การที่ colon ปลิ้นออกมา การติดเชื้อ การตกสะเก็ดที่บาดแผล และการที่สัตว์จิกบริเวณที่ผ่าตัด

2) การหาค่าการย่อยได้ที่วิเคราะห์บริเวณลำไส้เล็กส่วนท้าย

(Ileal digestibility)

จากการที่จุลินทรีย์มักอยู่ในทางเดินอาหารส่วนท้าย แต่ตำแหน่งที่มีการดูดซึมกรดอะมิโนคือลำไส้เล็กส่วนท้ายและลำไส้เล็กส่วนกลาง จึงมีวิธีการหาค่าการย่อยได้ที่ลำไส้เล็กส่วนท้าย เพื่อหลีกเลี่ยงอิทธิพลของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี ขึ้นกับเทคนิคการเก็บตัวอย่าง วิธีที่ง่ายที่สุดในการเก็บ digesta ที่ลำไส้เล็กส่วนท้ายคือการฆ่าสัตว์ทดลอง และอีกวิธีหนึ่งคือ การใส่ cannula ที่ลำไส้เล็กส่วนท้าย Rahajo and Farrell (1984 : 30) กล่าวว่าวิธีการฆ่าสัตว์เป็นวิธีที่สิ้นเปลืองและทำให้การทำงานยุ่งยากมากขึ้น ส่วน Summers and Robblee (1985:537-538) ได้ทดลองเปรียบเทียบค่าการย่อยได้ปรากฏของกรดอะมิโนในไก่ที่ทำให้สลบและฆ่าไก่โดยวิธีการบิดคอ และเก็บ digesta ที่ลำไส้เล็กในตำแหน่งต่างๆกันก่อนถึงบริเวณ ileo-cecal junction และลำไส้ใหญ่ พบว่าการย่อยได้ปรากฏของไก่ที่ทำให้สลบสูงกว่าไก่ที่ฆ่าบิดคอเล็กน้อยประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่ digesta ของไก่ที่ถูกฆ่าบิดคอ มีการปนเปื้อนจากกรดอะมิโนที่ได้จากการหลุดลอกของเซลล์ มีผลทำให้การย่อยได้ปรากฏของกรดอะมิโนลดต่ำลง และการที่ไก่ถูกฆ่าบิดคอยังมีการหดตัวของกล้ามเนื้อลำไส้ อาจทำให้ digesta บางส่วนเกิดเคลื่อนตัวจากลำไส้เล็กส่วนบนเข้าไปในลำไส้เล็กส่วนท้ายของ ileum ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีการเก็บตัวอย่าง มีผลให้การย่อยได้ของกรดอะมิโนต่ำลงได้ ขณะที่ไก่ที่ทำให้สลบไม่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อลำไส้ จึงไม่มีการปนเปื้อนเกิดขึ้น

ส่วนวิธีการใช้ cannula นั้น Fuller (1987) กล่าวว่ารูปแบบของ cannula ที่ใช้กันมี 2 แบบ คือ cannula รูปตัวที (T) หรือ simple cannula และแบบ reentrant cannula โดย cannula รูปตัวที มีข้อที่ดีกว่าแบบ reentrant 2 ประการ คือ อาหารจะไหลผ่านได้ตามปกติ และเมื่อมีอาหารไหลผ่าน cannula รูปตัวที สัตว์ทดลองจะเจ็บน้อยกว่าแบบ reentrant แต่อย่างไรก็ตาม cannulas ทั้งสองแบบต้องใช้ marker ผสมรวมกับอาหารเพื่อดูส่วนประกอบของกรดอะมิโน John *et al.* (1986 cited by Ravindran and bryden. 1999 : 896) รายงานว่าไก่เพศผู้โตเต็มวัยที่ใส่ cannula บริเวณ ileum มีค่าการย่อยได้ปรากฏของกรดอะมิโนทุกตัวต่ำกว่าไก่กระทงที่ทำให้สลบ ยกเว้นอาร์จินีน และกรดกลูตามิค Siriwan *et al.* (1993 : 940) กล่าวว่าความยากของวิธีการหาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโน ณ บริเวณ ileum คือจำเป็นต้องปรับ endogenous secretion ของกรดอะมิโน เบปไทด์ และโปรตีนที่เข้าไปในลำไส้เล็ก เพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

endogenous amino acid ในตำแหน่ง ileum นี้นอกจากจะมีเอนไซม์ เซลล์ที่หลุดลอก และเมือกที่หลุดลอกแล้ว ยังรวมถึงวัตถุจากทางเดินอาหารส่วนล่างที่ถูกขยอกกลับคืนสู่ ileum ด้วย จึงจะได้ค่าที่ถูกต้องของค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโน และ Papadopoulos (1985 : 66) กล่าวว่า แม้วิธีการนี้มีข้อดีบางประการ แต่ก็มีปัญหาเกี่ยวกับการต่อต้าน cannula รูปตัวที การเคลื่อนที่ของอาหารทดสอบผ่าน cannula จึงควรเลือกใช้ marker ที่เหมาะสม และต้องหาค่า endogenous amino acid ด้วย

อย่างไรก็ตาม Batterham (1992 : 4) กล่าวว่าการหาค่าการย่อยได้มีความไวต่อความผันแปรของการวิเคราะห์กรดอะมิโนในวัตถุดิบแหล่งโปรตีนที่ศึกษาน้อยกว่าเมื่อใช้วิธีศึกษาการเจริญ เติบโตของสัตว์ ซึ่งจะเกิดกับการหาค่าการย่อยได้ที่มีการวิเคราะห์หากรดอะมิโนที่ย่อยไม่ได้ และมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับสัดส่วนทั้งหมด ดังนั้นหากความแปรผันของการวิเคราะห์กรดอะมิโน เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลต่อค่าการย่อยได้สุดท้ายเพียง 1 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ในขณะที่ ที่ระดับความแปรผันของการวิเคราะห์กรดอะมิโนเดียวกันนี้ มีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของวิธีการศึกษาการเจริญเติบโตสูงถึง 10 เปอร์เซ็นต์

2.7 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน

2.7.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์

ความแตกต่างในส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 10) รายงานว่าในปลาป่นนั้นความแตกต่างกันของชนิดของปลา ส่วนประกอบของปลาเช่น ส่วนหัว ตา หรือใช้ปลาทั้งตัว จะทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารในปลาป่นแปรปรวนได้ นอกจากนี้ กากถั่วเหลืองที่มีส่วนประกอบต่างกัน หรือชนิดต่างกัน เช่นกากถั่วเหลืองไทย และจีน ก็ให้ผลการย่อยได้ของกรดอะมิโนแตกต่างกันได้ และ Ravindran and Blair (1993 : 221) กล่าวว่า ปลาป่นที่ผลิตจากปลาต่างชนิดกัน และกระบวนการผลิตต่างกัน จะมีผลให้ส่วนประกอบของปลาป่นที่ได้แตกต่างกัน

2.7.2 สารต่อต้านทางโภชนะ

สารต่อต้านทางโภชนะที่พบในวัตถุดิบอาหารสัตว์ มีผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณอาหารที่กิน สารต่อต้านโภชนะมักพบในวัตถุดิบจากพืช โดยจะไปมีผลลดการย่อยได้ของโปรตีนและการดูดซึมของกรดอะมิโนลง ตัวอย่างเช่น anti-trypsin และ anti-chymotrypsin ที่พบในเมล็ดถั่วและในกากถั่วเหลือง อุทัย คันโธ (2532 : 20-21) รายงานว่าสารพิษและสารขัดขวางโภชนะที่พบในพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบเลี้ยงสัตว์ มีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งสูตรโครงสร้างและลักษณะทางเคมี รวมทั้งผลในเชิงชีววิทยาของสารเหล่านี้ได้มีการศึกษากันมาก ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบ่งสารพิษและสารขัดขวางโภชนะที่พบในวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ 3 ประเภท ดังนี้คือ

ประเภทที่ 1 สารที่ยับยั้งหรือขัดขวางการย่อยและการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีน ประกอบด้วยสารต่างๆ ดังนี้

ก. สารยับยั้งน้ำย่อยโปรตีน (protein inhibitors)

ข. ฮีมแอกกลูตินิน หรือ แลคติน (Haemaglutinins or lectins)

ค. ซาโปนิน (saponins)

ง. สารพวกโพลีฟีนอลลิค (polyphenolic compounds)

จ. ไมโมซิน (mimosine)

ประเภทที่ 2 สารที่ขัดขวางการละลายตัว หรือการใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุในอาหาร ประกอบด้วยสารต่างๆดังนี้คือ

ก. กรดไฟติค (phytic acid)

ข. กรดออกซาลิค (oxalic acid)

ค. กลูโคซิโนเลต (glucosinolate)

ง. กอสสิปอล (gossypol)

ประเภทที่ 3 สารขัดขวางการใช้ประโยชน์ได้ของไวตามินในอาหาร

ก. สารขัดขวางไวตามิน เอ ดี อี และเค

ข. สารขัดขวางไทอามิน กรดนิโคตินิค ไพริดิกซิน และไซยาโนโคบาลามิน

สารเหล่านี้เมื่อร่างกายสัตว์ได้รับเข้าไปจะถูกทำจัดหรือทำลายโดยตับ แต่ถ้าได้รับในระดับที่มากเกินกว่าตับจะกำจัดได้ ก็จะส่งผลกระทบต่อระบบการทำงานของร่างกาย จะทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตลดลง หรือประสิทธิภาพการใช้อาหารเลวลง หรืออาจทำให้สัตว์ตายได้ หากได้รับในปริมาณที่สูงมาก หรือได้รับเป็นระยะเวลานาน สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 10) กล่าวว่าในกากถั่วเหลืองมีสารยับยั้งทริปซิน ซึ่งมีผลในการยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน แต่หากมีกรรมวิธีการผลิตที่ดีจะมีคุณค่าทางโภชนะสูง เนื่องจากมีการลดปริมาณสารยับยั้งทริปซินได้ Ravindran and Blair (1992 : 225) รายงานว่าในวัตถุดิบจากพืชมีสารต่อต้านโภชนะตัวอื่นๆ ได้แก่ สารประกอบโพลีฟีนอล เช่น ข้าวฟ่าง เมล็ดถั่ว และเมล็ดพืชน้ำมัน (oil seed) บางชนิด โดยสารประกอบโพลีฟีนอลจะอยู่ที่เปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) ที่ไม่มีหรือมี cotyledon น้อย และการกระเทาะเปลือกสามารถทำให้ระดับของโพลีฟีนอลลดลงได้มาก โดยสารแทนนินเป็นสารประกอบโพลีฟีนอลที่สำคัญ ซึ่งมีผลทำให้การย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนลดลง โดยไปยับยั้งเอนไซม์ทริปซินและไคโมทริปซิน และหรืออาจไปทำให้โปรตีนไม่ละลาย นอกจากนี้ยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (alpha amylase) และไลเปส (lipase) ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sebastian *et al.* (1998 : 27) รายงานว่ากรดไฟติคหรือไฟเตท มักพบเป็นสารประกอบอินทรีย์ในพืช ซึ่งเมื่อรวมตัวกับโปรตีน เป็นสารประกอบเชิงซ้อน ทำให้ลดการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนลง โดยจะไปลดปฏิกิริยาของเบปซิน ทริปซิน และอัลฟาอะไมเลส การย่อยสลายไฟเตทในทางเดินอาหารของสัตว์ปีก อาจทำได้โดยทำให้เอนไซม์ไฟเทสจาก 1 หรือ 4 แหล่งต่อไปนี้ทำงานได้ นั่นคือ แหล่งที่ 1 เอนไซม์ไฟเทสในของเหลวที่หลั่งจากระบบทางเดินอาหาร แหล่งที่ 2 เอนไซม์ไฟเทสที่เกิดจากจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ แหล่งที่ 3 เอนไซม์ไฟเทสที่อยู่ภายในวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิด (endogenous phytase) หรือ แหล่งที่ 4 เอนไซม์ไฟเทสที่ผลิตโดย จุลินทรีย์ภายนอกร่างกาย exogenous micro-organism ซึ่ง Yi *et al.* (1996 : 985) ศึกษาผลของเอนไซม์ไฟเทสต่อการย่อยได้ของไนโตรเจน และการย่อยได้ของกรดอะมิโน และการกักเก็บไนโตรเจนของไก่งวงที่ให้กินข้าวโพดและกากถั่วเหลือง พบผลของไฟเทสต่อการย่อยได้ที่แท้จริงของไนโตรเจนและกรดอะมิโนที่จำเป็น ดังนี้คือ 1) การเพิ่มเอนไซม์ไฟเทส มีผลเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้แท้จริงที่ลำไส้เล็กส่วนท้ายของกรดอะมิโนที่จำเป็น ($p<0.001$ ถึง 0.01) 2) การลดระดับโปรตีนลงมีผลต่อการเพิ่มการย่อยได้แท้จริงที่ลำไส้เล็กส่วนท้ายของกรดอะมิโนที่จำเป็น ($p<0.001$ ถึง 0.10) และ 3)การลดระดับของ non-phytate phosphorus มีผลเพิ่มการย่อยได้ที่แท้จริงที่ลำไส้เล็กส่วนท้ายของกรดอะมิโนที่จำเป็น ($p<0.01$ ถึง 0.05) ยกเว้น ซิสเตอีน และเมไทโอนีน

2.7.3 ปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโน (Amino acid interaction)

ปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนจะทำให้เกิดการใช้ประโยชน์ไม่ได้ (unavailability) ของกรดอะมิโน ซึ่งอาจแยกได้เป็นหลายสาเหตุ เช่น การขาดกรดอะมิโน (amino acid deficiency) ความไม่สมดุลของกรดอะมิโน (amino acid imbalance) การแก่งแย่งกันของกรดอะมิโน (amino acid antagonism) และการเป็นพิษของกรดอะมิโน (amino acid toxicity) และในรายงานของ D'Mello (1988 : 93) เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนไลซีนและอาร์จินีน พบว่าเมื่อให้อาหารที่ขาดอาร์จินีนแต่มีไลซีนเกินพอ ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของไก่ลดลง นั่นคือการใช้ประโยชน์ได้ของอาร์จินีนบกพร่องเมื่อมีไลซีนมากเกินไป และในปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโน ลิวซีน แวลีน และไอโซลิวซีน D'Mello and Lewis (1970 : 95) ได้ทดลองในไก่กระทงพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของลิวซีน จะทำให้ความต้องการวาลีนของไก่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในปฏิกิริยาการแก่งแย่งกันของกรดอะมิโนลิวซีนและไอโซลิวซีน ก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน และเมื่อศึกษากรดอะมิโนลิวซีน แวลีน และไอโซลิวซีนพร้อมกัน พบว่าไอโซลิวซีนมีผลต่อเมแทบอลิซึมและความต้องการของวาลีนและลิวซีน

2.7.4 ระดับเยื่อใยในอาหาร

Janssen and Carre (1985 : 80-81) ได้ศึกษาอิทธิพลของเยื่อใยต่อการย่อยได้ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารสัตว์ปีก พบว่าเยื่อใยมีผลกระทบ 2 ลักษณะคือ ผลเชิงบวกคือ ถ้าสามารถย่อยเยื่อใยได้จะไปเสริมหรือเพิ่มคุณค่าของอาหารได้ และผลเชิงลบคือ จะมีผลเพิ่มการขับออกของ endogenous amino acid เจือจางโภชนาอื่นลง และยังเป็นตัวขวางกั้นเอนไซม์ในระบบการย่อยอาหารในการแทรกซึมเข้าสู่โมเลกุลของอาหารสัตว์ ดังแสดงในตารางที่ 2.6 จะเห็นว่ากากเมล็ดฝ้ายในกลุ่มที่มีเยื่อใยต่ำ โปรตีนสูง (วัตถุดิบตัวอย่างที่ 1-5) จะมีค่าการย่อยได้ของโปรตีนที่สูงกว่าในกลุ่มที่มีเยื่อใยสูง โปรตีนต่ำ (วัตถุดิบตัวอย่างที่ 6-9)

Zuprizal *et al.* (1991 : 258-259) รายงานว่าการกะเทาะเมล็ดเรป ทำให้โปรตีน เพิ่มขึ้น เนื่องจากเยื่อใยลดลง ส่งผลให้การย่อยได้แท้จริงของกรดอะมิโนของเมล็ดเรปกะเทาะเปลือกสูงกว่าเมล็ดเรปทั้งผล

2.7.5 กระบวนการผลิต

ผลเสียจากกระบวนการผลิตส่วนใหญ่ คือการให้ความร้อนหรือความดันที่มากเกินไป มักพบมากในวัตถุดิบโปรตีนจากสัตว์ ดังการทดลองของ Wang and Parsons (1998 : 834) ซึ่งศึกษาผลของกระบวนการผลิตและอุณหภูมิของกระบวนการผลิต ต่อการย่อยได้ของกรดอะมิโนใน

ตารางที่ 2.6 ปริมาณเยื่อใย โปรตีน ไขมัน ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ และการย่อยได้ของโปรตีนในกากเมล็ดฝ้าย

ลำดับที่ของตัวอย่างวัตถุดิบ	ส่วนประกอบทางเคมี (%วัตถุแห้ง)				การย่อยได้ของโปรตีน (%)
	เยื่อใย	โปรตีน	ไขมัน	NFE	
1	12.0	41.3	6.3	33.6	62.0
2	14.3	44.3	0.8	33.1	66.7
3	16.6	44.7	1.6	30.0	70.7
4	17.1	40.8	1.6	34.1	70.8
5	18.4	44.1	1.3	30.0	69.9
6	24.6	26.2	7.6	36.3	59.6
7	25.2	27.6	7.3	34.3	59.9
8	25.9	27.0	7.1	35.0	59.4
9	26.2	26.3	6.5	35.8	55.9

ที่มา : ดัดแปลงจาก Janssen and Carre (1985 : 82)

เนื้อและกระดูกป่น พบว่าค่าของการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโน โดยเฉพาะไลซีนและซิสทีนมีความผันแปรอยู่ในช่วง 68-92 เปอร์เซ็นต์ และ 20-71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าที่อุณหภูมิสูง ค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโนต่ำกว่าที่อุณหภูมิของกระบวนการผลิตต่ำ และ สุวิทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธีรพันธุวัฒน์ (2532 :10) รายงานว่าวิธีการทำปลาป่น การแยกไขมัน การให้ความร้อนในการทำให้แห้งที่สูงเกินไป จะทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารในปลาป่นลดลง Ravindran and Blair (1992 : 207) รายงานว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (มากกว่า 140 องศาเซลเซียส) ในกระบวนการอัดน้ำมันในเมล็ดพืช น้ำมันโดยใช้แรงกล จะทำให้เกิดความเสียหายกับโปรตีน นั่นคือเกิดการทำลายกรดอะมิโนและทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนลดต่ำลง เช่นเมื่อมีความร้อนเพิ่มมากเกินไปในกระบวนการผลิต จะมีผลทำให้กรดอะมิโนไลซีนและซีสทีนลดการใช้ประโยชน์ได้ลง โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มมากกว่า 135 องศาเซลเซียส การใช้ประโยชน์ได้ของไลซีนจะลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ อาร์จินีน ทรีโอนีน ลิวซีน และทริบโทแฟน Parsons *et al.* (1992 : 137-138) รายงานว่าการย่อยได้แท้จริงของไลซีนในกากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกที่ผ่านการอบ (autoclaving) ลดลงเมื่อเวลาที่ใช้ในการผลิตเพิ่มขึ้น และเกิดขึ้นกับกรดอะมิโนอีกหลายตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ซิสทีน ฮิสทีดีน และกรดแอสปาติค คาดว่าเกิดจากการเกิดปฏิกิริยา Maillard กับกรดอะมิโนในขณะอบในระบบแรก จะเกิดสารประกอบอะมาดอรี (amadori rearrangement compounds) นั่นคือเมื่อกรดอะมิโนได้รับความร้อน จะเกิดการจับตัวเป็นสารประกอบใหม่ ซึ่งมักเป็นการรวมกันของคาร์โบไฮเดรตกับกรดอะมิโน และเมื่อย่อยสลายสารประกอบอะมาดอรีด้วยกรดในขั้นตอนการวิเคราะห์กรดอะมิโนนั้น กรดอะมิโนที่จับกันเป็นสารประกอบอะมาดอรีจะถูกปลดปล่อยออกมา จึงสามารถตรวจสอบด้วยวิธีโครมาโตกราฟีชนิดแลกเปลี่ยนไอออน (ion-exchange chromatography) ซึ่งสารประกอบอะมาดอรีนี้สามารถดูดซึมได้ในลำไส้เล็ก แต่สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์โปรตีนไม่ได้ และมักถูกขับออกมาในปัสสาวะ โดยไม่เปลี่ยนรูป

2.8 วัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน

2.8.1 ปลาป่น(fish meal)

Cheeke (1999 : 109–110)รายงานว่าปลาป่นที่ดีจะมีโปรตีนที่สมบูรณ์ (balanced protein) ทำให้ราคาแพง และจำเป็นในอาหารสัตว์ปีกและสัตว์อายุน้อย ซึ่งต้องการโปรตีนในปริมาณสูงและคุณภาพดี ปลาที่ใช้ทำปลาป่นจะได้มาจากการจับปลาเพื่อทำปลาป่นโดยเฉพาะหรือได้จากผลพลอยได้จากปลาที่เป็นอาหารของมนุษย์ โดยปลาป่นที่ได้จากเนื้อปลาเฮอริ่ง (hearing meal) จะมาจากประเทศแคนาดา สหรัฐอเมริกา ไอซ์แลนด์ และนอร์เวย์ ปลาป่นที่ได้จากเมนฮาเดน (menhaden meal) จะมาจากมลรัฐของสหรัฐอเมริกาที่อยู่รอบอ่าวเม็กซิโก และริมฝั่งมหาสมุทรแอทแลนติค ปลาป่นที่ได้จากเนื้อปลาแอนโชวี่ (anchovy meal) จะมาจากประเทศเปรู ชิลี และเอกวาดอร์ และปลาป่นที่ได้จากเนื้อปลาพิลชาร์ด (pilchard meal) จะมาจากแถบแอฟริกาใต้ ในกระบวนการผลิตปลาป่นจะสกัดน้ำมันออกเพื่อป้องกันการหืน เพราะน้ำมันปลาอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวและยังได้ราคาสูงอีกด้วย ส่วนเนื้อปลาอุดมไปด้วยเอมีน ซึ่งทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดกลิ่นคาวปลา(fishy) จึงไม่ควรใช้ปลาป่นเลี้ยงหมูและไก่ในช่วงก่อนส่งโรงฆ่า เพราะจะทำให้เกิดกลิ่นคาวปลาในเนื้อสัตว์ เช่นในกรณีไก่ไข่ หากได้รับปลาป่นที่มีกลิ่นคาวปลา อาจทำให้ไข่ไก่มีกลิ่นคาวปลาได้ ปลาป่นยังเป็นแหล่งของน้ำมันปลา หรือโอเมก้า-3 เมื่อนำไปใช้ในอาหารสัตว์ปีกทำให้เพิ่มโอเมก้า-3 ในเนื้อไก่ได้ พันทิพา พงษ์เพียจันทร์ (2539 : 251) รายงานว่าปลาป่นในต่างประเทศจะผลิตโดยอาศัยไอน้ำร้อนหรือลมร้อน มีโปรตีนรวมประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 : 30-31) รายงานว่า ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของปลาป่นมีความผันแปรมาก แต่การย่อยได้ของกรดอะมิโนค่อนข้องคงที่ ดังตารางที่ 2.7 แสดงส่วนประกอบทางเคมี และส่วนประกอบของกรดอะมิโนของปลาป่นจากงานวิจัยต่างๆ ส่วนตารางที่ 2.8 แสดงค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของปลาป่นจากงานวิจัยต่างๆ

Ravindran and Blair (1993 : 220-221) รายงานว่าปลาป่นที่ผลิตในประเทศแถบภูมิภาค เอเชีย มีโปรตีนประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และ 50 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพไม่ดี เนื่องจากขาดการเอาใจใส่ในการควบคุมคุณภาพของปลาสด กระบวนการผลิต และการเก็บรักษา และบางครั้งพบว่าปลาป่นเน่า มีการปลอมปน หรือมีเกลือในปริมาณมาก (ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งทำให้สัตว์ท้องเสียได้ โดยควรให้มีเกลือในอาหารประมาณไม่มากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ แต่กฎหมายอาจให้มีได้ถึง 7 เปอร์เซ็นต์ (FAO. 1986) และหากปลาป่นมีสีดำมาก มักเกิดจากการให้ความร้อนในกระบวนการผลิตสูงเกินไป ทำให้คุณภาพของโปรตีนต่ำลงด้วย (FAO. 1986) จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ และคณะ (2539 :4-5) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของปลาป่นไทย พบว่าปลาป่นที่ผลิตได้ในจังหวัดสงขลา มีระดับโปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้น อยู่ในช่วง 43.8-62.4 6.4-20.4 17.2-37.7 และ 3.7-13.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปลาป่นที่ผลิตได้ในจังหวัดปัตตานี มีค่าอยู่ในช่วง 47.4-68.8 3.9-14.9 14.3-38.4 และ 3.5-10.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สาเหตุที่ทำให้ระดับโปรตีน และเถ้าของปลาป่นจากจังหวัดสงขลา และปัตตานีมีความแตกต่างกัน เนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาใช้แตกต่างกัน โดยปลาป่นในจังหวัดปัตตานี ผลิตจากปลาหลังเขียว ปลาทูแขก ปลาทูและปลาโอ ซึ่งล้วนมีลักษณะระดับโปรตีนสูงกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ (อยู่ในช่วง 60-68 เปอร์เซ็นต์) และมีปริมาณเถ้าต่ำ (อยู่ในช่วง 14-20 เปอร์เซ็นต์) ส่วนปลาในจังหวัดสงขลา ส่วนมากผลิตจากปลาเป็ดและเศษปลาที่เหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ จึงทำให้ปริมาณเถ้าสูง และมีระดับโปรตีนต่ำกว่า และยังมีช่วงความแตกต่างที่กว้างอีกด้วย

สำหรับการปลอมปนนั้น อุทัย คันโธ (2529 : 86) รายงานว่า เนื่องจากปลาป่นเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีโปรตีนสูงและราคาแพง ดังนั้นผู้ผลิต และผู้ค้าปลาป่นมักจะปลอมปนปลาป่นด้วยวัสดุอย่างอื่นที่มีราคาถูกกว่า แต่มีคุณค่าทางอาหารต่ำหรือไม่มีเลย เช่น ทรายละเอียด เปลือกหอย ยูเรีย ขนไก่ป่น เปลือกปู เนื้อป่น หรือเนื้อและกระดูกป่น และเศษหนังสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงส่วนประกอบทางเคมี และกรดอะมิโนของปลาป่นจากงานวิจัยต่างๆ

ส่วนประกอบทางเคมี	ไทย[1/]	ญี่ปุ่น[1/]	เกรดนอก[2/]	เกรด 1[2/]	เกรด 2[2/]	เกรด 3[2/]	[3/]	[4/]	[5/]	[5/]
วัตถุแห้ง	NR	NR	NR	NR	NR	NR	92.0	NR	92.0	92.0
โปรตีน	58.9	65.2	67.5	66.4	60.2	54.6	60.1	62.0	59.0	65.5
ไขมัน	8.14	9.53	NR	NR	NR	NR	9.40	10.00	9.00	10.00
เยื่อใย	0.26	0.15	NR	NR	NR	NR	0.70	1.00	NR	NR
เถ้า	25.40	13.20	NR	NR	NR	NR	NR	20.00	21.00	15.50
กรดอะมิโน										
แอสฟาติค	4.25	6.21	4.92	5.62	4.89	4.62	NR	NR	NR	NR
ทรีโอนีน	2.10	2.75	2.56	2.56	2.34	2.26	2.46	3.70	2.42	2.71
ซีรีน	2.02	2.62	2.49	2.53	2.27	2.18	2.37	NR	2.34	2.46
กลูตามิค	8.74	8.16	8.00	8.49	7.71	7.11	NR	NR	NR	NR
โปรลีน	2.53	2.69	3.33	3.30	3.17	2.51	NR	NR	NR	NR
ไกลซีน	4.38	4.18	4.42	4.45	4.16	3.63	4.46	6.20	4.11	4.26
อะลานีน	3.65	4.16	3.76	4.20	3.87	3.44	NR	NR	NR	NR
ซิสทีน	0.61	0.72	NR	NR	NR	NR	0.66	NR	0.54	0.57
แวลีน	2.48	3.40	2.23	2.33	2.28	2.28	2.77	5.50	2.88	3.43
เมไทโอนีน	1.52	1.70	1.68	1.85	1.57	1.58	1.63	2.90	1.51	1.82
ไอโซลิวซีน	2.09	2.71	1.85	1.96	1.84	1.82	2.28	4.50	2.60	3.04
ลิวซีน	3.76	4.07	4.41	4.40	4.05	3.68	4.16	8.00	4.23	4.82
ไทโรซีน	NR	NR	2.14	2.14	2.00	1.63	1.80	3.00	1.82	2.11
ฟีนิลอะลานีน	2.11	2.13	2.08	2.23	1.93	1.61	2.21	3.60	2.21	2.67
ฮีสทิดีน	NR	NR	1.93	1.99	1.47	1.43	1.42	2.30	1.30	1.68
ไลซีน	3.99	4.64	4.36	4.65	4.17	3.76	4.51	7.70	4.49	5.05
อาร์จินีน	3.18	3.44	4.85	4.89	4.64	4.46	3.68	5.20	3.47	3.82

NR ไม่ได้รายงาน

ที่มา : 1/ สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 7) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

2/ ศุภมาส ตันติภาสวศิน และคณะ (2536 : 182) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

3/ NRC (1994 :62-68) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

4/ Ravindran and Blair (1993 : 221) (กรัม/16 กรัมไนโตรเจน)

5/ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 :31)(%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 แสดงค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโนของปลาป่น จากงานวิจัยต่างๆ

	ไทย[1/]	ญี่ปุ่น[1/]	[2/]	[3/]
โปรตีนรวม	90.08	91.64	NR	88
กรดอะมิโน				
กรดแอสปาติค	87.53	90.54	NR	NR
ทรีโอนีน	94.97	99.55	89	84
ซีรีน	92.44	96.19	NR	79
กรดกลูตามิค	95.83	94.18	NR	NR
โปรลีน	93.02	97.21	NR	NR
ไกลซีน	91.40	93.11	NR	77
อะลานีน	94.19	93.69	NR	NR
ซิสทีน	92.31	89.66	73	79
แวลีน	93.84	94.49	91	81
เมไทโอนีน	96.12	91.37	92	90
ไอโซลิวซีน	94.38	91.71	92	85
ลิวซีน	94.06	92.33	92	88
ไทโรซีน	NR	NR	NR	85
ฟีนิลอะลานีน	95.53	94.71	91	86
ฮีสทิดีน	NR	NR	89	79
ไลซีน	95.58	94.07	89	85
อาร์จินีน	94.07	94.91	92	86

NR ไม่ได้รายงาน

ที่มา : 1/ สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 7) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้) ใช้ไก่ผ่าตัดทำทวารเทียม ควบคุมการให้อาหารเป็นเวลา 5 วัน ได้รับอาหารวันละ 50 กรัม และ เก็บมูล วันที่ 3-5 ปรับ endogenous amino acid โดยใช้อาหารปราศจากโปรตีน

2/ NRC (1994 : 74) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้) ใช้ไก่ตัดไส้ติ่ง บังคับกิน โดยได้รับอาหาร 30-50 กรัม และเก็บมูล 48 ชั่วโมง ปรับendogenous amino acid โดยการใช้อาหารปราศจากไนโตรเจน

3/ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 : 31) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้) ใช้ไก่ตัดไส้ติ่ง บังคับกิน 50 กรัม และเก็บมูล 48 ชั่วโมง ปรับ endogenous amino acid ในสิ่งขับถ่าย โดยการใช้อาหารปราศจากโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 กากถั่วเหลือง(soy bean meal)

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์ (2539 : 260) รายงานว่ากากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืชที่เป็นผลิตผลพลอยได้จากการอัดหรือการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดถั่วเหลือง มีกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายตัว แต่มีซิสทีนและเมไทโอนีนในระดับต่ำ โดยเฉพาะเมไทโอนีนมีน้อยมาก จึงถูกจัดเป็นกรดอะมิโนที่จำกัดเป็นอันดับแรก (first limitting amino acid) ของกากถั่วเหลือง ศรีสกุล วรจันทรา (2528 : 130) รายงานว่าหากกระบวนการผลิตไม่ได้มาตรฐาน อาจทำให้ได้กากถั่วเหลืองสุกหรือดิบเกินไป ทำให้คุณภาพต่ำลง ถ้ากากถั่วเหลืองยังดิบก็จะยังคงมี trypsin inhibitor เหลืออยู่ ทำให้สัตว์ไม่สามารถย่อยโปรตีนได้ ทั้งๆที่กรดอะมิโนและโปรตีนก็ยังมีปริมาณและคุณภาพเหมือนเดิม ถ้าสุกเกินไปถึงแม้จะช่วยทำลาย trypsin inhibitor แต่มีผลให้กรดอะมิโนไลซีนถูกทำลายลงด้วยเช่นกัน Cheeke (1999 : 88) รายงานว่า การให้ความร้อนกับถั่วเหลืองหรือกากถั่วเหลืองต้องเป็นไปอย่างเหมาะสม เพื่อยับยั้งสารพิษ และไม่ให้ความร้อนมากเกินไปจนทำให้โปรตีนถูกทำลาย โดยความร้อนที่มากเกินไปนั้น ทำให้ไลซีนเกิดปฏิกิริยา Maillard หรือ browning reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่กรดอะมิโนอิสระทำปฏิกิริยากับน้ำตาล ได้ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลที่ย่อยไม่ได้ และการทดสอบเพื่อประเมินระดับความร้อนที่ให้กับกากถั่วเหลืองนั้น วิธีที่นิยมมากที่สุดคือ การทดสอบค่ายูรีเอส (urease index) ซึ่งเป็นการตรวจหา activity ของเอนไซม์ยูรีเอสที่เปลี่ยนยูเรียเป็นแอมโมเนีย พบในถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง และเป็นเอนไซม์ที่ไม่มีผลเชิงขัดขวางการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และจะถูกทำลายได้ด้วยความร้อนเช่นเดียวกับสารยับยั้งทริปซิน ดังนั้นหากพบ activity ของยูรีเอสมีสูง ปริมาณของสารยับยั้งทริปซินก็ควรอยู่สูงตามไปด้วย ตรงกันข้ามหาก activity ของยูรีเอสน้อย ปริมาณของสารยับยั้งทริปซินก็ควรมีต่ำด้วย และกากถั่วเหลืองยังเป็นวัตถุดิบที่อุดมไปด้วยกรดไฟติค ซึ่งเป็นสาเหตุให้มีการลดการใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสและสังกะสี (Zn) จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องพิจารณาในการใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหาร แต่อย่างไรก็ตาม ประโยชน์อย่างหนึ่งของสารยับยั้งทริปซิน คือป้องกันแมลงเข้าทำลายเมล็ดถั่วเหลือง โดยไปยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการย่อยอาหารที่แมลงหลั่งออกมา

Ravindran and Blair (1992 : 205) รายงานว่าการใช้ประโยชน์ของกากถั่วเหลืองเพื่อเป็นอาหารสัตว์ในเอเชียต่ำ เนื่องมาจากเหตุผลหลัก 2 ประการ เหตุผลแรกคือทุกประเทศในเขตเอเชีย มักใช้ถั่วเหลืองเป็นอาหารมนุษย์ และเหตุผลที่ 2 คือ ผลผลิตของกากถั่วเหลืองในเขตร้อนชื้นเช่นในเอเชียมักจะต่ำ เนื่องมาจากขาดสภาวะที่เหมาะกับการเพาะปลูก และการดูแลบำรุงรักษายังมีมาตรฐานต่ำ แต่ Aherne and Kennelly (1982 cited by Ravindran and Blair. 1992 : 205) รายงานว่า การใช้ประโยชน์ของกรดอะมิโนในกากถั่วเหลืองก็ยังคงสูงกว่าวัตถุดิบที่ได้จากเมล็ดพืชน้ำมันตัวอื่นๆ โดยในตารางที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบทางเคมี และส่วนประกอบของกรดอะมิโนของกากถั่วเหลืองจากงานวิจัยต่างๆ ส่วนค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกากถั่วเหลืองจากงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจัยต่างๆนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 2.10 Esmail (1998 : 22) กล่าวว่าการใช้กากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์เป็นสัดส่วนที่มากเกินไป อาจทำให้เกิดปัญหาการขับมูลออก เพราะมูลเป็นก้อนแข็งอุดตันอยู่ที่ช่องทวารหนัก เป็นสาเหตุให้ไตทำงานได้ไม่เต็มที่ มีผลให้ยูเรทถูกดูดกลับคืน และขัดขวางการขับออกของปัสสาวะ

ส่วนการปลอมปนที่สามารถตรวจพบได้นั้น ธีรยุทธ เวชรัชต์พิมล (2523 : 23) รายงานว่าอาจใช้สารที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนะ เช่น ดิน ทราย เพื่อเพิ่มน้ำหนัก หรืออาจมีการใส่ยูเรียเพื่อเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในกากถั่วเหลือง

ตารางที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบทางเคมี และกรดอะมิโนของกากถั่วเหลืองจากงานวิจัยต่างๆ

ส่วนประกอบทางเคมี	ไทย[1/]	จีน[1/]	ไทย[1/]	อินเดีย[2/]	บราซิล[2/]	[3/]	[3/]	[4/]	[5/]	[5/]
วัตถุแห้ง	NR	NR	NR	NR	NR	90.0	89.0	NR	90.0	90.0
โปรตีน	46.3	44.3	46.4	45.9	46.2	47.5	44.0	45.0	43.5	46.0
ไขมัน	2.66	2.20	NR	NR	NR	1.00	0.80	2.00	1.50	1.50
เยื่อใย	4.74	4.28	NR	NR	NR	3.90	7.00	5.00	7.50	5.00
เถ้า	7.53	6.24	NR	NR	NR	NR	NR	6.00	6.00	6.00
กรดอะมิโน										
แอสฟาติค	4.92	4.69	4.89	4.15	4.67	NR	NR	NR	NR	NR
ทรีโอนีน	1.88	1.81	1.78	1.79	1.70	1.87	1.72	4.00	1.72	1.82
ซีรีน	2.42	2.35	2.42	2.49	2.40	2.48	2.29	NR	2.25	2.40
กลูตามิค	8.70	8.53	8.28	7.99	8.12	NR	NR	NR	NR	NR
โปรลีน	2.38	2.30	2.89	2.77	2.43	NR	NR	NR	NR	NR
ไกลซีน	2.13	2.02	1.94	1.97	2.00	2.05	1.90	4.50	1.86	1.93
อะลานีน	2.14	2.04	0.97	1.99	1.96	NR	NR	NR	NR	NR
ซีสทีน	0.83	0.79	NR	NR	NR	0.72	0.66	NR	0.63	0.67
แวลีน	2.43	2.29	1.77	1.71	1.77	2.22	2.07	5.20	2.19	2.36
เมไทโอนีน	0.67	0.65	0.92	0.85	0.81	0.67	0.62	1.40	0.60	0.63
ไอโซลิวซีน	2.27	1.12	1.60	1.82	1.53	2.12	1.96	5.60	2.13	2.28
ลิวซีน	3.80	3.65	3.52	3.58	3.37	3.74	3.39	8.20	3.40	3.55
ไทโรซีน	NR	NR	1.67	1.65	1.72	1.95	1.91	4.20	1.62	1.71
พีนิลอะลานีน	2.19	2.07	2.13	2.31	2.19	2.34	2.16	4.90	2.22	2.36
ฮีสทิดีน	NR	NR	1.38	1.45	1.49	1.28	1.17	2.90	1.17	1.23
ไลซีน	2.78	2.763	2.64	2.87	2.46	2.96	2.69	6.80	2.74	2.89
อาร์จินีน	3.15	0.04	3.52	3.31	3.37	3.48	3.14	8.30	3.28	3.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

NR ไม่ได้รายงาน

ที่มา : 1/ สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 7) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

2/ ศุภมาส ตันติภาสวศิน และคณะ (2536 : 182) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

3/ NRC (1994 :62-68) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

4/ Ravindran and Blair (1993 : 221) (กรัม/16 กรัมไนโตรเจน)

5/ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 :31)(%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

ตารางที่ 2.10 แสดงค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโนของกากถั่วเหลืองจากงานวิจัยต่างๆ

	ไทย[1/]	จีน[1/]	2/	3/	3/
โปรตีนรวม	86.63	86.38	NR	87	90
กรดอะมิโน					
กรดแอสปาติค	86.01	85.44	NR	NR	NR
ทรีโอนีน	96.48	82.95	88	83	87
ซีรีน	93.77	90.07	NR	84	90
กรดกลูตามิค	90.46	91.02	NR	NR	NR
โปรลีน	90.08	88.77	NR	NR	NR
ไกลซีน	83.19	83.47	NR	80	86
อะลานีน	85.46	85.31	NR	NR	NR
ซิสทีน	92.05	91.58	82	79	84
แวลีน	88.76	86.55	91	83	88
เมไทโอนีน	91.55	92.31	92	89	91
ไอโซลิวซีน	90.46	84.33	93	88	90
ลิวซีน	89.83	88.58	92	87	90
ไทโรซีน	NR	NR	NR	88	92
ฟีนิลอะลานีน	94.83	93.55	92	88	91
ฮีสทิดีน	NR	NR	88	89	91
ไลซีน	92.20	90.94	91	87	89
อาร์จินีน	93.41	96.71	92	91	94

NR ไม่ได้รายงาน

ที่มา : 1/ สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 7) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้) ใช้ไก่ผ่าตัดทำทวารเทียม ควบคุมการให้อาหารเป็นเวลา 5 วัน ได้รับอาหารวันละ 50 กรัม และ เก็บมูล วันที่ 3-5 ปรับ endogenous amino acid โดยใช้อาหารปราศจากโปรตีน

2/ NRC (1994 : 74) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้) ใช้ไก่ตัดไส้ติ่ง บังคับกิน โดยได้รับอาหาร 30-50 กรัม และเก็บมูล 48 ชั่วโมง ปรับendogenous amino acid โดยการใช้อาหารปราศจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 (ต่อ)

ไนโตรเจน

3/ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 : 31) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้) ใช้ไก่ตัดไส้ติ่งบังคับกิน 50 กรัม และเก็บมูล 48 ชั่วโมง ปรับ endogenous amino acid ในสิ่งขับถ่าย โดยการใช้อาหารปราศจากโปรตีน

2.8.3 กากถั่วลิสง(peanut meal)

กากถั่วลิสงเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช ที่ได้จากการอัดหรือสกัดน้ำมันจากเมล็ด จะให้โปรตีนเฉลี่ยประมาณ 43-47 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพของโปรตีนต่ำ เพราะมีระดับกรดอะมิโนไลซีน เมไทโอนีน และทริบโทเฟนต่ำ แต่มีอาร์จินีนสูง ทำให้กรดอะมิโนไม่ค่อยสมดุล ทำให้สัตว์ไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร และเนื่องจากเปลือกบางๆหุ้มเมล็ดซึ่งมีสีแดงจะมีสาร goitrogen และสารที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนอยู่ด้วย และส่วนของ germ จะมีสารพิษซาโปนินอยู่บ้างเล็กน้อย (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2539 : 273) และ Ravindran and Blair (1992 : 210) รายงานว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองแล้ว กากถั่วลิสงเป็นแหล่งโปรตีนที่มีกรดอะมิโนจำเป็นไม่สมดุล โดยเฉพาะอย่างยิ่งไลซีน ซึ่งเนื่องมาจากการมีสารแทนนินที่ผิวของเมล็ด ทำให้การย่อยได้ของโปรตีนมีแนวโน้มต่ำลง และทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนต่ำลงด้วย โดยในตารางที่ 2.11 แสดงส่วนประกอบทางเคมี ส่วนประกอบของกรดอะมิโน และค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโนของกากถั่วลิสงจากงานวิจัยต่างๆ

อุทัย คันโธ (2529:77) รายงานว่าปัญหาใหญ่อีกประการของการใช้กากถั่วลิสงเป็นอาหารสัตว์ ได้แก่ เชื้อราและสารพิษอะฟลาทอกซิน ที่มักมีปะปนมากับถั่วลิสงตลอดเวลา ซึ่งมีผลเสียต่อสัตว์คือ ทำให้การเจริญเติบโตจะหยุดชะงัก อัตราแลกเนื้อเลวลง หากได้รับในปริมาณมากเกินไปจะตายได้ สำหรับการปลอมปนที่พบ ศรีสกุล วรจันทรา (2538 : 61) รายงานว่ามีการปลอมปนด้วย ดิน ทราย เนื่องจากฝักถั่วลิสงฝังอยู่ในดิน และมีการปนด้วยกากเมล็ดพืชอื่นๆ เช่น กากเมล็ดนุ่น กากเมล็ดฝ้าย ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ดูลักษณะเปลือกและเนื้อในที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 แสดงส่วนประกอบทางเคมี ส่วนประกอบของกรดอะมิโน และค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกากถั่วลิสงจากงานวิจัยต่างๆ

	ส่วนประกอบทางเคมี					การย่อยได้แท้จริง		
	1/จีน	2/	3/	4/	5/	6/	7/	8/
วัตถุแห้ง	NR	90.0	NR	NR	90.0	NR	NR	NR
โปรตีน	44.4	42.0	40.2	44.0	50.0	NR	NR	NR
ไขมัน	1.78	7.30	7.69	7.00	1.50	NR	NR	NR
เยื่อใย	3.19	12.00	4.72	13.00	10.00	NR	NR	NR
เถ้า	5.20	NR	5.35	6.00	5.50	NR	NR	NR
กรดอะมิโน								
แอสฟาติค	5.30	NR	13.10	NR	NR	90.77	NR	NR
ทรีโอนีน	1.23	1.01	3.33	2.80	1.28	74.64	84.40	85
ซีรีน	2.21	1.83	4.78	NR	2.25	84.74	88.70	85
กลูตามิค	8.74	NR	22.70	NR	NR	90.13	NR	NR
โปรลีน	1.87	NR	4.68	NR	NR	83.81	NR	NR
ไกลซีน	2.53	2.18	6.15	6.00	2.75	79.65	81.50	72
อะลานีน	1.84	NR	4.06	NR	NR	82.61	NR	NR
ซีสทีน	0.70	NR	NR	NR	0.65	78.48	NR	74
แวลีน	1.84	1.53	4.38	5.30	2.07	84.54	89.40	89
เมไทโอนีน	0.50	0.45	1.09	1.10	0.50	83.93	88.10	87
ไอโซลิวซีน	1.49	1.27	3.76	3.80	1.73	86.90	89.90	90
ลิวซีน	2.96	2.42	7.42	6.50	2.98	83.18	90.20	91
ไทโรซีน	NR	1.47	5.08	3.90	1.75	NR	92.90	93
ฟีนิลอะลานีน	1.99	1.97	4.90	5.20	2.44	93.30	91.50	92
ฮีสทิดีน	NR	0.87	3.04	2.40	1.16	NR	86.90	84
ไลซีน	1.49	1.26	3.83	3.60	1.70	80.95	80.80	77
อาร์จินีน	5.11	4.35	12.30	11.00	5.68	94.43	94.20	93

NR ไม่ได้รายงาน

ที่มา : 1/ สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 7) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

2/ NRC (1994 :62-68) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

3/ Onwudike (1986 : 183) (กรัม/16 กรัมไนโตรเจน)

4/ Ravindran and Blair (1992 : 208) (กรัม/16 กรัมไนโตรเจน)

5/ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 :29) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

6/ สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 7) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้) ใช้ไก่ผ่าตัดทำทวารเทียม ควบคุมการให้อาหารเป็นเวลา 5 วัน ได้รับอาหารวันละ 50 กรัม และ เก็บมูล วันที่ 3-5 ปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 (ต่อ)

endogenous amino acid โดยใช้อาหารปราศจากโปรตีน

7/ NRC (1994 : 74) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้) ใช้ไก่ตัดไส้ติ่ง บังคับกิน โดยได้รับอาหาร 30-50 กรัม และเก็บมูล 48 ชั่วโมง ปรับendogenous amino acid โดยการใช้อาหารปราศจากไนโตรเจน

8/ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 : 31) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้) ใช้ไก่ตัดไส้ติ่ง บังคับกิน 50 กรัม และเก็บมูล 48 ชั่วโมง ปรับ endogenous amino acid ในสิ่งขับถ่ายโดยการใช้อาหารปราศจากโปรตีน

2.8.4 กากเมล็ดฝ้าย(cotton seed meal)

กากเมล็ดฝ้ายเป็นผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสกัด หรืออัดน้ำมันเมล็ดฝ้าย คุณภาพของกากเมล็ดฝ้ายจึงขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต คือกากเมล็ดฝ้ายที่ผลิตจากเมล็ดฝ้ายที่มีเส้นใยติดอยู่ที่เปลือกจะมีโปรตีนต่ำกว่า และมีเยื่อใยสูงกว่ากากเมล็ดฝ้ายที่เอาเส้นใยออกเกือบหมด หรือกากเมล็ดฝ้ายชนิดกระเทาะเปลือก (ศรีสกุล วรจันทรา. 2538 : 63) นอกจากนี้เมล็ดฝ้ายดิบยังมีต่อมสี ซึ่งมีกอสสิปอล (gossypol) อยู่ ถ้าสามารถทำให้ผนังของต่อมสีแตกออกในระหว่างกระบวนการสกัดน้ำมันโดยความร้อน มีผลให้กอสสิปอลอิสระเปลี่ยนไปเป็น bound gossypol ซึ่งไม่สามารถดูดซึมผ่านผนังลำไส้ได้ เป็นการลดพิษต่อสัตว์ ในขณะเดียวกัน ความร้อนที่ใช้จะมีผลให้การใช้ประโยชน์ได้ของไลซีนลดลงด้วย กากเมล็ดฝ้ายจะมีโปรตีนอยู่ระหว่าง 36.0-42.5 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายจะมีกรดอะมิโนซิสทีน เมไทโอนีน ไลซีน และทรีโอนีนต่ำ แคลเซี่ยมต่ำ แต่มีไวตามินบี 1 และไวตามินอีสูง ทั้งนี้ขึ้นกับไขมันที่เหลืออยู่ (ศรีสกุล วรจันทรา, 2528 : 136) สอดคล้องกับ Ravindran and Blair (1992 : 209) ซึ่งรายงานว่ากากเมล็ดฝ้ายจะมีโปรตีนต่ำ และมีเยื่อใยสูงกว่ากากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นผลให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ต่ำ และยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายตัวต่ำกว่ากากถั่วเหลือง โดยเฉพาะไลซีน ซึ่งมีค่าการใช้ประโยชน์ได้ในสัตว์ปีกต่ำอีกด้วย สำหรับกอสสิปอลที่มีในกากเมล็ดฝ้าย ถ้าอยู่ในรูป bound gossypol ไม่เป็นพิษกับสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่ในรูปของกอสสิปอลอิสระจะเป็นพิษ โดยมีผลไปยับยั้งเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยอาหารและลดความน่ากินลง ในสัตว์ปีกจะทนต่อพิษของกอสสิปอลได้ดีกว่าในสุกรและกระต่าย โดยในตารางที่ 2.12 แสดงส่วนประกอบทางเคมี ส่วนประกอบของกรดอะมิโน และค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโนของกากเมล็ดฝ้ายจากงานวิจัยต่างๆ

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ (2539 : 53) รายงานว่าการปลอมปนที่พบอาจปลอมปนด้วยเมล็ดนุ่น เพราะราคาถูกกว่าและลักษณะภายนอกคล้ายเมล็ดฝ้ายมาก Cheeke (1999 : 90-93) รายงานว่าปัจจุบันมีการพัฒนาเมล็ดฝ้ายเป็นชนิดที่ไม่มีต่อมสี แต่การผลิตเพื่อการค้ายังไม่แพร่หลายนัก เนื่องจากต้องป้องกันศัตรูพืชที่เพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อนำกากเมล็ดฝ้ายที่ได้จากเมล็ดฝ้ายที่ไม่มีต่อมสีไปทดลองเลี้ยงสัตว์กระเพาะเดียว ให้ผลที่ดีกว่ากากเมล็ดฝ้ายที่มีต่อมสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะคุณค่าทางโภชนะของกากเมล็ดฝ้ายไม่มีต่อมสีสูงกว่าชนิดมีต่อมสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งให้ผลการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนสูงกว่าด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 2.12 แสดงส่วนประกอบทางเคมี ส่วนประกอบของกรดอะมิโน และค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกากเมล็ดฝ้ายจากงานวิจัยต่างๆ

	ส่วนประกอบทางเคมี					การย่อยได้แท้จริง	
	อัดน้ำมัน[1/]	สกัดน้ำมัน 41%โปรตีน[1/]	สกัดน้ำมัน 44%โปรตีน[1/]	[2/]	[3/]	[4/]	[5/]
วัตถุแห้ง	93.0	90.0	91.0	NR	90.0	NR	NR
โปรตีน	40.9	41.4	44.7	38.0	40.0	NR	NR
ไขมัน	3.90	0.50	1.60	6.00	1.50	NR	NR
เยื่อใย	12.00	13.60	11.10	14.00	13.50	NR	NR
เถ้า	NR	NR	NR	6.00	6.50	NR	NR
กรดอะมิโน							
แอสฟาติค	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
ทรีโอนีน	1.30	1.34	1.32	3.20	1.28	71	67
ซีรีน	1.68	1.78	1.74	NR	1.68	NR	67
กลูตามิค	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
โปรลีน	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
ไกลซีน	1.69	1.69	1.70	4.10	2.60	NR	64
อะลานีน	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
ซีสทีน	0.59	0.62	0.62	NR	0.64	73	52
แวลีน	1.84	1.82	1.88	4.60	1.88	78	72
เมไทโอนีน	0.55	0.51	0.52	1.30	0.60	73	78
ไอโซลิวซีน	1.31	1.33	1.33	3.20	1.36	75	69
ลิวซีน	2.23	2.41	2.43	5.80	2.28	77	72
ไทโรซีน	1.09	1.14	1.13	2.50	1.08	NR	75
ฟีนิลอะลานีน	2.20	0.23	0.22	5.60	1.92	86	82
ฮีสทิดีน	1.07	1.10	1.10	2.80	1.08	69	79
ไลซีน	1.59	1.76	1.71	4.20	1.52	67	60
อาร์จินีน	4.35	4.66	4.59	11.10	4.12	87	86

NR ไม่ได้รายงาน

ที่มา : 1/ NRC (1994 :62-68) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

2/ Ravindran and Blair (1993 : 221) (กรัม/16 กรัมไนโตรเจน)

3/ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 :31)(%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 (ต่อ)

4/ NRC (1994 : 74) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้) ใช้ไก่ตัดไส้ติ่ง บังคับกิน โดยได้รับอาหาร 30-51 กรัม และเก็บมูล 48 ชั่วโมง ปรับendogenous amino acid โดยการใช้อาหารปราศจากไนโตรเจน

5/ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 : 31) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้) ใช้ไก่ตัดไส้ติ่ง บังคับกิน 50 กรัม และเก็บมูล 48 ชั่วโมง ปรับ endogenous amino acid ในสิ่งขับถ่ายโดยการใช้อาหารปราศจากโปรตีน

2.8.5 กากปาล์มน้ำมัน

กากปาล์มน้ำมันเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงของการทำอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ซึ่งมีหลายชนิด ดังแสดงส่วนประกอบทางเคมีในตารางที่ 2.13 ส่วนประกอบของกรดอะมิโน และค่าการย่อยได้แสดงในตารางที่ 2.14

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์ (2539 : 274-277) รายงานว่าขั้นตอนการทำน้ำมันปาล์มจะได้ผลิตภัณฑ์ออกมาหลายชนิดดังนี้

1. น้ำมันปาล์ม (Palm oil) โดยทั่วไปน้ำมันปาล์ม ได้มาจาก 2 ส่วนคือ จากเปลือกผลปาล์ม เรียกว่า น้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil) และจากเมล็ดในปาล์ม (crude palm kernel oil) (อมรวรรณ มาสำราญ และจิตรา สว่างศรี. 2537 : 37)

2. กากปาล์มกะเทาะเปลือก หรือกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Palm kernel cake หรือ Palm kernel meal) เป็นส่วนของกากที่มีแต่เนื้อใน ไม่มีเปลือก กะลา หรือส่วนทะลายติดอยู่ มีประมาณ 2.95 เปอร์เซ็นต์ของปาล์มทั้งผล ใช้เป็นแหล่งโปรตีนได้ทั้งในสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์เคี้ยวเอื้อง แต่เนื่องจากมีเยื่อใยสูงจึงใช้ในสัตว์เคี้ยงเอื้องได้ดีกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว Ravindran and Blair (1992 : 212) รายงานว่ากากปาล์มเป็นโปรตีนที่ขาดไลซีน แต่มีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์คือเมไทโอนีน และซิสทีนเป็นองค์ประกอบอยู่สูง และเมื่อเทียบกับกากมะพร้าว กากปาล์มจะเป็นแหล่งกรดอะมิโนที่จำเป็นได้ดีกว่า แต่การใช้ประโยชน์ได้เมื่อเทียบกับกากถั่วเหลืองจะต่ำกว่ามาก

3. กากตะกอนปาล์ม (Palm oil mill effluent หรือ Sludge) เป็นของเหลวที่เป็นส่วนของตะกอนภายหลังการแยกเอาน้ำมันปาล์มออกแล้ว มีโปรตีนอยู่ช่วง 10.2-13.9 เปอร์เซ็นต์ ไขมันอยู่ช่วง 11.3-24.0 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยอยู่ช่วง 11.1-37.2 เปอร์เซ็นต์

4. กากใยปาล์ม (Palm press fiber และ Palm empty fruit bunch) เป็นส่วนของเยื่อใยที่เหลือจากการเอาเนื้อในออกแล้ว นำมาอัดน้ำมันออก จึงมีเยื่อใยสูงและโปรตีนค่อนข้างต่ำ

5. กากเมล็ดปาล์ม(Oil palm seed meal) คือกากที่ได้จากการเอาเฉพาะเมล็ดปาล์มทั้งเมล็ดมาบีบน้ำมันออก กากจึงมีทั้งกะลาและเนื้อในรวมอยู่ด้วยกัน (ไม่มีส่วนของเปลือกที่หุ้มเมล็ด ซึ่งจะเป็นเยื่อใย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กากปาล์มทั้งผล (Palm oil meal) เป็นกากที่ได้จากการสกัดน้ำมันจากผลปาล์มทั้งผล จึงประกอบด้วยส่วนของเปลือกชั้นนอกสุด ซึ่งเป็นเส้นใย ส่วนของกะลา และส่วนของเนื้อในที่ปราศจากน้ำมัน เยื่อใยจึงสูงมาก ไม่เหมาะใช้เลี้ยงสัตว์กระเพาะเดี่ยว

ตารางที่ 2.13 ส่วนประกอบทางเคมีของกากจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม

	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เยื่อใย (%)	เถ้า (%)	แคลเซียม (%)	ฟอสฟอรัส (%)
กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม							
1/	10.00	18.50	1.50	14.30	3.60	0.26	0.40
2/	9.70	14.50	0.70	14.20	3.60	0.26	0.71
3/	10.91	17.60	14.32	15.69	3.02	0.30	0.60
กากตะกอนปาล์ม							
4/	6.90	12.10	24.10	15.20	29.30	0.28	0.18
5/	8.50	13.60	16.50	16.70	23.10	NR	NR
กากใยปาล์ม							
6/	NR	4.20	7.70	56.30	3.30	0.31	0.13
กากเมล็ดปาล์ม							
7/	NR	12.00	11.00	29.00	3.00	0.19	0.43
	9.67	10.16	10.22	21.14	4.25	0.25	0.32
	6.75	8.96	15.85	22.25	4.13	NR	NR
กากปาล์มทั้งผล							
8/	12.82	7.08	6.91	30.51	4.55	NR	NR
9/	14.54	6.63	8.60	38.00	4.61	0.25	0.26

NR ไม่ได้รายงาน

ที่มา : 1/ อุทัย คันโธ (2529)

2/ Yeong (1982 อ้างโดย ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. 2529 : 11)

3/ Webb *et al.* (1976 อ้างโดย ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. 2529 : 11)

4/ Yeong *et al.*(1980 อ้างโดย ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. 2529 : 14)

5/ Kaun *et al.* (1982 อ้างโดย ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. 2529 : 15)

6/ Muthurajah and Devendra (1975 อ้างโดย ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. 2529 : 8)

7/ พันทิพา พงษ์เพียจันทร์ (2539 : 274-277)

8/ กรมปศุสัตว์ (2524)

9/ ฐานันดร์ ศรีวิสุทธิ์ (2530)

10/ สมพงษ์ เทศประสิทธิ์ (2526)

11/ เสาวนิต คูประเสริฐ และคณะ (2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.14 แสดงส่วนประกอบทางเคมี ส่วนประกอบของกรดอะมิโน และค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกากปาล์มน้ำมันจากงานวิจัยต่างๆ

	ส่วนประกอบทางเคมี				การย่อยได้แท้จริง
	1/	2/	3/	4/	5/
วัตถุแห้ง	NR	NR	NR	90.0	NR
โปรตีน	14.3	19.2	20.0	16.0	NR
ไขมัน	10.00	7.94	8.00	1.50	NR
เยื่อใย	17.90	11.20	15.00	15.00	NR
เถ้า	3.74	5.12	5.00	4.00	NR
กรดอะมิโน					
แอสฟาติค	1.08	8.95	NR	NR	89.42
ทรีโอนีน	0.40	3.54	3.50	0.50	90.26
ซีรีน	0.46	4.82	NR	0.72	89.27
กลูตามิค	2.50	20.90	NR	NR	92.73
โปรลีน	0.46	3.24	NR	NR	88.70
ไกลซีน	0.62	4.81	4.80	0.71	87.87
อะลานีน	0.56	3.96	NR	NR	82.87
ซีสทีน	0.19	NR	NR	0.31	78.08
แวลีน	0.69	4.57	5.70	0.83	88.35
เมไทโอนีน	0.25	1.69	2.00	0.26	91.67
ไอโซลิวซีน	0.44	3.25	3.20	0.58	84.62
ลิวซีน	0.84	6.24	6.00	0.99	83.28
ไทโรซีน	NR	2.96	1.60	0.39	NR
ฟีนิลอะลานีน	0.48	3.88	3.90	0.60	87.03
ฮีสทิดีน	NR	2.18	2.30	0.27	NR
ไลซีน	0.40	3.56	3.60	0.57	72.08
อาร์จินีน	1.45	13.80	13.50	2.20	93.19

NR ไม่ได้รายงาน

ที่มา : 1/ สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 7) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

2/ Onwudike (1986 : 183) (กรัม/16 กรัมไนโตรเจน)

3/ Ravindran and Blair (1992 : 208) (กรัม/16 กรัมไนโตรเจน)

4/ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 :29)(%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้)

5/ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 : 31) (%ของน้ำหนักสดสภาพที่สัตว์กินได้) ใช้ไก่ตัดไส้ติ่ง บังคับกิน 50 กรัม และเก็บมูล 48 ชั่วโมงปรับ endogenous amino acid ในสิ่งขับถ่าย โดยการใช้อาหารปราศจากโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Onwudike (1986 : 179) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มแทนกากถั่วลิสงเป็นอาหารสัตว์ปีก โดยเมื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบของกรดอะมิโนและการใช้ประโยชน์ได้ของสัตว์ปีก พบว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายตัวมากกว่ากากถั่วลิสง ขณะที่การใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนโดยของกากถั่วลิสง (91.1%)สูงกว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์ม(83.3%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) โดยการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มเกือบทุกตัว ยกเว้น แวลีน ไกลซีน และโปรลีน มีค่ามากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่ามีการใช้ประโยชน์ได้สูง ส่วนในกรณีการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มแทนกากถั่วลิสงในอาหารสัตว์ปีกนั้น พบว่าหากต้องการให้สามารถทดแทนกันได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องผสมร่วมกับวัตถุดิบแหล่งโปรตีนอื่น เพื่อเพิ่มระดับของกรดอะมิโนที่ขาดในอาหารเลี้ยงสัตว์

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ (2539 : 48) รายงานว่าปัญหาที่มักพบของกากปาล์มคือ มีส่วนของกะลาติดปนมามาก ทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำลง ขณะที่ปริมาณเยื่อใยสูงขึ้นมาก การย่อยได้ต่ำ มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและผลผลิตของสัตว์ต่ำลงได้ และจากการที่กากเมล็ดปาล์มมีไขมันเหลืออยู่อีกมาก ทำให้ไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน จะทำให้มีกลิ่นหืนและมีโอกาสติดเชื้อราได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาส่วนประกอบทางเคมี ในวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน 5 ชนิด เพื่อจำแนกชั้นคุณภาพตามส่วนประกอบทางเคมี โดยการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารสัตว์ขั้นต้น

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน ได้แก่ ปลาป่น 23 ตัวอย่าง กากถั่วเหลือง 16 ตัวอย่าง กากถั่วลิสง 15 ตัวอย่าง กากเมล็ดฝ้าย 8 ตัวอย่าง และกากปาล์มน้ำมัน 14 ตัวอย่าง
2. เครื่องบดอาหารแบบใช้แรงหมุนเหวี่ยงจากศูนย์กลาง (ultra centrifugal mill)
3. เครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคแบบวิเคราะห์(electronic analytical balance)
4. โหลดูดความชื้น (desiccator)
5. อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์โภชนะแบบ proximate analysis
6. ครกหินพร้อมสากบดตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์
7. ตะแกรงร่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว พร้อมฐานรองรับอาหารที่ร่อนแล้ว ขนาดตะแกรง 10 20 30 และ 40 เมช (mesh)
8. กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ 10-40 เท่า (stereo microscope)
9. กล้องถ่ายภาพกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์
10. อุปกรณ์และสารเคมีในการตรวจสอบทางกายภาพและการปลอมปน

วิธีการ

1. **การเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์**

เก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีนจาก โรงงานผลิต ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ร้านค้า และหน่วยงานราชการต่างๆ โดยเก็บปลาป่น 23 ตัวอย่าง กากถั่วเหลือง 16 ตัวอย่าง กากถั่วลิสง 15 ตัวอย่าง กากเมล็ดฝ้าย 8 ตัวอย่าง และกากปาล์มน้ำมัน 14 ตัวอย่าง

วิธีการเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์เพื่อตรวจสอบ โดยการนำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีนที่เก็บได้จากจุดต่างๆ ในแหล่งผลิตเดียวกันมารวมกัน ลดขนาดของตัวอย่างลงให้เหลือเพียงพอสำหรับเก็บไว้ตรวจสอบหรือวิเคราะห์ ประมาณ 200-300 กรัม เก็บตัวอย่างในขวดแก้ว 2 ขวด ขวดที่ 1 ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาส่วนประกอบทางเคมี และบดด้วยเครื่องบดอาหารแบบใช้แรงหมุนเหวี่ยงจากศูนย์กลาง โดยใช้ตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร และขวดที่ 2 ใช้สำหรับเก็บตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบทางกายภาพและตรวจสอบการปลอมปน โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขวดทั้งสองใบ จะปิดฉลากรายละเอียดต่างๆของตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้นๆ และเก็บรักษาตัวอย่างวัตถุดิบไว้ในตู้เย็น เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2. **การวิเคราะห์คุณค่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ทางเคมี** นำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ มาวิเคราะห์ความชื้น (moisture or water) หัวข้อที่ 4.1.03 เถ้า (ash or mineral matter) หัวข้อที่ 4.1.10 โปรตีนหยาบ (crude protein) หัวข้อที่ 4.2.09 ไขมัน (ether extract or crude fat) หัวข้อที่ 4.5.01 เยื่อใย (crude fiber) หัวข้อที่ 4.6.01 แคลเซียม (calcium) หัวข้อที่ 4.8.03 และฟอสฟอรัส (phosphorus) หัวข้อที่ 4.8.14 ที่แนะนำโดย AOAC (1995)

3. **การตรวจสอบทางกายภาพและการปลอมปนในวัตถุดิบอาหารสัตว์**

โดยตรวจสอบด้วยประสาทสัมผัส กล้องจุลทรรศน์ (AOAC.1995 หัวข้อที่4.9.01) และตรวจสอบด้วยสารเคมีอย่างง่าย ได้แก่ การใช้เทคนิคการลอยตัว (AOAC.1995 หัวข้อที่ 4.9.03) การทดสอบการปลอมปนขนไก่ปนในปลาป่นด้วยวิธีคัลเลอริเมตรี(AOAC.1995หัวข้อที่ 4.9.03) การทดสอบยูเรียในปลาป่น (สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2539 : 78-80) และการทดสอบความสุก-ดิบของกากถั่วเหลือง (สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2539 : 109 -112) เพื่อประกอบในการพิจารณาแบ่งชั้นคุณภาพ และคัดเลือกวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่จะใช้เป็นตัวแทนในการนำไปทดสอบต่อไป เป็นการป้องกันการปลอมปนที่จะมีผลต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์

4. **การบันทึกข้อมูลและการคำนวณผล**

4.1 บันทึกส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยการหาค่าเฉลี่ยระหว่างซ้ำ

4.2 บันทึกลักษณะทางกายภาพ การปลอมปน น้ำหนักส่วนลอยและส่วนจมจากการใช้เทคนิคการลอยตัว เปอร์เซ็นต์การปลอมปนขนไก่ปนในปลาป่น เปอร์เซ็นต์การปลอมปนยูเรียในปลาป่น และระดับความสุก-ดิบของกากถั่วเหลือง

5. **การจัดแบ่งชั้นคุณภาพของวัตถุดิบ**

วิเคราะห์คุณภาพและจัดแบ่งวัตถุดิบแต่ละชนิดตามชั้นคุณภาพ ออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ โดย

ปลาป่น แบ่งตามมาตรฐานของอาหารสัตว์ประเภทวัตถุดิบ ตามอัตราส่วนของโปรตีน ไขมัน เยื่อใย ความชื้น และเถ้า ดังที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (กรมปศุสัตว์. 2540 : 145) ดังนี้คือ

		ชั้นคุณภาพที่ 1	ชั้นคุณภาพที่ 2	ชั้นคุณภาพที่ 3
โปรตีน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ	60	55	50
กาก	ไม่มากกว่าร้อยละ	2	2	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		ชั้นคุณภาพที่ 1	ชั้นคุณภาพที่ 2	ชั้นคุณภาพที่ 3
ความชื้น	ไม่มากกว่าร้อยละ	10	10	10
เถ้า	ไม่มากกว่าร้อยละ	26	28	30

ในกรณีที่แม้มีโภชนะอื่นชนิดใดชนิดหนึ่งหรือมากกว่า ไม่ได้มาตรฐานในชั้นคุณภาพสูง ก็จะจัดเป็นชั้นคุณภาพต่ำลงมาตามมาตรฐานของโภชนะชนิดนั้นๆ

กากถั่วเหลือง จากมาตรฐานที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (กรมปศุสัตว์. 2540 : 144) กำหนดให้คุณภาพของกากถั่วเหลืองที่มีมาตรฐาน ควรมี

โปรตีน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ	42
ไขมัน	ไม่มากกว่าร้อยละ	7
กาก	ไม่มากกว่าร้อยละ	8
ความชื้น	ไม่มากกว่าร้อยละ	13
เถ้า	ไม่มากกว่าร้อยละ	8

ดังนั้น จึงจัดแบ่งชั้นคุณภาพของกากถั่วเหลืองตามมาตรฐานของกรมปศุสัตว์ ร่วมกับระดับโปรตีนที่วิเคราะห์ได้ ดังนี้คือ ชั้นคุณภาพที่ 1 ได้มาตรฐานและมีระดับโปรตีนสูง (ไม่น้อยกว่าร้อยละ 45) ชั้นคุณภาพที่ 2 ได้มาตรฐานและมีระดับโปรตีนปานกลาง (ไม่น้อยกว่าร้อยละ 42) และชั้นคุณภาพที่ 3 ไม่ได้มาตรฐาน มีระดับโปรตีนต่ำ (ไม่มากกว่าร้อยละ 42) และหรือมีโภชนะอื่นๆชนิดใดชนิดหนึ่งไม่ได้มาตรฐาน

กากถั่วลิสง จากมาตรฐานที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (กรมปศุสัตว์. 2540 : 145) กำหนดให้คุณภาพของกากถั่วลิสงที่มีมาตรฐาน ควรมี

โปรตีน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ	42
ไขมัน	ไม่มากกว่าร้อยละ	10
กาก	ไม่มากกว่าร้อยละ	8
ความชื้น	ไม่มากกว่าร้อยละ	12
เถ้า	ไม่มากกว่าร้อยละ	13

ดังนั้น จึงจัดแบ่งชั้นคุณภาพของกากถั่วลิสงตามมาตรฐานของกรมปศุสัตว์ และตามระดับโปรตีนที่วิเคราะห์ได้ ดังนี้คือ ชั้นคุณภาพที่ 1 ได้มาตรฐานมีระดับโปรตีนสูง (ไม่น้อยกว่าร้อยละ 45) ชั้นคุณภาพที่ 2 ไม่ได้มาตรฐาน เพราะมีเยื่อใยสูง แต่มีระดับโปรตีนปานกลาง (ไม่น้อยกว่าร้อยละ 42) และชั้นคุณภาพที่ 3 ไม่ได้มาตรฐาน เพราะมีระดับโปรตีนต่ำ (ไม่มากกว่าร้อยละ 42) และเยื่อใยสูงกว่ามาตรฐาน

กากเมล็ดฝ้าย และกากปาล์มน้ำมัน ยังไม่มีมาตรฐานที่กำหนดจากกรมปศุสัตว์ ดังนั้นในการทดลองนี้ จะจัดแบ่งกลุ่มตามแนวโน้มของระดับโปรตีนจากการวิเคราะห์คุณค่าอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นต้น โดยแบ่งเป็น ชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 มีระดับโปรตีนสูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ ดังนี้คือ

กากเมล็ดฝ้าย ชั้นคุณภาพที่ 1 ระดับโปรตีนสูง มีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 38 ชั้นคุณภาพที่ 2 ระดับโปรตีนปานกลาง มีโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 36-38 และชั้นคุณภาพที่ 3 ระดับโปรตีนต่ำ มีโปรตีนไม่มากกว่าร้อยละ 36

กากปาล์มน้ำมัน ชั้นคุณภาพที่ 1 ระดับโปรตีนสูง มีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 12 ชั้นคุณภาพที่ 2 ระดับโปรตีนปานกลาง มีโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 7-12 และชั้นคุณภาพที่ 3 ระดับโปรตีนต่ำ มีโปรตีนไม่มากกว่าร้อยละ 7

6. **การวิเคราะห์ข้อมูล**

นำข้อมูลค่าเฉลี่ยส่วนประกอบทางเคมี มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการหาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของวัตถุดิบแต่ละชนิด และของแต่ละชั้นคุณภาพของวัตถุดิบแต่ละชนิด

การทดลองที่2 ศึกษาการย่อยได้ของกรดอะมิโนในวัตถุดิบแหล่งโปรตีน โดยวิธีทดสอบในตัวสัตว์ และวิธีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์

1. ไก่เพศผู้โตเต็มวัยซึ่งได้รับการผ่าตัดไส้ติ่งออกแล้ว เมื่ออายุ 8 สัปดาห์ ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจาก Payne *et al.* (1971)
2. กรงทดลองพร้อมภาชนะให้อาหารและน้ำ
3. ถาดสำหรับรองรับสิ่งขับถ่ายและถาดขนาดเล็กสำหรับนำเข้าตู้อบ
4. เครื่องอัดเม็ดอาหาร
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบตัวเลข
6. ตู้อบอาหารและมูลสัตว์
7. อุปกรณ์ เครื่องมือในการวิเคราะห์หาค่าการย่อยได้โดยเบปซิน ได้แก่

7.1 อุปกรณ์สกัดไขมันอย่างง่าย

7.2 shaking water bath

7.3 water bath

7.4 อุปกรณ์เครื่องกรองแบบสูญญากาศ

7.5 glass filter fiber ขนาด pore 2

7.6 สารเคมีต่างๆ ได้แก่ ไดคลอโรมีเทน สารละลายเบปซิน 0.2 % (activity 1:10,000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน 0.075 นอร์มอล ของกรดไฮโดรคลอริก

8. อุปกรณ์ เครื่องมือในการวิเคราะห์กรดอะมิโน ได้แก่

8.1 เครื่องมือแยกและวิเคราะห์สาร (high performance liquid chromatoghraphy, HPLC) แบบ 4-solvent gradient รุ่น ConstaMetric 4100 Bio ยี่ห้อ LDC Analytical

8.2 เครื่องตรวจวัด fluoromonitor รุ่น 4100

8.3 เครื่อง protein hydrolysis kit

8.4 สารเคมี fluoraldehyde O-phthaldehyde (OPA) reagent solution

8.5 สารผสมของกรดอะมิโนมาตรฐาน (standard mixture) (Sigma Chemical Co., USA.)

8.6 อุปกรณ์ระเหยสารเคมีด้วยก๊าซไนโตรเจน

8.7 คอลัมน์เดี่ยวชนิด high speed AA511(Pierce. 1991) ขนาด 0.46x12 เซนติเมตร บรรจุด้วย sulfonated polystyrene divinylbenzene copolymer

8.8 เครื่องควบคุมความร้อนของคอลัมน์ (eldex column heater)

8.9 guard column GC 511

วิธีการ

1. เลือกวัตถุดิบอาหารสัตว์จากการแบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพในการทดลองที่ 1 มาชั้นคุณภาพละ 1 ตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการทดสอบ โดยใช้การตรวจสอบทางกายภาพและการปลอมปนประกอบการพิจารณาคัดเลือก เพื่อหลีกเลี่ยงวัตถุดิบที่มีการปลอมปน

2. การทดสอบค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยใช้สัตว์ทดสอบ ใช้วิธีการที่ดัดแปลงจาก Rhone Poulenc Animal Nutrition (1989) โดยในแต่ละชั้นคุณภาพของวัตถุดิบใช้สัตว์ทดสอบ 2 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำใช้ไก่ตัดไส้ติ่งแล้ว ซ้ำละ 4 ตัว

3. การทดสอบค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในห้องปฏิบัติการ แต่ละชั้นคุณภาพของวัตถุดิบ แบ่งออกเป็น 2 ซ้ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าการย่อยได้โดยเบปซิน ด้วยวิธีการกรอง (AOAC. 1995 หัวข้อที่ 4.4.04)

วิธีที่ 1 การทดสอบค่าการย่อยได้ในตัวสัตว์

1.1 อาหารทดสอบ

อาหารทดสอบแต่ละสูตร ประกอบด้วยวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ต้องการทดสอบผสมร่วมกับแป้งข้าวโพด และไวตามิน-แร่ธาตุ 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยคำนวณให้อาหารมีโปรตีนใกล้เคียงกัน คือประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นในกากปาล์มน้ำมัน ผสมร่วมกับไวตามิน-แร่ธาตุ 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์เท่านั้น เนื่องจากมีระดับของโปรตีนต่ำ ดังแสดงสูตรอาหารทดสอบในภาคผนวกตารางที่ 6.1

1.2 การเตรียมสัตว์ทดสอบและวิธีการทดสอบ

ไก่เพศผู้โตเต็มวัย ที่ได้รับการตัดไส้ติ่งแล้ว จะถูกฝึกให้กินอาหารให้ได้ 70-100 กรัม ภายใน 3 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก Farrell and Choice. 1985) เพื่อให้ไก่สามารถกินอาหารทดสอบได้ในปริมาณมากในระยะเวลาจำกัด

ก่อนการทดสอบ ต้องให้ไก่อดอาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีอาหารตกค้างอยู่ในทางเดินอาหาร เมื่อเริ่มการทดสอบ ไก่แต่ละตัวจะได้รับอาหารทดสอบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยจะชั่งอาหารให้ไก่ตัวละประมาณ 150 กรัม เพื่อให้กินได้ปริมาณมากเพียงพอ หลังจากนั้นครบ 3 ชั่วโมงแล้วจะนำอาหารทดสอบออก และบันทึกปริมาณอาหารที่กิน แล้วเริ่มให้ไก่อดอาหารต่อจนครบ 48 ชั่วโมง ในระหว่างนี้จะมีการเก็บมูล โดยวางถาดเก็บมูลใต้กรงทันที และเก็บรอบแรกเมื่อครบ 24 ชั่วโมง รอบที่ 2 เมื่อครบ 48 ชั่วโมง การเก็บมูลในแต่ละรอบจะเก็บสิ่งปนเปื้อน เช่น ขน ผิวแข้งที่หลุดลอก ออกจากมูลก่อน จากนั้นนำมูลที่ได้เข้าอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้สัมผัสความชื้น 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักมูลที่ได้เป็นรายตัว หลังจากนั้นจะนำมูลแห้งที่เก็บในแต่ละรอบของไก่ตัวเดียวกันมารวมกัน เพื่อรวมค่าน้ำหนักมูลที่ได้เป็นรายตัว แล้วจึงนำมูลแห้งของไก่ทั้ง 4 ตัวในแต่ละซ้ำมารวมกันอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นเก็บมูลทั้งหมดมาแช่แข็งไว้ในตู้เย็น เพื่อรอการวิเคราะห์กรดอะมิโนต่อไป

ในช่วงตั้งแต่ก่อนการทดสอบ และขณะทดสอบ ไก่ทุกตัว รวมทั้งไก่ที่อดอาหารจะได้รับกลูโคสละลายน้ำในปริมาณไม่น้อยกว่า 50 กรัมต่อตัวต่อวัน โดยการละลายกลูโคส 500 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เพื่อป้องกันการสลายกรดอะมิโน ไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน

เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบในแต่ละครั้ง ก่อนที่จะเริ่มการทดสอบครั้งต่อไป จะพักฟื้นไก่เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อปรับสภาวะร่างกายให้ปกติ โดยให้กินอาหารวันละ 3 ชั่วโมง และให้น้ำแบบเต็มที่

1.3 การทดสอบเพื่อหาค่า endogenous amino acid

การหาค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโน ต้องปรับค่าโดยหักค่ากรดอะมิโนที่ไม่ได้มาจากอาหารทดสอบ (endogenous amino acid) ออก โดยใช้สูตรอาหารปราศจากโปรตีน (protein free diet) ซึ่งประกอบด้วย แป้งข้าวโพด 49.75 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลเด็กโตรส (dextrose) 49.75 เปอร์เซ็นต์ และไวตามิน-แร่ธาตุ 0.5 เปอร์เซ็นต์

ใช้ไก่ตัดไส้ติ่งแล้ว 3 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ตัว ไก่แต่ละตัว จะได้รับอาหารสูตรปราศจากโปรตีน เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และกระทำเช่นเดียวกับไก่ที่ได้รับอาหารทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 การวิเคราะห์กรดอะมิโนในตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ และในมูล

นำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ ที่ได้จากการเลือกในแต่ละชั้นคุณภาพทั้งหมด 15 ตัวอย่าง มูลแห้งของไก่ที่ได้จากการกินอาหารทดสอบทั้งหมด 30 ตัวอย่าง และมูลแห้งของไก่ที่ได้จากกินอาหารสูตรปราศจากโปรตีน 3 ตัวอย่าง ไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น ได้แก่ ทรีโอนีน พีนิลอะลานีน เมไทโอนีน ลิวซีน ไลซีน แวลีน อาร์จินีน ไอโซลิวซีน และ ฮีสทิดีน กรดอะมิโนไม่จำเป็น ได้แก่ กรดกลูตามิค กรดแอสปาติค ไกลซีน ซีรีน ไทโรซีน และ อะลานีน ด้วยการนำตัวอย่างไปย่อยสลายในสูญญากาศด้วยกรดไฮโดรคลอริก 6 นอร์มอล ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วจึงฉีดเข้าเครื่องมือแยกและวิเคราะห์สาร (HPLC) และทำการ derivatization โดยใช้ fluoraldehyde O-phthaladehyde (OPA) ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนด้วยวิธี post column derivatization และใช้เครื่องตรวจวัดชนิด fluorescence และแสดงผลการวิเคราะห์เป็นโครมาโตแกรมที่ควบคุมโดยโปรแกรม Barspec's Data System (BDS)

นอกจากนี้ วิเคราะห์สารผสมของกรดอะมิโนมาตรฐาน (external standard mixture) ด้วยเครื่องมือแยกและวิเคราะห์สาร เช่นเดียวกับในตัวอย่างวัตถุดิบและมูล เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณของกรดอะมิโน

การคำนวณผลการวิเคราะห์หากรดอะมิโน โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ความเข้มข้นของกรดอะมิโน(\%)} = \frac{MW \times C \times D \times Ae \times 100}{As \times W}$$

เมื่อ MW = มวลโมเลกุลของกรดอะมิโนที่ต้องการทราบความเข้มข้น

C = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (2.5 µmole/ml)

D = ปริมาตรสารละลายที่ใช้ในการเจือจางตัวอย่าง

Ae = พื้นที่ใต้กราฟของสารละลายตัวอย่าง

As = พื้นที่ใต้กราฟของสารละลายมาตรฐาน

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

1.5 การบันทึกข้อมูลและการคำนวณผล

1) บันทึกความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนขณะทำการทดลอง

2) บันทึกปริมาณอาหารที่ให้สัตว์ทดสอบกินและปริมาณอาหารที่เหลือ เพื่อหาปริมาณอาหารที่สัตว์ทดสอบกิน

3) บันทึกน้ำหนักมูลแห้งของสัตว์ทดสอบเป็นรายตัว

4) นำข้อมูลของกรดอะมิโนที่วิเคราะห์ได้จาก ข้อ 1.4 มาคำนวณการย่อยได้ของวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยใช้สูตรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{การย่อยได้ปรากฏของกรดอะมิโน (\%)} = \frac{(AAi - AAe)}{AAi} \times 100$$

เมื่อ AAi = ปริมาณกรดอะมิโนที่ได้รับจากวัตถุดิบ

AAe = ปริมาณกรดอะมิโนในสิ่งขับถ่าย

$$\text{การย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโน (\%)} = \frac{(AAi - AAe + AAee)}{AAi} \times 100$$

เมื่อ AAi = ปริมาณกรดอะมิโนที่ได้รับจากวัตถุดิบ

AAe = ปริมาณกรดอะมิโนในสิ่งขับถ่าย

AAee = ปริมาณกรดอะมิโนในสิ่งขับถ่ายเมื่อได้รับอาหารสูตรปราศจากโปรตีน

วิธีที่ 2 การทดสอบค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในห้องปฏิบัติการ

ในแต่ละซ้ำ จะใช้ตัวอย่างวัตถุดิบ 4 หลอดทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์ โดยแต่ละหลอดทดลอง จะชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม นำไปสกัดไขมันออกด้วยสารละลายไดเอทิลอีเทอร์ ปริมาตร 30 มิลลิลิตร โดยวิธีการกรอง หลังจากนั้นนำไปย่อยด้วยเอนไซม์เบปซิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ (activity 1:10,000) ในกรดไฮโดรคลอริก 0.075 นอร์มอล โดยการบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง กรองเศษเหลือที่ได้จากการบ่มด้วย glass fiber filter แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเศษเหลือที่ได้ จากนั้นนำเศษเหลือจากวิเคราะห์ทั้ง 4 หลอดทดลองของแต่ละซ้ำมารวมกัน เพื่อนำไปวิเคราห์กรดอะมิโนด้วยวิธีการเดียวกับที่วิเคราะห์วัตถุดิบและมูล

คำนวณค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยเบปซิน ดังนี้

$$\text{การย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยเบปซิน (\%)} = \frac{(AAf - AAr)}{AAf} \times 100$$

เมื่อ AAf = ปริมาณกรดอะมิโนของวัตถุดิบก่อนการย่อย

AAr = ปริมาณกรดอะมิโนของวัตถุดิบที่เหลือจากการย่อยด้วยเอนไซม์เบปซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในวิธีการทดสอบในตัวสัตว์ นำค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโนและค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยเบปซินในแต่ละชั้นคุณภาพของแต่ละวัตถุดิบ มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีในวัตถุดิบแหล่งโปรตีน 5 ชนิด

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ในวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน 5 ชนิด เมื่อแสดงในสภาพให้สัตว์กินได้หรือสภาพแห้งตามธรรมชาติ(air dry basis) แสดงในตารางที่ 4.1 ดังนี้

4.1.1 ปลาป่น

ส่วนประกอบทางเคมี คือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส ของปลาป่นจาก 23 ตัวอย่าง แสดงผลไว้ในภาคผนวกตารางที่ 6.2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.04±1.44 59.77±5.20 8.37±1.81 1.23±0.52 21.47±5.65 5.10±1.33 และ 4.05±1.38 % ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของระดับโปรตีนรวมทั้งค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สอดคล้องกับรายงานของ สมนึก อรรถไกรสีห์ และสมภัสสร วงษ์แสง (2543:26) จาก 386 ตัวอย่างของปลาป่นไทย และกรมปศุสัตว์(2536:75) จาก 287 ตัวอย่าง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 59.39±4.82 และ 59.55±4.94 % ตามลำดับ แต่สูงกว่ารายงานของสุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และคณะ (2534:3) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 54.78±1.55 % เนื่องจากเป็นปลาป่นที่ผลิตจากเศษเหลืออุตสาหกรรมปลากระป๋อง และปลาแช่แข็ง ส่วนค่าเฉลี่ยของเถ้าต่ำกว่ารายงานของ สมนึก อรรถไกรสีห์ และสมภัสสร วงษ์แสง (2543 : 26) ; กรมปศุสัตว์ (2536 : 75) ; สุกัญญา และคณะ (2534 : 3) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.88±5.41 25.47±4.44 และ 26.63±0.96 % ตามลำดับ

จะเห็นว่าระดับโปรตีนและเถ้าจากการทดลองนี้ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างสูง อาจเนื่องจากปลาป่นที่ใช้ในการทดลองนี้มีทั้งปลาป่นที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และที่ผลิตในประเทศ โดยปลาป่นที่นำเข้าจากต่างประเทศจะมีคุณภาพดี โปรตีนสูง เนื่องจากปลาที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำปลาป่น จะเป็นปลาที่จับมาเพื่อทำปลาป่นโดยเฉพาะ เช่น ปลาป่นที่ได้จากเนื้อปลาเฮอริ่ง และปลาแอนโชวี่ (Cheeke. 1999:109-110) ส่วนปลาป่นที่ผลิตในประเทศมักทำมาจากปลาหลายชนิด ซึ่งเรียกว่าปลาเป็ด และอาจเป็นเศษปลาที่เหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ (สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2534:1-2 ; จูอะดี พงศ์มณีรัตน์. 2539:1-3) Ravindran and Blair (1993 : 220-221) รายงานว่าปลาป่นในภูมิภาคเอเชียคุณภาพไม่ดี เนื่องจากขาดการเอาใจใส่ในการควบคุมคุณภาพของปลาสด กระบวนการผลิต และการเก็บรักษา

เมื่อนำตัวอย่างปลาป่นไปตรวจสอบทางกายภาพ พบว่าตัวอย่างปลาป่นส่วนใหญ่มีสมบัติทางกายภาพอยู่ในสภาพปกติ แต่เมื่อตรวจสอบการปลอมปน พบการปลอมปนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนไก่ปนในปริมาณ 1-3 % ซึ่งพบเพียง 5 ตัวอย่าง คิดเป็น 21.74 %ของตัวอย่างทั้งหมด โดยพบในตัวอย่างที่มีระดับโปรตีนสูง เนื่องจากการซื้อขายปลาป่นมักกำหนดราคาของปลาป่นตามระดับของโปรตีน ดังนั้นจึงมีการนำขนไก่ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายแล้วปนลงไป เพื่อยกระดับโปรตีนของปลาป่นขึ้น (พรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ. 2534 :104) นอกจากนี้ยังพบการปะปนของผงเหล็กในปริมาณ 0.018-0.082 % มี 13 ตัวอย่าง คิดเป็น 56.52 % ของตัวอย่างทั้งหมด ซึ่งอาจเกิดจากการสึกกร่อนของเครื่องมือ ในระหว่างกระบวนการผลิต สอดคล้องกับกรมปศุสัตว์ (2536:64)ที่รายงานว่าพบผงเหล็กในปลาป่น 15 ตัวอย่าง คิดเป็น 5.23 % จากตัวอย่างทั้งหมด 287 ตัวอย่าง แต่ไม่พบการปลอมปนด้วยยูเรีย เมื่อแยกส่วนปลาป่นโดยใช้หลักการลอยตัวในสารละลาย พบว่าปริมาณสารอนินทรีย์ในส่วนจมคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.27±6.48 % ซึ่งส่วนใหญ่เป็น กระดูกและก้างของปลา แต่อาจมีการปะปนอื่นๆในปริมาณน้อย ได้แก่ ทราย ดินฝุ่น เปลือกหอย เปลือกปู และเปลือกกุ้ง สอดคล้องกับรายงานของกรมปศุสัตว์ (2536:73);ศรีสกุล วรจันทรา (2528:109)

จากส่วนประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ได้ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถจัดแบ่งชั้นคุณภาพของปลาป่นเป็น 3 ชั้นตามมาตรฐานของกรมปศุสัตว์ (2540:145) ดังตารางที่ 4.2 พบว่า

ชั้นคุณภาพที่ 1 มีระดับความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.08±1.93 64.00±2.90 8.84±1.70 1.34±0.41 และ17.03±3.98 % ตามลำดับ มีจำนวน 12 ตัวอย่างคิดเป็น 52.2 %ของตัวอย่างปลาป่นทั้งหมด

ชั้นคุณภาพที่ 2 มีระดับความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.78 ±0.87 56.69±1.60 7.28±1.81 1.01±0.80 และ 26.36±2.18 % ตามลำดับ มีจำนวน 6 ตัวอย่างคิดเป็น 26.1%ของตัวอย่างปลาป่นทั้งหมด

ชั้นคุณภาพที่ 3 มีระดับความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.24 ±0.36 53.30±1.42 8.57±1.83 1.22±0.31 และ 26.26±1.63 % ตามลำดับ มีจำนวน 5 ตัวอย่างคิดเป็น 21.7 % ของตัวอย่างปลาป่นทั้งหมด

จะเห็นว่าเมื่อจัดแบ่งชั้นคุณภาพตามมาตรฐานของกรมปศุสัตว์แล้ว ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโภชนะแคบลง อย่างไรก็ดี ในชั้นคุณภาพที่ 1 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโปรตีนและเถ้าค่อนข้างสูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 2 และ 3 อันเนื่องจากชั้นคุณภาพที่ 2 และ 3 มีช่วงของโภชนะแคบกว่าชั้นคุณภาพที่ 1 ซึ่งจะมีโปรตีนของตัวอย่างอยู่ในช่วง 60.48-68.46 % และเถ้าอยู่ในช่วง 12.67-25.23% เพราะว่ามีปลาป่นที่นำเข้าจากต่างประเทศรวมอยู่ด้วย ซึ่งจะเป็นวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี มีระดับโปรตีนสูง แต่เถ้าต่ำ เพราะผลิตจากปลาที่จับเพื่อทำปลาป่นโดยเฉพาะ เช่น ปลาป่นที่ผลิตจากเนื้อปลาเฮอริ่ง มีโปรตีน และเถ้า เท่ากับ 72 และ 10.4 % ตามลำดับ ปลาป่นที่ผลิตจากเนื้อปลาโซวี่ มีโปรตีน และเถ้า เท่ากับ 65 และ 15 % ตามลำดับ (Ravindran and Blair. 1993 : 222)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแหล่งโปรตีนบางชนิด

ชนิดวัตถุดิบ	ค่าทางสถิติ 1/	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	เยื่อใย %	เถ้า %	แคลเซียม %	ฟอสฟอรัส %
ปลาป่น	ค่าเฉลี่ย	7.04	59.77	8.37	1.23	21.47	5.10	4.05
	SD	1.44	5.20	1.81	0.52	5.65	1.33	1.38
	ค่าต่ำสุด	2.32	51.00	4.62	0.07	12.67	2.71	0.45
	ค่าสูงสุด	8.99	68.46	10.81	1.96	28.84	7.41	5.85
กากถั่วเหลือง	ค่าเฉลี่ย	9.29	44.44	2.08	5.39	7.38	0.74	0.67
	SD	1.63	2.40	1.35	1.21	0.70	0.15	0.40
	ค่าต่ำสุด	5.91	39.75	0.18	3.84	6.31	0.49	0.29
	ค่าสูงสุด	11.78	47.15	5.60	8.01	8.43	1.02	1.32
กากถั่วลิสง	ค่าเฉลี่ย	7.08	42.32	2.18	9.74	6.77	0.60	0.96
	SD	1.58	3.38	0.95	2.36	0.49	0.11	0.61
	ค่าต่ำสุด	2.90	38.37	1.13	3.55	5.27	0.42	0.27
	ค่าสูงสุด	8.82	50.64	4.08	14.61	7.30	0.86	2.44
กากเมล็ดฝ้าย	ค่าเฉลี่ย	8.86	37.17	5.31	10.48	7.18	0.66	1.73
	SD	1.57	5.00	3.61	3.92	0.81	0.16	0.84
	ค่าต่ำสุด	6.42	25.65	2.30	6.86	5.59	0.40	0.02
	ค่าสูงสุด	10.84	41.38	12.87	18.66	8.37	0.94	2.81
กากปาล์มน้ำมัน	ค่าเฉลี่ย	7.50	9.16	8.85	25.65	4.34	0.61	0.47
	SD	3.13	3.34	2.47	8.06	1.25	0.12	0.35
	ค่าต่ำสุด	3.11	4.74	4.86	16.08	2.57	0.37	0.03
	ค่าสูงสุด	15.26	15.87	13.58	45.68	6.39	0.77	1.25

1/ ค่า SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.2 ผลการแบ่งชั้นคุณภาพของวัตถุดิบของปลาป่น

ชั้นคุณภาพที่	จำนวนตัวอย่าง	ค่าทางสถิติ [1/]	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	เยื่อใย %	เถ้า %	แคลเซียม %	ฟอสฟอรัส %
1	12 (52.2)[2/]	ค่าเฉลี่ย	7.08	64.00	8.84	1.34	17.03	4.11	3.77
		SD	1.93	2.90	1.70	0.41	3.98	0.87	1.58
		ค่าต่ำสุด	2.32	60.48	5.85	0.52	12.67	2.71	0.45
		ค่าสูงสุด	8.99	68.46	10.81	1.82	25.23	5.41	5.56
2	6 (26.1)[2/]	ค่าเฉลี่ย	6.78	56.69	7.28	1.01	26.36	6.00	3.90
		SD	0.87	1.60	1.81	0.80	2.18	0.83	0.98
		ค่าต่ำสุด	5.50	55.23	4.62	0.07	23.39	4.82	2.80
		ค่าสูงสุด	7.81	59.52	9.88	1.96	28.84	6.99	5.14
3	5 (21.7)[2/]	ค่าเฉลี่ย	7.24	53.30	8.57	1.22	26.26	6.39	4.89
		SD	0.36	1.42	1.83	0.31	1.63	0.78	1.07
		ค่าต่ำสุด	6.88	51.00	5.74	0.76	24.23	5.49	3.19
		ค่าสูงสุด	7.75	54.43	10.66	1.58	27.93	7.41	5.85

1/ ค่า SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2/ เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด

4.1.2 กากถั่วเหลือง

ส่วนประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองจากตัวอย่างทั้งหมด 16 ตัวอย่าง แสดงไว้ในภาคผนวกตารางที่ 6.3 โดยพบว่ามีระดับของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.29±1.63 44.44±2.40 2.08±1.35 5.39±1.21 7.38±0.70 0.74±0.15 และ 0.67±0.40 % ตามลำดับ

จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของโปรตีนต่ำกว่าเล็กน้อยกับรายงานของกรมปศุสัตว์ (2536 : 75) และศุภมาส ตันติภาสวศิน และคณะ (2539:181) ที่มีค่าเท่ากับ 46.68±1.96 และ 46.28±2.54 % ตามลำดับ แต่ใกล้เคียงกับกากถั่วเหลืองชนิดสกัดน้ำมันไม่กระเทาะเปลือก ที่นำเข้าจากสหรัฐอเมริกา และจีน (สกัดน้ำมัน และอัดน้ำมัน) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของโปรตีน เท่ากับ 44.9±2.86 และ 44.4±2.23 % ตามลำดับ (กษิดิศ อื้อเชี่ยวชาญกิจ. 2537 : 66) นอกจากนี้ ยังมีค่าของไขมัน และเยื่อใย ใกล้เคียงกับกากถั่วเหลืองที่นำเข้าจากสหรัฐอเมริกา 1.80±1.57 และ 5.30±1.34 % ตามลำดับ แต่มีไขมันต่ำกว่ากากถั่วเหลืองที่นำเข้าจากจีน คือ 2.90±2.57 เพราะเป็นค่าเฉลี่ยจากกากถั่วเหลืองจีนที่มีทั้งแบบสกัดน้ำมัน และอัดน้ำมัน การทดลองนี้มีกากถั่วเหลืองนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น จีน อินเดีย และอาร์เจนตินา จำนวนรวมเท่ากับ 25 % ของตัวอย่างทั้งหมด นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยของเยื่อใย และเถ้ายังใกล้เคียงกับรายงานของกรมปศุสัตว์ (2536 : 75) ที่มีค่าเท่ากับ 5.82±0.76 และ 7.32±1.46 % ตามลำดับ สาเหตุที่มีความแตกต่างของโปรตีน หรือไขมัน อาจขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต หรือวิธีการสกัดน้ำมัน นั่นคือ ถ้ามีการกระเทาะเปลือกจะมีโปรตีนสูงขึ้น หรือถ้ามีการสกัดน้ำมันจะมีโปรตีนสูงขึ้น แต่หากอัดน้ำมันไขมันจะเหลืออยู่มากกว่าการสกัดน้ำมัน ทำให้โปรตีนต่ำลง

เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างกากถั่วเหลืองในการทดลองนี้กับมาตรฐานของกรมปศุสัตว์ พบว่า ตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่ที่ไม่ได้มาตรฐาน เพราะมีระดับโปรตีนต่ำมีเพียง 3 ตัวอย่าง คิดเป็น 18.8 % ของตัวอย่างทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีตัวอย่างไม่ได้มาตรฐานเฉพาะเถ้า เพราะสูงเกินไป มี 2 ตัวอย่าง คิดเป็น 12.5 % ของตัวอย่างทั้งหมด

เมื่อนำตัวอย่างไปทดสอบลักษณะทางกายภาพและการปลอมปน พบเศษชิ้นส่วนของพืช รวมทั้งทราย และหินกรวดในปริมาณน้อย สอดคล้องกับกรมปศุสัตว์ (2536 : 73) และ ธีรยุทธ เวชรัชต์พิมล (2523 : 23) พันทิพา พงษ์เพียจันทร์ (2539 : 262) รายงานว่า มีการปลอมปนกากถั่วเหลืองด้วย รำ ซังข้าวโพด ซึ่งจะทำให้โปรตีนต่ำกว่าปกติ ปริมาณเถ้าต่ำกว่าปกติ และหากปนด้วยหิน ดิน ปริมาณโปรตีนจะลดลง แต่ปริมาณเถ้าจะเพิ่มขึ้นมากจนผิดสังเกต

เมื่อตรวจสอบความสุก-ดิบของกากถั่วเหลืองทั้งหมดด้วยสารละลายยูเรียฟีนอลเรด และประเมินผลตามสุกัญญา จัตตุพรพงษ์ (2539 : 112) พบตัวอย่างที่มีความดิบตั้งแต่ 2.5-5 % จำนวน 5 ตัวอย่าง คิดเป็น 31.3 % ของตัวอย่างทั้งหมด เมื่อแยกส่วนโดยใช้หลักการลอยตัวใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลาย พบว่าปริมาณสารอนินทรีย์ในส่วนจมอยู่ในระดับต่ำ มีเพียง 2 ตัวอย่างเท่านั้นที่มีระดับสูงกว่าตัวอย่างอื่นมาก เท่ากับ 6.30 และ 8.46 % ซึ่งอาจเนื่องมาจากมีหินกรวดปะปนอยู่

จากส่วนประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองดังกล่าวข้างต้น ทำให้สามารถแบ่งชั้นคุณภาพออกได้เป็น 3 ชั้นตามมาตรฐานของกรมปศุสัตว์ ร่วมกับระดับโปรตีนที่กำหนด ดังตารางที่ 4.3 ดังนี้คือ

ชั้นคุณภาพที่ 1 ที่ได้มาตรฐานและระดับโปรตีนสูง มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 9.15±1.87 46.10±0.89 1.92±1.67 5.29±1.03 และ 7.50±0.44 % ตามลำดับ มีจำนวน 8 ตัวอย่างคิดเป็น 50.0 % ของตัวอย่างกากถั่วเหลืองทั้งหมด

ชั้นคุณภาพที่ 2 ที่ได้มาตรฐาน และระดับโปรตีนปานกลาง มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 9.51±1.66 43.01±0.81 1.56±0.53 5.27±0.82 และ 6.97±0.72 % ตามลำดับ มีจำนวน 3 ตัวอย่างคิดเป็น 18.8 % ของตัวอย่างกากถั่วเหลืองทั้งหมด

ชั้นคุณภาพที่ 3 ที่ไม่ได้มาตรฐาน เพราะมีระดับโปรตีนต่ำหรือมีเถ้าสูง มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.38 ±1.57 42.66±2.99 2.67±1.04 5.61±1.80 และ 7.44±1.04 % ตามลำดับ มีจำนวน 5 ตัวอย่างคิดเป็น 31.2 % ของตัวอย่างกากถั่วเหลืองทั้งหมด

จะเห็นว่า ในชั้นคุณภาพที่ 1 และ 2 ของกากถั่วเหลืองที่ได้มาตรฐาน จะมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโปรตีนแคบลง เพราะได้จัดแบ่งตามระดับโปรตีน แต่ค่าเฉลี่ยของโปรตีนในชั้นคุณภาพที่ 3 ที่ไม่ได้มาตรฐานจะใกล้เคียงกับชั้นคุณภาพที่ 2 ที่ได้มาตรฐานและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงขึ้น เนื่องจากมีกากถั่วเหลืองบางตัวอย่างที่ไม่ได้มาตรฐานเฉพาะเถ้าที่สูงไป แต่ยังคงมีระดับโปรตีนที่ได้มาตรฐานของกรมปศุสัตว์ จึงตกจากชั้นคุณภาพที่ 1 เป็นชั้นคุณภาพที่ 3

กากถั่วเหลืองที่ไม่ได้มาตรฐานของกรมปศุสัตว์ สาเหตุส่วนใหญ่เนื่องมาจากการมีระดับโปรตีนต่ำกว่า หรือมีเถ้าสูงเกินกว่ามาตรฐานเท่านั้น อาจเนื่องมาจากกระบวนการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน เช่น สกัดน้ำมันออกไม่หมด มีแนวโน้มว่ามีไขมัน สูงกว่าที่ได้มาตรฐาน รวมทั้งมีเยื่อใยค่อนข้างสูง ทำให้ระดับโปรตีนต่ำลง และอาจมีการปะปนด้วยหินกรวดเล็กน้อยดังได้กล่าวมาแล้ว หรืออาจมาจากสาเหตุอื่น ดัง Ravindran and Blair (1992 : 205) รายงานว่ากากถั่วเหลืองในเขตเอเชียคุณภาพต่ำ เนื่องจากขาดสภาวะที่เหมาะสมกับการเพาะปลูก และการบำรุงรักษายังมี มาตรฐานต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการแบ่งชั้นคุณภาพของวัตถุดิบของกากถั่วเหลือง

ชั้นคุณภาพที่	จำนวนตัวอย่าง	ค่าทางสถิติ [1/]	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	เยื่อใย %	เถ้า %	แคลเซียม %	ฟอสฟอรัส %
1	8 (50.0) [2/]	ค่าเฉลี่ย	9.15	46.10	1.92	5.29	7.50	0.72	0.60
		SD	1.87	0.89	1.67	1.03	0.44	0.14	0.43
		ค่าต่ำสุด	5.91	45.07	0.18	4.39	6.73	0.49	0.29
		ค่าสูงสุด	11.78	47.15	5.60	7.22	7.98	0.91	1.32
2	3 (18.8) [2/]	ค่าเฉลี่ย	9.51	43.01	1.56	5.27	6.97	0.83	0.64
		SD	1.66	0.81	0.53	0.82	0.72	0.17	0.57
		ค่าต่ำสุด	8.33	42.21	0.94	4.65	6.37	0.65	0.30
		ค่าสูงสุด	11.42	43.83	1.90	6.20	7.76	0.99	1.30
3	5 (31.2) [2/]	ค่าเฉลี่ย	9.38	42.66	2.67	5.61	7.44	0.72	0.81
		SD	1.57	2.99	1.04	1.80	1.04	0.19	0.29
		ค่าต่ำสุด	7.28	39.75	1.15	3.84	6.31	0.52	0.32
		ค่าสูงสุด	11.02	45.96	4.04	8.01	8.43	1.02	1.04

1/ ค่า SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2/ เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด

4.1.3 กากถั่วลิสง

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างกากถั่วลิสงทั้งหมด 16 ตัวอย่าง ดังแสดงในภาคผนวกตารางที่ 6.4 พบว่ามีระดับของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.08±1.58 42.32±3.38 2.18±0.95 9.74±2.36 6.77±0.49 0.60±0.11 และ 0.96±0.61 % ตามลำดับ จะเห็นว่าระดับโปรตีนใกล้เคียงกับรายงานของกรมปศุสัตว์(2533:74) ที่มีค่าเท่ากับ 42.13±7.10 % แต่ไขมันต่ำกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 4.28±2.56 % ส่วนเยื่อใยสูงกว่ารายงานของกรมปศุสัตว์ (2533:74) ที่มีค่าเท่ากับ 7.62±3.29 %

สังเกตว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกรมปศุสัตว์ สูงกว่าผลที่ได้จากการทดลองนี้ อาจเนื่องจากการกระเทาะเปลือก หรือการสกัดน้ำมัน ซึ่งกากถั่วลิสงส่วนใหญ่ในการทดลองนี้เป็นชนิดสกัดน้ำมัน มีโปรตีนอยู่ในช่วง 38.37-50.64 % ไขมันอยู่ในช่วง 1.13-4.08 % และเยื่อใยอยู่ในช่วง 3.55-14.61 % สอดคล้องกับ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ (2539 : 54) กล่าวว่ากากถั่วลิงสกัดน้ำมันมีโปรตีนประมาณ 45-50 % และชนิดอัดน้ำมันมีโปรตีนประมาณ 38-45 % NRC(1994:64) รายงานว่ากากถั่วลิสงสกัดน้ำมันมีโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 50.0 1.2 และ 10.0 % ตามลำดับ ส่วนชนิดอัดน้ำมันมีโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 42.0 7.3 และ 12.0 % ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกรมปศุสัตว์ พบว่ากากถั่วลิสงที่มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานมีทั้งหมด 13 ตัวอย่าง คิดเป็น 81.3 % ของตัวอย่างทั้งหมด โดยทั้งหมดจะมีเยื่อใยเกินมาตรฐานทั้งสิ้น แต่มีประเภทโปรตีนอยู่ในระดับมาตรฐาน แต่เยื่อใยไม่ได้มาตรฐาน 5 ตัวอย่าง คิดเป็น 31.3 % ของตัวอย่างทั้งหมด และประเภทที่มีทั้งโปรตีนและเยื่อใยไม่ได้มาตรฐานมี 8 ตัวอย่าง คิดเป็น 50.0 % ของตัวอย่างทั้งหมด การที่มีเยื่อใยไม่ได้มาตรฐานสูงถึง 81.3 % ของตัวอย่างทั้งหมด อาจเนื่องจากประสิทธิภาพในการกระเทาะเปลือกยังไม่ดีพอ ทำให้ระดับโปรตีนต่ำลง ดังนั้นการที่มาตรฐานอาหารสัตว์ของกรมปศุสัตว์ กำหนดระดับของเยื่อใยต่ำเกินไป คือไม่มากกว่าร้อยละ 8 จึงทำให้พบกากถั่วลิสงที่ไม่ได้มาตรฐานเป็นส่วนใหญ่ อาจก่อให้เกิดปัญหาไม่สอดคล้องกับวัตถุดิบที่มีค้าขายกันอยู่ในประเทศ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อปริมาณการใช้กากถั่วลิสง

เมื่อนำตัวอย่างไปทดสอบทางกายภาพและการปลอมปน พบมีการปะปนบ้างเล็กน้อย จากหิน ทราย และกรวด เพราะเมื่อแยกส่วนโดยใช้หลักการลอยตัวในสารละลาย พบว่าปริมาณสารอนินทรีย์ในส่วนจมอยู่ในระดับต่ำคืออยู่ในช่วง 0.42 - 3.07 % นอกจากนี้ยังพบการปะปนบ้างจากเศษชิ้นส่วนของพืช สอดคล้องกับกรมปศุสัตว์ (2536 : 73) ที่รายงานว่า กากถั่วลิสงส่วนมากจะพบก้านปนมาบ้าง พบทรายและข้าวโพดปนบ้างเล็กน้อย

จากส่วนประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ได้ตามที่กล่าวข้างต้น สามารถจำแนกชั้นคุณภาพได้เป็น 3 ชั้นตามมาตรฐานของกรมปศุสัตว์ร่วมกับระดับโปรตีนที่กำหนด ดังตารางที่ 4.4 พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการแบ่งชั้นคุณภาพของวัตถุดิบของกากถั่วลิสง

ชั้นคุณภาพที่	จำนวนตัวอย่าง	ค่าทางสถิติ 1/	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	เยื่อใย %	เถ้า %	แคลเซียม %	ฟอสฟอรัส %
1	3 (18.8) 2/	ค่าเฉลี่ย	6.97	47.38	2.09	6.05	6.75	0.62	0.71
		SD	1.95	2.85	1.41	2.23	0.30	0.21	0.63
		ค่าต่ำสุด	4.94	45.40	1.21	3.55	6.57	0.50	0.31
		ค่าสูงสุด	8.82	50.64	3.72	7.85	7.10	0.86	1.44
2	5 (31.2) 2/	ค่าเฉลี่ย	6.19	43.47	2.35	10.68	6.42	0.61	0.81
		SD	1.99	1.33	0.94	2.33	0.69	0.09	0.38
		ค่าต่ำสุด	2.90	42.03	1.26	9.07	5.27	0.51	0.28
		ค่าสูงสุด	7.85	44.99	3.73	14.61	6.96	0.76	1.35
3	8 (50.0) 2/	ค่าเฉลี่ย	7.67	39.70	2.10	10.54	7.00	0.59	1.15
		SD	1.01	1.21	0.91	0.44	0.24	0.10	0.72
		ค่าต่ำสุด	5.55	38.37	1.13	9.95	6.57	0.42	0.27
		ค่าสูงสุด	8.61	41.83	4.08	11.28	7.30	0.71	2.44

1/ ค่า SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2/ เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด

ชั้นคุณภาพที่ 1 ที่ได้มาตรฐานมีระดับโปรตีนสูง โดยมีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.97±1.95 47.38±2.85 2.09±1.41 6.05±2.23 และ 6.75±0.30 % ตามลำดับ มีจำนวน 3 ตัวอย่างคิดเป็น 18.8 % ของตัวอย่างกากถั่วลิสงทั้งหมด

ชั้นคุณภาพที่ 2 ที่ไม่ได้มาตรฐาน เพราะมีเยื่อใยสูง แต่มีระดับโปรตีนปานกลาง มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.19±1.99 43.47±1.33 2.35+0.94 10.68±2.33 และ 6.42±0.69 % ตามลำดับ มีจำนวน 5 ตัวอย่างคิดเป็น 31.2 % ของตัวอย่างกากถั่วลิสงทั้งหมด

ชั้นคุณภาพที่ 3 ที่ไม่ได้มาตรฐาน เพราะมีระดับโปรตีนต่ำ และมีเยื่อใยสูงเกินมาตรฐาน มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.67±1.01 39.70±1.21 2.10±0.91 10.54±0.44 และ 7.00±0.24 % ตามลำดับ มีจำนวน 8 ตัวอย่างคิดเป็น 50.0 % ของตัวอย่างกากถั่วลิสงทั้งหมด

4.1.4 กากเมล็ดฝ้าย

จากผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างกากเมล็ดฝ้าย จำนวน 8 ตัวอย่าง ดังแสดงในภาคผนวกตารางที่ 6.5 พบว่าค่าเฉลี่ยของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส คิดเป็นเฉลี่ยเท่ากับ 8.86±1.57 37.17±5.0 5.31±3.61 10.48±3.92 7.18±0.81 0.66±0.16 และ 1.73±0.84 % ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของโปรตีนใกล้เคียงกับ รายงานของ Ravindran and Blair (1992 : 208) ที่มีค่าเท่ากับ 38.0 % แต่ต่ำกว่ารายงานของ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 : 29) ที่มีค่าเท่ากับ 40 % และ NRC (1994 : 62) ที่มีค่าอยู่ในช่วง 41-45 % นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยของไขมันมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Ravindran and Blair (1992 : 208) ที่มีค่าเท่ากับ 6.0 % แต่สูงกว่ารายงานของ NRC (1994 : 62) ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.5-3.9 % และ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 : 29) ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 % ส่วนเยื่อใยในการทดลองนี้ต่ำกว่ารายงานของ Ravindran and Blair (1992 : 208) ; Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 : 29) ที่มีค่าเท่ากับ 14.0 และ13.5 % และ NRC (1994 : 62) ที่มีค่าอยู่ในช่วง 11.1-13.6 %

สังเกตได้ว่าในการทดลองนี้ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย แปรผันค่อนข้างมาก อาจเนื่องมาจากกระบวนการผลิต ซึ่งหากมีเส้นใยติดอยู่ที่เปลือก จะมีโปรตีนต่ำกว่า และมีเยื่อใยสูงกว่ากากเมล็ดฝ้ายที่เอาเส้นใยออกหมด (ศรีสกุล วรจันทรา. 2538 : 63) หรืออาจเนื่องมาจากการสกัดน้ำมัน ทำให้โปรตีนและไขมันแปรผันไป ดัง NRC (1994 : 64) รายงานว่า กากเมล็ดฝ้ายชนิดอัดน้ำมัน (expeller) มีค่าเฉลี่ยของโปรตีน ไขมัน และ เยื่อใย คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.9 3.9 และ 12.0 % ตามลำดับ หรือชนิดผ่านการอัดน้ำมันก่อนแล้วจึงสกัดน้ำมันด้วยสารเคมี (prepress solvent) จะค่อนข้างมีความแปรปรวนในส่วนประกอบทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ หรือหาประโยชน์ในทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีค่าเฉลี่ยของโปรตีนสูงขึ้นอยู่ในช่วง 41.4-44.7 % ไขมันต่ำลงอยู่ในช่วง 0.5-1.6 % และเยื่อใยอยู่ในช่วง 11.1-13.6 %

เมื่อตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและการปลอมปน พบมีการปะปนเล็กน้อยจากหินฝุ่น ซึ่งเมื่อแยกส่วนโดยใช้หลักการลอยตัวในสารละลาย จะพบปริมาณสารอนินทรีย์ในส่วนจมอยู่ในช่วง 0.61 - 2.79 % นอกจากนี้ยังพบการปะปนด้วยเปลือกเมล็ดธัญพืช สอดคล้องกับ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ (2539 : 53) ที่กล่าวว่า การปนปลอมในกากเมล็ดฝ้ายที่พบได้คือกากเมล็ดนุ่น

เนื่องจากกรมปศุสัตว์ไม่ได้กำหนดมาตรฐานของกากเมล็ดฝ้าย แต่จากส่วนประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ได้ตามที่กล่าวมาข้างต้น พบว่ามีระดับโปรตีนอยู่ในช่วง 25.65-41.38 % จึงใช้ระดับโปรตีนเป็นเกณฑ์ในการจำแนกชั้นคุณภาพ ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่า

ชั้นคุณภาพที่ 1 มีระดับโปรตีนสูง (ไม่น้อยกว่า 38 %) มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.75$\pm$0.77 40.81$\pm$0.93 3.00$\pm$0.62 8.66$\pm$1.08 และ 7.17$\pm$0.35 % ตามลำดับ มีจำนวน 3 ตัวอย่างคิดเป็น 37.5 %ของตัวอย่างกากเมล็ดฝ้ายทั้งหมด

ชั้นคุณภาพที่ 2 มีระดับโปรตีนปานกลาง (36-38 %) มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.07$\pm$1.92 37.32$\pm$0.45 6.37$\pm$4.56 9.80$\pm$2.96 และ 7.59$\pm$0.62 % ตามลำดับ มีจำนวน 4 ตัวอย่างคิดเป็น 50.0 % ของตัวอย่างกากเมล็ดฝ้ายทั้งหมด

ชั้นคุณภาพที่ 3 มีระดับโปรตีนต่ำ (ไม่มากกว่า 36 %) มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.32 25.65 8.03 18.66 และ 5.59 % ตามลำดับ มีกากเมล็ดฝ้ายเพียง 1 ชนิดเท่านั้น คิดเป็น 12.5 % ของตัวอย่างกากถั่วลิสงทั้งหมด

จะเห็นว่าในชั้นคุณภาพที่ 3 มีคุณค่าทางโภชนะต่ำกว่าชั้นคุณภาพที่ 1 และ 2 มาก เนื่องจากมีเยื่อใยในระดับสูงกว่ามาก ทำให้โปรตีนต่ำลง อาจเนื่องจากไม่ได้กระเทาะเปลือกออก ดัง McDonald *et al.* (1991 : 455-456) รายงานว่ากากเมล็ดฝ้ายไม่กระเทาะเปลือกมีโปรตีนต่ำ เยื่อใยสูง คือมีโปรตีน ไขมัน และ เยื่อใย เท่ากับ 23.1 5.5 และ 24.8 % ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการแบ่งชั้นคุณภาพของวัตถุดิบของกากเมล็ดฝ้าย

ชั้นคุณภาพที่	จำนวนตัวอย่าง	ค่าทางสถิติ 1/	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	เยื่อใย %	เถ้า %	แคลเซียม %	ฟอสฟอรัส %
1	3 (37.5) 2/	ค่าเฉลี่ย	9.75	40.81	3.00	8.66	7.17	0.65	2.39
		SD	0.77	0.93	0.62	1.08	0.35	0.11	0.37
		ค่าต่ำสุด	9.18	39.74	2.53	7.68	6.94	0.57	2.12
		ค่าสูงสุด	10.63	41.38	3.70	9.81	7.58	0.77	2.81
2	4 (50.0) 2/	ค่าเฉลี่ย	8.07	37.32	6.37	9.80	7.59	0.59	1.35
		SD	1.92	0.45	4.56	2.96	0.62	0.13	0.92
		ค่าต่ำสุด	6.42	36.81	2.30	6.86	6.86	0.40	0.02
		ค่าสูงสุด	10.84	37.86	12.87	13.84	8.37	0.67	2.09
3	1 (12.5) 2/		9.32	25.65	8.03	18.66	5.59	0.94	1.23

1/ ค่า SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2/ เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.1.5 กากปาล์มน้ำมัน

จากผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของกากปาล์มทั้งหมด 14 ตัวอย่าง ดังแสดงในภาคผนวกตารางที่ 6.6 พบว่ามีระดับของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.50±3.13 9.16±3.34 8.85±2.47 25.65±8.06 4.34±1.25 0.61±0.12 และ 0.47±0.35 % ตามลำดับ

จะเห็นว่ากากปาล์มน้ำมันมีความแปรปรวนของเยื่อใยสูง รองลงมาคือโปรตีน และไขมัน เนื่องจากในการทดลองนี้มีผลิตภัณฑ์จากกากปาล์มน้ำมันหลายประเภท ซึ่งจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี และการตรวจสอบทางกายภาพ พบว่า มีหลายชนิด ดังนี้

1. กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม มีโปรตีนอยู่ในช่วง 13.35-15.87 % ไขมันอยู่ในช่วง 9.72-10.42 % และเยื่อใยอยู่ในช่วง 16.08-16.50 % มี 2 ตัวอย่าง คิดเป็น 14.3 %ของตัวอย่างทั้งหมด สอดคล้องกับ รายงานของ นิวัต เมืองแก้ว (2531) ; Kaun *et al.* (1982) ; Webb *et al.* (1976) ที่มีโปรตีนอยู่ในช่วง 14.41-17.60 % ไขมันอยู่ในช่วง 4.90-14.32 % และเยื่อใยอยู่ในช่วง 14.87-16.50 %

2. ชนิดกากปาล์มน้ำมัน ซึ่งจะพบกะลามาก มีโปรตีนอยู่ในช่วง 10.88-12.08 % ไขมันอยู่ในช่วง 9.77-10.31 % และเยื่อใยอยู่ในช่วง 21.05-21.58 % มี 2 ตัวอย่าง คิดเป็น 14.3 %ของตัวอย่างทั้งหมด สอดคล้องกับ รายงานของ กรมปศุสัตว์ (2524) ; ฐานันดร์ ศรีวิสุทธิ์ (2530) ที่มีโปรตีนอยู่ในช่วง 8.96-10.16 % ไขมันอยู่ในช่วง 10.22-15.85 % และเยื่อใยอยู่ในช่วง 21.14-22.25 % และพันทิพา พงษ์เพียจันทร์ (2539) รายงานว่า กากเมล็ดปาล์มน้ำมัน ซึ่งจะมีทั้งเนื้อใน และกะลาอยู่ด้วยกัน จะมีโปรตีน 12 % ไขมัน 11 % และเยื่อใย 29 %

3. ชนิดกากปาล์มทั้งผล มีโปรตีนอยู่ในช่วง 4.74-10.64 % ไขมันอยู่ในช่วง 4.86-13.58 % และเยื่อใยอยู่ในช่วง 19.73-45.68 % มี 10 ตัวอย่าง คิดเป็น 71.4 %ของตัวอย่างทั้งหมด สอดคล้องกับรายงานของ สมพงษ์ เทศประสิทธิ์ (2526) ; เสาวนิต คูประเสริฐ และคณะ (2530 : 163-167) ที่มีโปรตีนอยู่ในช่วง 6.65-7.08 % ไขมันอยู่ในช่วง 6.91-8.60 % และเยื่อใยอยู่ในช่วง 30.51-38.00 %

เนื่องจากกรมปศุสัตว์ไม่ได้กำหนดมาตรฐานของกากปาล์มน้ำมัน ดังนั้นจากส่วนประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ได้ตามที่กล่าวมาข้างต้น จึงใช้ระดับโปรตีนเป็นเกณฑ์ในการจำแนกชั้นคุณภาพ ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 4.6 พบว่า

ชั้นคุณภาพที่ 1 ระดับโปรตีนสูง(ไม่น้อยกว่า 12 %) มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42±1.14 13.77±1.93 10.15±0.38 17.88±2.75 และ 3.92±0.45 % ตามลำดับ มีจำนวน 3 ตัวอย่างคิดเป็น 21.4 % ของตัวอย่างกากปาล์มน้ำมันทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการแบ่งชั้นคุณภาพของวัตถุดิบของกากปาล์มน้ำมัน

ชั้นคุณภาพที่	จำนวนตัวอย่าง	ค่าทางสถิติ [1/]	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	เยื่อใย %	เถ้า %	แคลเซียม %	ฟอสฟอรัส %
1	3 (21.4) [2/]	ค่าเฉลี่ย	4.42	13.77	10.15	17.88	3.92	0.62	0.99
		SD	1.14	1.93	0.38	2.75	0.45	0.14	0.23
		ค่าต่ำสุด	3.11	12.08	9.72	16.08	3.63	0.50	0.80
		ค่าสูงสุด	5.16	15.87	10.42	21.05	4.44	0.76	1.25
2	6 (42.9) [2/]	ค่าเฉลี่ย	8.81	9.73	8.05	22.63	4.69	0.62	0.47
		SD	3.72	1.41	2.18	3.41	1.02	0.08	0.17
		ค่าต่ำสุด	4.89	7.11	4.86	19.73	3.37	0.50	0.17
		ค่าสูงสุด	15.26	10.88	10.68	28.99	6.19	0.67	0.69
3	5 (35.7) [2/]	ค่าเฉลี่ย	7.79	5.70	9.03	33.94	4.16	0.59	0.15
		SD	2.05	0.78	3.41	6.91	1.82	0.16	0.08
		ค่าต่ำสุด	5.04	4.74	5.92	28.84	2.57	0.37	0.03
		ค่าสูงสุด	10.24	6.71	13.58	45.68	6.39	0.77	0.26

1/ ค่า SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2/ เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด

ชั้นคุณภาพที่ 2 มีระดับโปรตีนปานกลาง (7-12 %) มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.81±3.72 9.73±1.41 8.05±2.18 22.63±3.41 และ 4.69±1.02 % ตามลำดับ มีจำนวน 6 ตัวอย่างคิดเป็น 42.9 %ของตัวอย่างกากปาล์มน้ำมันทั้งหมด

ชั้นคุณภาพที่ 3 ตัวอย่างมีระดับโปรตีนต่ำ (ไม่มากกว่า 7 %) มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.79±2.05 5.70±0.78 9.03±3.41 33.94±6.91 และ 4.16±1.82 % ตามลำดับ มีจำนวน 5 ตัวอย่าง คิดเป็น 35.7 % ของตัวอย่างกากปาล์มน้ำมันทั้งหมด

เมื่อจัดแบ่งชั้นคุณภาพของกากปาล์มน้ำมันแล้ว สังเกตว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโปรตีน และเยื่อใยแคบลง ซึ่งเกิดจากการจัดชั้นคุณภาพโดยใช้โปรตีนเป็นเกณฑ์ในการจำแนก ทำให้สามารถแยกชนิดของกากปาล์มน้ำมันได้ชัดเจนขึ้น โดยในการทดลองนี้ จะพบว่า

ชั้นคุณภาพที่ 1 ส่วนใหญ่เป็นกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม และมีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มกระเทาะกะลาไม่หมดบ้าง ในขณะที่ในชั้นคุณภาพที่ 2 และ 3 ส่วนใหญ่เป็นกากปาล์มทั้งผล แต่มีกากเมล็ดปาล์มน้ำมันบ้าง ซึ่งจะมีทั้งเนื้อใน และกะลาปนกัน

จะเห็นว่ากากปาล์มทั้งผล มีความแปรปรวนค่อนข้างสูง จึงทำให้สามารถจัดแบ่งชั้นคุณภาพได้ 2 ชั้นคุณภาพ ซึ่งจะมีโปรตีนอยู่ในระดับปานกลางและต่ำ ทั้งนี้ขึ้นกับกระบวนการผลิตเพื่อแยกส่วนของกะลา หรือเปลือกออก รวมไปถึงวิธีการสกัดหรืออัดน้ำมันออก

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของกรดอะมิโนในวัตถุดิบแหล่งโปรตีนโดยวิธีทดสอบในไก่ และวิธีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ในการเลือกวัตถุดิบเพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละชั้นคุณภาพ จากการทดลองที่ 1 ซึ่งจะเลือกมาชั้นคุณภาพละ 1 ตัวอย่าง โดยพยายามหลีกเลี่ยงตัวอย่างที่มีปัญหาทางกายภาพและการปลอมปนให้มากที่สุด เพื่อใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มคุณค่าของส่วนประกอบทางเคมี ผลการเลือกตัวแทนของแต่ละชั้นคุณภาพ และส่วนประกอบทางเคมี ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.7

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดอะมิโน ค่าการย่อยได้แท้จริงของกรดอะมิโนในไก่ และค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ ของวัตถุดิบต่างๆ ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบของตัวอย่างแหล่งโปรตีนที่ใช้เป็นตัวแทนของแต่ละชั้นคุณภาพในการทดสอบค่าการย่อยได้[1/]

	ปลาป่น			กากถั่วเหลือง			กากถั่วลิสง			กากเมล็ดฝ้าย			กากปาล์มน้ำมัน		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ความชื้น %	8.45	6.39	7.29	7.81	8.80	9.92	4.94	5.75	8.26	9.18	10.84	9.32	5.16	4.89	9.30
โปรตีน %	61.02	55.69	53.94	45.08	43.83	39.75	46.10	42.03	39.71	41.32	37.48	25.65	15.87	10.64	5.31
ไขมัน %	8.66	6.48	8.20	2.37	1.82	3.02	1.21	2.58	1.79	3.70	2.30	8.03	9.72	8.77	5.92
เยื่อใย %	1.36	0.26	1.58	4.61	4.65	6.92	7.85	9.30	10.51	8.49	8.64	18.66	16.50	20.62	33.15
เถ้า %	20.53	28.79	26.42	6.94	7.76	6.38	7.10	6.86	6.95	7.00	7.55	5.59	4.44	4.30	2.57
แคลเซียม %	4.71	6.73	5.93	0.66	0.99	0.52	0.50	0.62	0.52	0.60	0.62	0.94	0.76	0.65	0.65
ฟอสฟอรัส %	5.29	3.60	3.19	0.29	0.32	0.32	1.44	1.35	1.21	2.81	1.83	1.23	1.25	0.58	0.03
ส่วนจม[2/] %	19.89	29.82	26.89	0.84	8.46	1.47	0.65	2.44	1.10	0.66	1.25	0.61	0.82	0.88	1.16

1/ 1 คือชั้นคุณภาพที่1 2 คือชั้นคุณภาพที่2 3 คือชั้นคุณภาพที่3

2/ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่ได้จากการทดสอบการลอยตัวด้วยสารละลายคาร์บอนเตตระคลอไรด์

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1 ปลาป่น

4.2.1.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโน

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของตัวอย่างที่เป็นตัวแทนในแต่ละชั้นคุณภาพ เป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของอาหาร และเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร แสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าปริมาณรวมของกรดอะมิโนเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักอาหาร มีแนวโน้มลดลงตามระดับของโปรตีน คือ 53.07 48.92 และ 47.02 % ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น พบว่าปริมาณรวมของกรดอะมิโนจำเป็นยกเว้นทริบโทแฟนในชั้นคุณภาพที่ 1 สูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 2 และ 3 (23.75 21.36 และ 21.77 % ตามลำดับ) โดยชั้นคุณภาพที่ 3 จะมีค่าใกล้เคียงกับชั้นคุณภาพที่ 2 สอดคล้องกับศุภมาส ตันติภาสวศินและคณะ (2536 : 182) รายงานว่าปลาป่นที่มีโปรตีน 54.6 % มีกรดอะมิโนจำเป็นรวมเท่ากับ 22.88 % แต่ต่ำกว่ารายงานของ (NRC. 1994 :62) และ (Rhone Poulenc Animal Nutrition. 1993 : 31) ที่มีระดับของโปรตีน 61.3 และ 59 % ตามลำดับ ซึ่งมีกรดอะมิโนจำเป็นไม่รวมทริบโทแฟนเท่ากับ 25.12 และ 25.11 % ตามลำดับ เมื่อแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร พบว่าปริมาณรวมของกรดอะมิโนทั้ง 3 ชั้นคุณภาพใกล้เคียงกัน (ชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 86.97 87.85 และ 87.17 กรัม/16กรัมไนโตรเจน ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาเฉพาะกรดอะมิโนจำเป็น พบว่าอัตราส่วนของกรดอะมิโนจำเป็นในชั้นคุณภาพที่ 3 สูงกว่า 1 และ 2 (40.36 38.91 และ 38.36 กรัม/16กรัมไนโตรเจน ตามลำดับ) เนื่องจากสัดส่วนของกรดอะมิโนจำเป็นคือ พีนิลอะลานีน เมไทโอนีน ไลซีน และอาร์จินีน ในชั้นคุณภาพที่ 3 สูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 2 และ 1

จะเห็นว่ามีความแปรปรวนของส่วนประกอบของกรดอะมิโนของปลาป่น สาเหตุอาจเนื่องจากความแตกต่างของชนิดปลา ส่วนของปลา เช่น ส่วนหัว ตา หรือใช้ปลาทั้งตัว (สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์. 2532 :10) Ravindran and Blair (1993 : 221) กล่าวว่าปลาป่นที่ผลิตจากปลาต่างชนิดกัน และกระบวนการผลิตแตกต่างกัน ทำให้องค์ประกอบของโภชนะแตกต่างกันด้วย สอดคล้องกับสุรัตน์ นราประเสริฐกุล (2533 : 186) รายงานว่าปริมาณของกรดอะมิโนรวมยกเว้นทริบโทแฟน ที่ได้จากปลาป่นที่ผลิตจากปลาทูล้วน (โปรตีน 72.11 %) สูงกว่าปลาป่นที่ผลิตจากปลาทูแขกผสมกับปลาอื่นๆ (โปรตีน 64.11 %) ดังนี้คือ 50.45 และ 46.40 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิต พบว่าปลาป่นที่ผลิตจากเครื่องจักรที่ให้ความร้อนจากไอน้ำจะมีปริมาณกรดอะมิโนรวมต่ำกว่าที่ผลิตจากเครื่องจักรที่ให้ความร้อนจากน้ำมันร้อน คือ 50.45 และ 52.21 % ในปลาทูล้วน ตามลำดับ หรือ 46.01 และ 48.35 % ในปลาทูแขกผสมปลาอื่นๆตามลำดับ สอดคล้องกับ จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ และคณะ (2539:4-5) รายงานว่า ปลาป่นที่ผลิตจากต่างสถานที่ ซึ่งใช้ชนิดของปลาแตกต่างกันคุณภาพของปลาป่นแตกต่างกันได้ นอกจากนี้ Ravindran and Blair (1993 : 221) กล่าวว่าปลาป่นที่ผลิตในภูมิภาคเอเชีย คุณภาพไม่ดี เนื่องจากขาดการเอาใจใส่ในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพของปลาสุก กระบวนการผลิต และการเก็บรักษา สอดคล้องกับ การผลิตวัตถุดิบอาหารสัตว์ (2535:12) รายงานว่า คุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ทำปลาป่นอาหารสัตว์มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากมีดินโคลน และหอยปะปนมา รวมทั้งชาวประมงยังใช้น้ำแข็งแช่หรือดองในปริมาณน้อย ทำให้วัตถุดิบคุณภาพต่ำ

4.2.1.2 ค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่

ผลการวิเคราะห์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนของปลาป่น ดังแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่ามีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในช่วงระหว่าง 87 - 96 % โดยปลาป่นในชั้นคุณภาพที่ 1 (61 % โปรตีน) มีแนวโน้มสูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 2 (56 %โปรตีน) แต่ใกล้เคียงกับชั้นคุณภาพที่ 3 (54 % โปรตีน) โดยมีค่าเท่ากับ 95.91 87.29 และ 95.32 % ตามลำดับ สอดคล้องกับ สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 10) รายงานว่าปลาป่นไทย และญี่ปุ่นที่มีโปรตีน 58.85 และ 65.22 % มีค่าการย่อยได้จริงในไก่เท่ากับ 93.91 และ 94.04 % ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในชั้นคุณภาพที่ 1 และ 3 ในการทดลองนี้ และเมื่อพิจารณาค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนรายตัว พบว่าในปลาป่นชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 อยู่ในช่วง 87.53-101.60 72.96-94.38 และ 88.45-101.87 % ตามลำดับ และค่าการย่อยได้จริงในชั้นคุณภาพที่ 1 ใกล้เคียงกับชั้นคุณภาพที่ 3 ยกเว้น กรดกลูตามิค เมไทโอนีน ไลซีน และอาร์จินีน โดยเฉพาะเมไทโอนีน มีความแตกต่างกันสูงที่สุด ขณะที่ชั้นคุณภาพที่ 2 ซึ่งมีโปรตีนอยู่ในระดับปานกลาง แต่ค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนรายตัวอยู่ในระดับต่ำ สาเหตุอาจเนื่องจากชั้นคุณภาพที่ 2 มีเถ้าในปริมาณสูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 1 และ 3 สอดคล้องกับ พันทิพา พงษ์เพียจันทร์ (2539 : 253) รายงานว่า ความผันแปรของกรดอะมิโนในปลาป่น ขึ้นอยู่กับปริมาณเถ้าในปลาป่น โดยถ้าเถ้าสูงกรดอะมิโนจะต่ำ หรืออาจเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่ได้มาตรฐาน เช่น ใช้อุณหภูมิในการทำให้ปลาสุกหรือแห้งไม่เหมาะสม ดัง ศรีสกุล วรจันทรา (2528 : 471) รายงานว่าอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้โปรตีนเสียสภาพ หรือรวมตัวกับสารอื่นในรูป bound form ทำให้คุณภาพเสียไป ซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อสัตว์ สอดคล้องกับ McDonald *et al.* (1991:471) ที่รายงานว่า การให้ความร้อนกับไลซีนที่ระดับ 105 และ 170 องศาเซลเซียส ในเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของไลซีนแตกต่างกัน (8.3 และ6.9 %ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร ตามลำดับ) และอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าการย่อยได้ของปลาป่นชั้นคุณภาพที่ 2 ต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของกรดอะมิโนจำเป็นเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในปลาป่นชั้นคุณภาพที่ 2 ต่ำกว่าชั้นคุณภาพที่ 1 และ 3

จะเห็นว่าค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในปลาป่นแต่ละชั้นคุณภาพ ไม่ได้เป็นไปตามระดับชั้นคุณภาพที่จัดแบ่งตามมาตรฐานของกรมปศุสัตว์ ซึ่งอาศัยส่วนประกอบทางเคมีเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน แสดงว่าค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโน ไม่ได้ขึ้นอยู่กับระดับโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสมอไป ยังขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพ และกระบวนการผลิตอีกด้วย ดังนั้นในการใช้ปลาป่นเพื่อประกอบสูตรอาหารสัตว์ ควรคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆที่มีผลกระทบต่อค่าการย่อยได้ของปลาป่นประกอบกับส่วนประกอบทางเคมีด้วยเสมอ

ในการวิเคราะห์ค่าการย่อยได้ในการทดลองครั้งนี้ ไม่ได้หักค่าของปัสสาวะออกจากสิ่งขับถ่าย เนื่องจากการวิเคราะห์กระทำได้ยาก โดยที่ McNab (1994:192) กล่าวว่าความเข้มข้นของกรดอะมิโนในปัสสาวะมีในปริมาณต่ำ ในการคำนวณจึงไม่ได้หักค่าของปัสสาวะออกจากสิ่งขับถ่ายของไก่ อย่างไรก็ดี เนื่องจากไกลซีนเป็นกรดอะมิโนตั้งต้นชนิดหนึ่งของกรดยูริค (Campbell. 1995 :154) ค่าการย่อยได้ของไกลซีนจึงมีแนวโน้มต่ำกว่ากรดอะมิโนชนิดอื่นๆในชั้นคุณภาพเดียวกัน และ O'Dell *et al.*(1960:431) รายงานว่าในปัสสาวะจะประกอบไปด้วยกรดยูริค 81 % แอมโมเนีย 10 % และกรดอะมิโน 2 %ของไนโตรเจนทั้งหมดของปัสสาวะ โดยมีกรดอะมิโนประมาณ 20 % ของไนโตรเจนที่มีในปัสสาวะเป็นไกลซีน ซึ่งพบในปริมาณสูงสุด ในขณะที่ Parsons *et al.*(1983) รายงานว่าปัสสาวะมีไกลซีนเป็นองค์ประกอบประมาณ 54 %ของกรดอะมิโนในปัสสาวะ นอกจากนั้นเป็นกรดกลูตามิค กรดแอสปาติค และโปรลีน Soares *et al.* (1971) รายงานว่า ในระหว่างการสลายโปรตีนด้วยกรดในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์กรดอะมิโนนั้น กรดยูริคในสิ่งขับถ่ายจะสลายออกมาเป็นไกลซีน ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่าการย่อยได้จริงในไก่เฉลี่ยไม่มีไกลซีน พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในทุกชั้นคุณภาพ (96.07 87.44 และ 95.53 % ตามลำดับ)

4.2.1.3 ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์การย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโน ดังแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่า ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยเบปซินเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงตามระดับโปรตีน (98.64 97.77 และ 97.33 % ตามลำดับ) แต่แตกต่างกันไม่มากนัก ส่วนค่าการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนรายตัวในชั้นคุณภาพเดียวกันของชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 อยู่ในช่วง 94.06 - 99.69 87.21 - 99.50 และ 85.58 - 98.94 % ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าการย่อยได้จริงในไก่ และค่าการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนแต่ละชนิดทั้ง 3 ชั้นคุณภาพดังภาพที่ 4.1 พบว่าค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยเบปซินเกือบทุกชนิดในทุกชั้นคุณภาพ สูงกว่าค่าการย่อยได้จริงในไก่ ยกเว้นเมไทโอนีน และ ไทโรซีน แต่บ่งชี้ค่าความแตกต่างระหว่างชั้นคุณภาพไม่ชัดเจน ทั้งนี้อาจเนื่องจาก วิธีในห้องปฏิบัติการนี้ใช้เอนไซม์ที่มีความเข้มข้นสูง จึงย่อยได้ดีเกินไป ดัง Parsons(1993:105)รายงานว่าข้อจำกัดของวิธีการนี้ คือ ความเข้มข้นของเบปซิน 0.2 % ตาม AOAC(1995) นั้นมากเกินพอ ทำให้การย่อยได้ของโปรตีนที่คุณภาพไม่ดีได้เกือบสมบูรณ์ ดังนั้นจึงไม่สามารถบอกความแตกต่างของคุณภาพวัตถุดิบได้อย่างเด่นชัด โดยเฉพาะในวัตถุดิบที่มีค่าการย่อยได้สูงเช่น เนื้อปน ผลพลอยได้จากสัตว์ปีก และปลาป่น ดังแสดงผลของความเข้มข้นของเบปซินต่อเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไนโตรเจนในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของปลาป่น [1/]

	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร			เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด (กรัม/16กรัมไนโตรเจน)		
	1	2	3	1	2	3
โปรตีนทั้งหมด	61.02	55.69	53.94	61.02	55.69	53.94
กรดอะมิโนจำเป็น						
ทรีโอนีน	3.18	2.43	2.24	5.21	4.36	4.16
พีนิลอะลานีน	1.57	1.69	1.67	2.58	3.04	3.09
เมไทโอนีน	1.20	1.34	1.36	1.96	2.40	2.51
ลิวซีน	4.24	3.41	3.33	6.95	6.13	6.18
ไลซีน	3.57	3.38	3.63	5.85	6.07	6.74
แวลีน	2.83	2.36	2.44	4.64	4.23	4.52
อาร์จินีน	3.24	3.14	3.69	5.31	5.64	6.84
ไอโซลิวซีน	2.11	1.96	1.82	3.46	3.51	3.37
ฮีสทิดีน	1.80	1.65	1.58	2.95	2.97	2.94
กรดอะมิโนไม่จำเป็น						
กรดกลูตามิค	9.38	8.60	7.29	15.37	15.44	13.52
กรดแอสปาติค	6.57	5.61	4.87	10.76	10.07	9.03
ไกลซีน	5.97	5.94	6.36	9.78	10.67	11.80
ซีรีน	2.65	2.40	2.18	4.35	4.31	4.04
ไทโรซีน	1.01	1.17	1.16	1.65	2.11	2.15
อะลานีน	3.75	3.84	3.38	6.14	6.89	6.27
รวม	53.07	48.92	47.02	86.97	87.85	87.17
รวม EAA [2/]	23.75	21.36	21.77	38.91	38.36	40.36

1/ 1 คือชั้นคุณภาพที่1 2 คือชั้นคุณภาพที่2 3 คือชั้นคุณภาพที่3

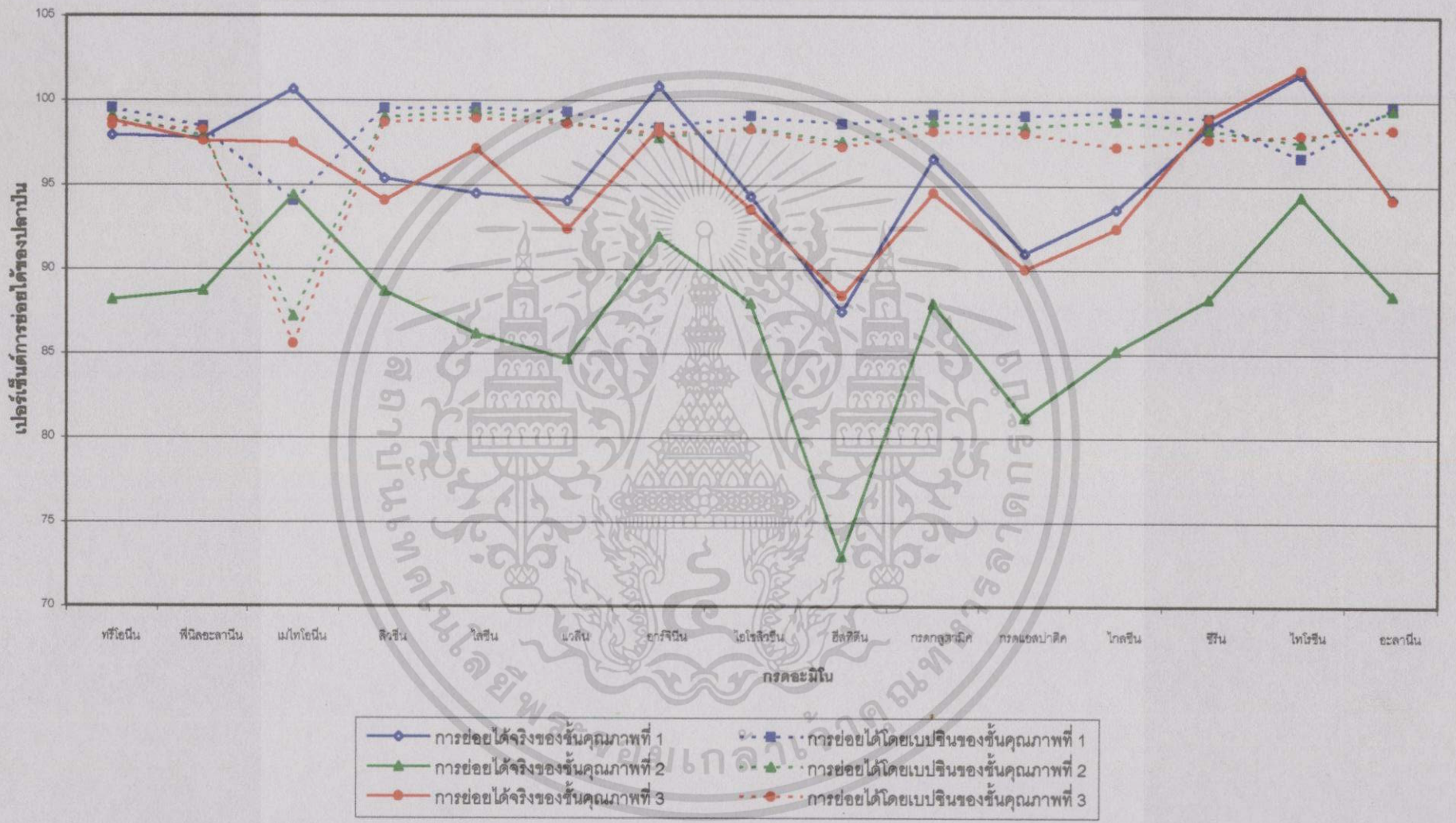
2/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในปลาป่น[1/]

	ชั้นคุณภาพที่ 1		ชั้นคุณภาพที่ 2		ชั้นคุณภาพที่ 3	
	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน
กรดอะมิโนจำเป็น						
ทรีโอนีน	97.91 ± 2.22	99.53 ± 0.11	88.17 ± 3.10	99.07 ± 0.04	98.80 ± 2.61	98.51 ± 0.07
ฟีนิลอะลานีน	97.78 ± 1.94	98.44 ± 0.35	88.73 ± 4.81	97.90 ± 0.38	97.57 ± 2.89	98.25 ± 0.27
เมไทโอนีน	100.64 ± 3.96	94.06 ± 1.56	94.38 ± 4.21	87.21 ± 1.00	97.45 ± 3.81	85.58 ± 1.22
ลิวซีน	95.39 ± 1.70	99.52 ± 0.09	88.69 ± 0.28	99.01 ± 0.01	94.08 ± 0.79	98.69 ± 0.05
ไลซีน	94.51 ± 2.34	99.56 ± 0.05	86.19 ± 1.88	99.33 ± 0.30	97.13 ± 0.50	98.94 ± 0.03
แวลีน	94.07 ± 2.50	99.31 ± 0.19	84.67 ± 1.78	98.76 ± 0.04	92.39 ± 2.63	98.61 ± 0.11
อาร์จินีน	100.86 ± 1.44	98.42 ± 0.55	91.96 ± 2.31	97.81 ± 0.04	98.40 ± 1.19	98.06 ± 0.20
ไอโซลิวซีน	94.35 ± 3.58	99.10 ± 0.22	88.01 ± 1.82	98.42 ± 0.01	93.58 ± 0.41	98.31 ± 0.03
ฮีสทิดีน	87.53 ± 2.41	98.66 ± 0.06	72.96 ± 1.48	97.59 ± 0.63	88.45 ± 2.41	97.30 ± 0.27
กรดอะมิโนไม่จำเป็น						
กรดกลูตามิค	96.59 ± 1.24	99.22 ± 0.22	87.99 ± 2.08	98.82 ± 0.11	94.56 ± 1.07	98.22 ± 0.15
กรดแอสปาติค	91.00 ± 1.39	99.13 ± 0.21	81.23 ± 0.81	98.49 ± 0.07	90.01 ± 0.37	98.11 ± 0.10
ไกลซีน	93.61 ± 2.80	99.35 ± 0.15	85.17 ± 0.13	98.84 ± 0.07	92.44 ± 1.21	97.29 ± 0.02
ซีรีน	98.53 ± 2.00	98.97 ± 0.27	88.27 ± 2.41	98.30 ± 0.07	98.97 ± 2.39	97.75 ± 0.21
ไทโรซีน	101.60 ± 2.84	96.65 ± 0.82	94.35 ± 7.14	97.56 ± 1.42	101.87 ± 3.84	97.99 ± 0.98
อะลานีน	94.24 ± 1.30	99.69 ± 0.03	88.49 ± 0.40	99.50 ± 0.17	94.17 ± 0.50	98.32 ± 0.01
เฉลี่ย	95.91 ± 1.34	98.64 ± 0.31	87.29 ± 2.27	97.77 ± 0.13	95.32 ± 0.70	97.33 ± 0.06
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	96.07 ± 1.23	98.59 ± 0.32	87.44 ± 2.42	97.70 ± 0.13	95.53 ± 0.66	97.33 ± 0.07
เฉลี่ย EAA[2/]	95.89 ± 1.57	98.51 ± 0.33	87.09 ± 2.35	97.23 ± 0.03	95.32 ± 0.98	96.92 ± 0.05

1/ แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัว ไม่รวมทริปโทแฟน



ภาพที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในปลาป่นเปรียบเทียบระหว่าง 3 ชั้นคุณภาพ

4.2.2 กากถั่วเหลือง

4.2.2.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโน

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของกากถั่วเหลือง ในแต่ละชั้นคุณภาพ แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร และเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 4.10 พบว่าเมื่อแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของกากถั่วเหลืองมีแนวโน้มลดลงตามระดับโปรตีน คือ 40.54 38.37 และ 35.88 % ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเฉพาะกรดอะมิโนจำเป็น ก็มีแนวโน้มลดลงตามระดับโปรตีนเช่นเดียวกัน เมื่อคิดส่วนประกอบของกรดอะมิโนเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร พบว่าผลรวมของกรดอะมิโนในชั้นคุณภาพที่ 3 สูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 1 และ 2 (90.25 89.93 และ 87.55 กรัม/16 กรัมไนโตรเจน ตามลำดับ) โดยในชั้นคุณภาพที่ 3 มีกรดอะมิโน ลิวซีน ไลซีน อะลานีน อาร์จินีน และไกลซีน อยู่ในปริมาณที่สูงกว่า เมื่อพิจารณาเฉพาะกรดอะมิโนจำเป็นไม่รวมทริบโทแฟน พบว่าชั้นคุณภาพที่ 2 และ 3 สูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 1 ดังนี้คือ 41.65 41.36 และ 40.12 กรัม/16 กรัมไนโตรเจน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า แม้จะมีโปรตีนสูงก็อาจมีสัดส่วนของกรดอะมิโนต่ำกว่าก็เป็นได้ สอดคล้องกับ กษิดิษ อื้อเชี่ยวชาญกิจ (2537 : 67) รายงานว่า ในกากถั่วเหลืองจากอินเดียมีกรดอะมิโนเมไทโอนีน ไลซีน ทริบโทแฟน และทรีโอนีน เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร มีระดับต่ำกว่าจากสหรัฐอเมริกา แม้ว่าจะมีระดับของโปรตีนใกล้เคียงกันก็ตาม (โปรตีน 47.8 และ 48.4 % ตามลำดับ) โดยกากถั่วเหลืองจากอินเดียมักมีโปรตีนสูง เพราะผลิตมาจากถั่วเหลืองบางพันธุ์ แต่ก็ไม่ได้ลอกเปลือกออกเหมือนของสหรัฐอเมริกา จึงมีเยื่อใยสูงกว่าและมีกรดอะมิโนต่ำกว่าด้วย และอาจเนื่องจากกากถั่วเหลืองในแต่ละชั้นคุณภาพได้จากแหล่งผลิตต่างกัน สอดคล้องกับ ศุภมาส ตันติภาสวศิน และคณะ (2539:180) รายงานว่า กากถั่วเหลืองจากแต่ละแหล่งผลิต มีค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนแตกต่างกัน ซึ่งอาจเนื่องจากความสมบูรณ์ของดินที่ใช้ทำการเพาะปลูกถั่วเหลือง จากแต่ละแหล่งแตกต่างกัน ส่งผลให้มีความผันแปรของส่วนประกอบทางเคมี และระดับของกรดอะมิโน

เมื่อพิจารณากรดอะมิโนรายตัว พบว่าเมไทโอนีน ของกากถั่วเหลืองมีในปริมาณต่ำ แสดงให้เห็นว่า เมไทโอนีน เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นที่เป็นข้อจำกัดอันดับแรกในการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ สอดคล้องกับ พันทิพา พงษ์เพียจันทร์ (2539 : 260) และ Cheeke (1999 : 89) ที่กล่าวว่า เมไทโอนีนและซีสทีน ถูกจัดเป็นกรดอะมิโนที่จำกัดเป็นอันดับแรกของกากถั่วเหลือง เพราะมีอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะเมไทโอนีนมีน้อยมาก

4.2.2.2 ค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่

ผลการวิเคราะห์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในกากถั่วเหลือง ดังแสดงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางที่ 4.11 พบว่า ค่าการย่อยได้จริงในไก่เฉลี่ยของกรดอะมิโนชั้นคุณภาพที่ 3 ซึ่งมีโปรตีนต่ำที่สุด (39.75%) มีค่าสูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 1 และ 2 ซึ่งมีโปรตีนสูงและปานกลาง (45.08 และ 43.83%) คือมีค่า 90.23 87.78 และ 83.81 % ตามลำดับ ในขณะที่ สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 7) รายงานว่ากากถั่วเหลืองประเทศไทยและจีนมีโปรตีน 46.3 และ 44.3 % มีค่าการย่อยได้จริง เท่ากับ 90.72 และ 89.07 % ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนแตกต่างกันได้ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับระดับของโปรตีนหยาบที่วิเคราะห์ได้เสมอไป ในการทดลองนี้อาจเนื่องจากในชั้นคุณภาพที่ 1 และ 2 นั้นมีปริมาณเถ้าสูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 3 และในชั้นคุณภาพที่ 2 ยังมีเปอร์เซ็นต์ส่วนจมเฉลี่ยอยู่ในปริมาณที่สูงมาก (8.46%) หรืออาจเนื่องจากส่วนประกอบของกรดอะมิโนโดยรวมของกากถั่วเหลือง เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร ในชั้นคุณภาพที่ 3 จะมีค่าสูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 2 และสูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 1 เล็กน้อย จึงมีผลให้ค่าการย่อยได้จริงของกากถั่วเหลืองชั้นคุณภาพที่ 3 สูงกว่า 2 และ1 สอดคล้องกับ Swick (2001) รายงานว่า กรดอะมิโนที่ไม่สมดุล มีผลให้การย่อยได้ลดลง และอาจเนื่องจากการให้ความร้อนในกรรมวิธีการผลิตกากถั่วเหลืองไม่เหมาะสม ทำให้กากถั่วเหลืองที่ได้สุกเกินไป มีผลให้ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนลดลง ในการทดลองนี้ ถึงแม้ว่าจากการทดสอบความสุก-ดิบของตัวอย่างในชั้นคุณภาพที่ 3 จะสุกแต่ก็ค่อนข้างจะสุกเกินไปหรือเกือบไหม้ และยังพบว่าค่าการย่อยได้จริงของไลซีนในชั้นคุณภาพที่ 3 สูงกว่า 1 และ 2 ด้วย (92.90 87.40 84.43 % ตามลำดับ) สอดคล้องกับ Fernandez and Parsons (1996 : 226) รายงานว่า การให้ความร้อนกับกากถั่วเหลืองในกระบวนการผลิตมากเกินไป จนเกิดปฏิกิริยา maillard ทำให้การย่อยได้ของไลซีนลดลง เมื่อเทียบกับกากถั่วเหลืองที่ให้ความร้อนในระดับที่เหมาะสม (63$\pm$1.2 และ91$\pm$2.0 % ตามลำดับ) และสอดคล้องกับ Parsons *et al.* (1992 :136-137) รายงานว่า การเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนกับกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากเหตุผลดังกล่าว อาจทำให้ค่าการย่อยได้จริงของไลซีน และเมไทโอนีนมีความผันแปรสูง เนื่องจากเป็นกรดอะมิโนที่ผันแปรได้ง่าย เมื่อได้รับความร้อน

ดังนั้นในการทดสอบความสุก-ดิบของกากถั่วเหลืองโดยใช้สารละลายยูเรีย-ฟีนอลเรดในการทดสอบ ควรให้ความระมัดระวังในเรื่องของความสุกและไหม้ เพราะสีที่ได้จากการทดสอบใกล้เคียงกันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของกากถั่วเหลือง [1/]

	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร			เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด (กรัม/16กรัมไนโตรเจน)		
	1	2	3	1	2	3
โปรตีนทั้งหมด	45.08	43.83	39.75	45.08	43.83	39.75
กรดอะมิโนจำเป็น						
ทรีโอนีน	2.18	1.99	1.76	4.84	4.54	4.44
พีนิลอะลานีน	2.09	2.25	1.98	4.65	5.14	4.97
เมไทโอนีน	0.54	0.64	0.39	1.20	1.46	0.99
ลิวซีน	2.82	2.69	2.65	6.25	6.14	6.65
ไลซีน	2.42	2.47	2.42	5.36	5.63	6.09
แวลีน	1.73	1.80	1.60	3.85	4.12	4.03
อาร์จินีน	2.86	2.79	2.59	6.34	6.35	6.52
ไอโซลิวซีน	1.66	1.77	1.56	3.69	4.04	3.94
ฮีสทิดีน	1.79	1.86	1.49	3.96	4.24	3.74
กรดอะมิโนไม่จำเป็น						
กรดกลูตามิค	8.23	7.15	7.09	18.25	16.31	17.83
กรดแอสปาติค	6.24	5.37	5.13	13.84	12.26	12.90
ไกลซีน	2.39	2.23	2.20	5.31	5.09	5.52
ซีรีน	2.26	2.08	1.99	5.02	4.75	5.01
ไทโรซีน	1.70	1.80	1.55	3.78	4.10	3.91
อะลานีน	1.63	1.49	1.48	3.61	3.39	3.72
รวม	40.54	38.37	35.88	89.93	87.55	90.25
รวม EAA [2/]	18.09	18.26	16.44	40.12	41.65	41.36

1/ 1 คือชั้นคุณภาพที่1 2 คือชั้นคุณภาพที่2 3 คือชั้นคุณภาพที่3

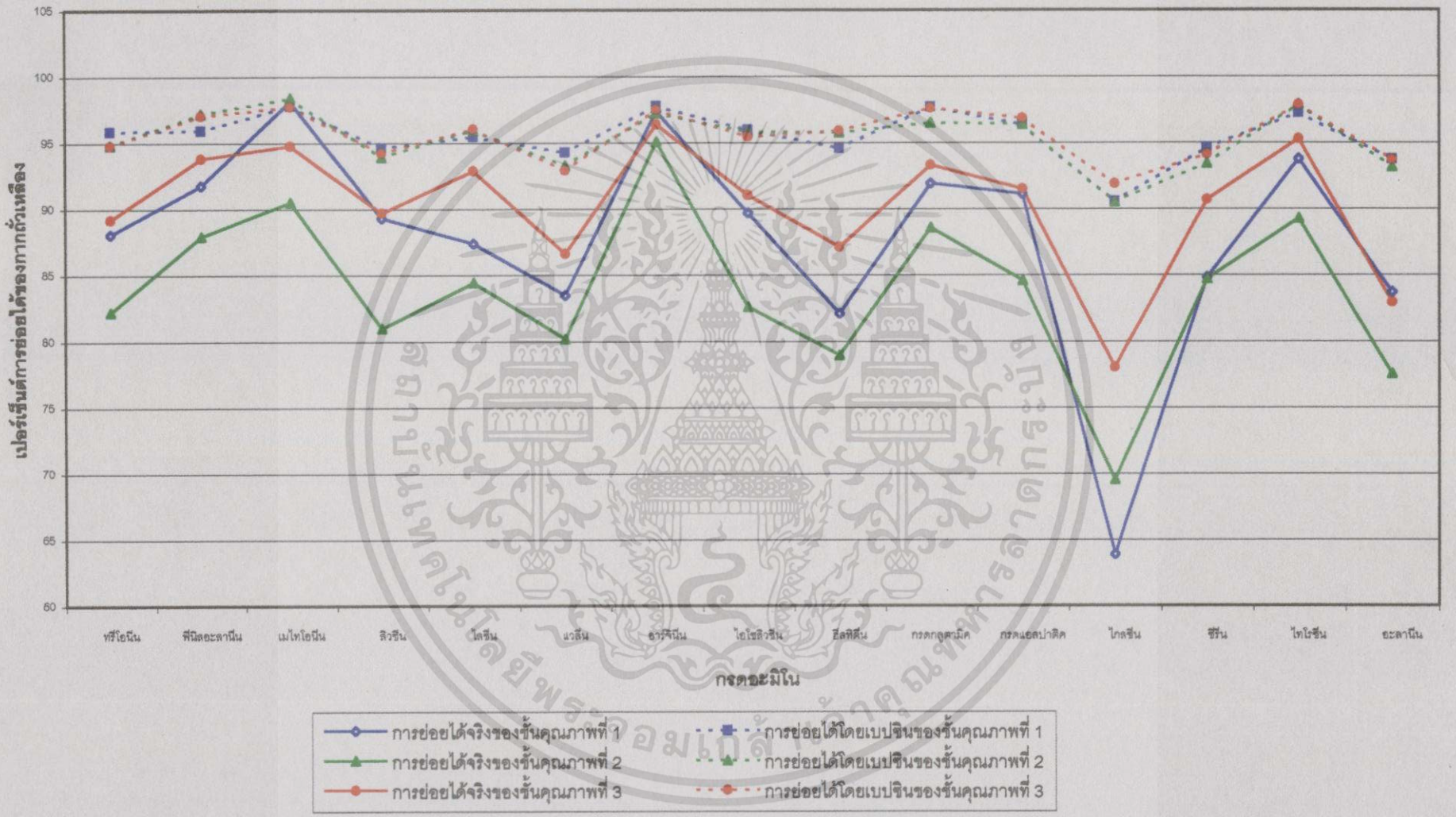
2/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากถั่วเหลือง[1/]

	ชั้นคุณภาพที่ 1		ชั้นคุณภาพที่ 2		ชั้นคุณภาพที่ 3	
	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน
กรดอะมิโนจำเป็น						
ทรีโอนีน	88.11 ± 0.31	95.86 ± 0.14	82.23 ± 0.15	94.80 ± 0.05	89.21 ± 1.66	94.79 ± 0.67
พีนิลอะลานีน	91.76 ± 0.34	95.93 ± 0.38	87.92 ± 1.18	97.21 ± 0.32	93.83 ± 3.46	97.06 ± 0.39
เมไทโอนีน	98.12 ± 5.61	97.76 ± 1.26	90.50 ± 2.24	98.40 ± 0.86	94.79 ± 11.76	97.74 ± 0.93
ลิวซีน	89.34 ± 1.45	94.64 ± 0.33	80.98 ± 3.13	93.94 ± 0.24	89.72 ± 1.84	94.25 ± 0.63
ไลซีน	87.40 ± 2.28	95.45 ± 0.06	84.43 ± 1.32	95.96 ± 0.44	92.90 ± 4.25	96.05 ± 0.47
แวลีน	83.50 ± 0.90	94.26 ± 0.52	80.16 ± 1.89	93.27 ± 0.32	86.64 ± 0.56	92.95 ± 1.03
อาร์จินีน	97.38 ± 0.85	97.78 ± 0.17	95.10 ± 2.48	97.23 ± 0.29	96.40 ± 1.28	97.51 ± 0.63
ไอโซลิวซีน	89.70 ± 1.21	95.98 ± 0.65	82.61 ± 1.17	95.80 ± 0.09	91.05 ± 1.99	95.49 ± 0.73
ฮีสทิดีน	82.08 ± 0.27	94.60 ± 0.13	78.94 ± 2.37	95.76 ± 0.42	87.12 ± 7.19	95.90 ± 0.08
กรดอะมิโนไม่จำเป็น						
กรดกลูตามิค	91.94 ± 0.46	97.70 ± 0.12	88.59 ± 0.70	96.49 ± 0.06	93.33 ± 0.87	97.62 ± 0.75
กรดแอสปาติค	91.13 ± 1.82	96.37 ± 1.23	84.59 ± 0.65	96.41 ± 0.17	91.51 ± 1.32	96.87 ± 0.37
ไกลซีน	63.89 ± 16.18	90.54 ± 0.07	69.54 ± 2.07	90.51 ± 1.25	78.01 ± 2.43	91.91 ± 1.14
ซีรีน	84.84 ± 9.26	94.61 ± 0.21	84.70 ± 0.48	93.45 ± 0.81	90.69 ± 1.52	94.14 ± 1.01
ไทโรซีน	93.76 ± 0.59	97.23 ± 0.16	89.29 ± 0.77	97.91 ± 0.35	95.27 ± 3.48	97.84 ± 0.46
อะลานีน	83.72 ± 1.74	93.75 ± 0.29	77.54 ± 1.10	93.15 ± 0.06	82.94 ± 0.70	93.71 ± 0.89
เฉลี่ย	87.78 ± 1.62	95.50 ± 0.33	83.81 ± 1.15	95.35 ± 0.26	90.23 ± 2.54	95.59 ± 0.67
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	89.48 ± 0.58	95.85 ± 0.35	84.83 ± 1.08	95.70 ± 0.19	91.10 ± 2.89	95.85 ± 0.63
เฉลี่ย EAA [2/]	89.71 ± 0.23	95.81 ± 0.37	84.76 ± 1.27	95.82 ± 0.14	91.30 ± 3.78	95.75 ± 0.60

1/ แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัว ไม่รวมทริบโทแฟน



ภาพที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากถั่วเหลือง เปรียบเทียบระหว่าง 3 ชั้นคุณภาพ

4.2.2.3 ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์การย่อยได้โดยเบปซินของกากถั่วเหลือง ดังตารางที่ 4.11 พบว่าค่าการย่อยได้โดยเบปซินเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกัน (ชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 95.50 95.35 และ 95.59 % ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาค่าการย่อยได้โดยเบปซิน ของกรดอะมิโนรายตัวในทุกชั้นคุณภาพ พบว่าอยู่ในระดับสูง และค่าใกล้เคียงกัน โดยในชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 อยู่ในช่วง 90.54-97.78 90.51-97.91 และ 92.95-97.84 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าการย่อยได้จริงในไก่ และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนแต่ละชนิดระหว่าง 3 ชั้นคุณภาพ ดังภาพที่ 4.2 จะเห็นว่าค่าการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนทุกชนิดในทุกชั้นคุณภาพสูงกว่าการย่อยได้ในตัวไก่ อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของเบปซิน มีความเข้มข้นที่เกินความต้องการ ทำให้การย่อยได้ของโปรตีนในวัตถุดิบคุณภาพไม่ดีได้เกือบสมบูรณ์ ดังนั้นจึงไม่สามารถแยกความแตกต่างเชิงคุณภาพของกากถั่วเหลืองได้อย่างชัดเจน

อย่างไรก็ดี ค่าการย่อยได้โดยเบปซิน มีแนวโน้มว่าสอดคล้องกับการย่อยได้จริงในไก่ คือ ชั้นคุณภาพที่ 3 ดีกว่าชั้นคุณภาพที่ 1 และ 2 แต่ความแตกต่างไม่เด่นชัดดังกล่าวมาแล้ว

4.2.3 กากถั่วลิสง

4.2.3.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโน

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกากถั่วลิสงในแต่ละชั้นคุณภาพ เมื่อแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร และเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 4.12 พบว่า ปริมาณของกรดอะมิโนเมื่อแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหารในกากถั่วลิสงใกล้เคียงกับกากถั่วเหลืองเฉพาะชั้นคุณภาพสูง (ชั้นคุณภาพที่ 1 และ 2) และมีแนวโน้มลดลงตามระดับโปรตีน (ชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 40.35 36.79 และ 32.38 % ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาเฉพาะกรดอะมิโนจำเป็นไม่รวมทริบโทแฟน พบว่าปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นโดยรวมยกเว้นทริปโทแฟนของกากถั่วลิสงชั้นคุณภาพที่ 1 สูงกว่า 2 และ 3 ดังนี้คือ 18.32 15.62 และ 12.66 % ตามลำดับ โดยในชั้นคุณภาพที่ 1 ใกล้เคียงกับ Smith (2001) ที่รายงานว่ากากถั่วลิสงที่มีโปรตีน 48 % มีกรดอะมิโนจำเป็นไม่รวมทริบโทแฟนเท่ากับ 18.42 % ส่วนชั้นคุณภาพที่ 2 สอดคล้องกับ NRC (1994 : 62) ที่รายงานว่ากากถั่วลิสงที่มีโปรตีน 42 % มีกรดอะมิโนจำเป็นไม่รวมทริบโทแฟนเท่ากับ 15.13 % ซึ่งในการทดลองนี้กรดอะมิโนเมไทโอนีน และไลซีน ในทุกชั้นคุณภาพอยู่ในระดับต่ำ โดยอยู่ในช่วง 0.27-0.31 และ 1.19-1.48 % ตามลำดับ ใกล้เคียงกับรายงานของสุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 7) ; NRC (1994 : 62) ; Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 :29) และ Smith (2001) ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.45-0.50 และ 1.26-1.70 % ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของกรดอะมิโนเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร พบว่า ผลรวมของกรดอะมิโนในชั้นคุณภาพที่ 1 และ 2 ใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 3 ประมาณ 6 % ดังนี้คือ 87.52 87.53 และ 81.54 % ตามลำดับ โดยในทุกชั้นคุณภาพกรดอะมิโนเมไทโอนีนมีค่าต่ำกว่ากรดอะมิโนอื่นๆมาก โดยอยู่ในช่วง 0.59-0.77 กรัม/16 กรัมไนโตรเจน ซึ่ง ต่ำกว่ารายงานของ Onwudike (1986 : 183) และ Ravindran and Blair (1992 : 208) ที่มีค่าของเมไทโอนีนเท่ากับ 1.09 และ 1.10 กรัม/16 กรัมไนโตรเจน ตามลำดับ

4.2.3.2 ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในไก่

ผลการวิเคราะห์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโน ดังแสดงในตารางที่ 4.13 พบว่า ค่าการย่อยได้จริงในไก่ของกรดอะมิโนเฉลี่ยของชั้นคุณภาพที่ 2 มีแนวโน้มสูงที่สุด (86.89%) ขณะที่ชั้นคุณภาพที่ 1 มีแนวโน้มต่ำที่สุด (76.13%) โดยค่าการย่อยได้จริงของกากถั่วลิสงในชั้นคุณภาพที่ 2 สูงกว่า สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 7) ที่มีโปรตีน 44.4 % มีค่าการย่อยได้จริงเท่ากับ 84.88 % แต่ใกล้เคียงกับรายงานของ Green (1987 อ้างโดย สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ 2532 : 11) : Yamazaki and Kamata (1986 อ้างโดย สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ 2532 : 11) ที่มีค่าเท่ากับ 85 และ 87 % ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนแตกต่างกันได้ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับระดับของโปรตีนหยาบที่วิเคราะห์ได้เสมอไป เมื่อเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง จะเห็นได้ว่ากากถั่วลิสงจะมีค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนค่อนข้างต่ำกว่า เนื่องจากความไม่สมดุลของกรดอะมิโนมีมากกว่า โดยจะขาดกรดอะมิโน เมไทโอนีน ไลซีน และทริบโทแฟน (Swick. 2001) หรืออาจเนื่องจากกากถั่วลิสงมีสารแทนนินที่ผิวของเมล็ด ทำให้การย่อยได้ของโปรตีนและการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนมีแนวโน้มต่ำลง (Ravindran and Blair. 1992:210) สอดคล้องกับ Longstaff *et al.* (1991 : 155) รายงานว่าเมื่อเพิ่มระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดของกากถั่วลิสงในสูตรอาหารให้สูงขึ้น มีผลต่อค่าการย่อยได้ของโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วมีสาร proanthocyanidin ซึ่งมีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้จริงของพลังงาน และต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีน แป้ง (starch) และไขมัน เช่นเดียวกับที่ พันทิพา พงษ์เพียจันทร์ (2539 : 273) กล่าวว่าเปลือกบางๆหุ้มเมล็ดซึ่งมีสีแดง จะมีสาร goitrogen และสารที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน และส่วนของ germ จะมีสารซาโปนินอยู่บ้างเล็กน้อย

ในการทดลองนี้ ชั้นคุณภาพที่ 3 จะให้ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยรวมต่ำกว่าชั้นคุณภาพที่ 2 เพราะความไม่สมดุลของกรดอะมิโน หรืออาจเนื่องจากมีเยื่อใยสูงกว่า อย่างไรก็ดี ในชั้นคุณภาพที่ 1 กลับมีค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนต่ำที่สุด ถึงแม้ว่าจะมีความสมดุลของกรดอะมิโนมากกว่าก็ตาม อาจเป็นเพราะกระบวนการผลิตไม่เหมาะสม อาจทำลายสารยับยั้งน้ำย่อยโปรตีนไม่หมด (Swick.2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนแต่ละชนิด พบว่าในชั้นคุณภาพที่ 2 มีแนวโน้มสูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 3 และ 1 ยกเว้น ไทโรซีน และฮีสทิดีน โดยค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 อยู่ในช่วง 52.29-93.61 69.05-97.04 และ 64.23-94.02 % ตามลำดับ โดยจะเห็นว่ากรดอะมิโน เมไทโอนีน และไลซีน มีค่าการย่อยได้ต่ำและมีความแปรปรวนสูง เช่นเดียวกับกากถั่วเหลือง

4.2.3.3 ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์การย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยเบปซินของกากถั่วลิสง ดังแสดงในตารางที่ 4.13 พบว่าค่าการย่อยได้เฉลี่ยในแต่ละชั้นคุณภาพมีแนวโน้มไม่แตกต่างกัน (96.27 96.80 และ 94.17 % ในชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาค่าการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนรายตัวในแต่ละชั้นคุณภาพ จะเห็นว่าอยู่ในระดับสูง โดยในชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 อยู่ในช่วง 91.23-99.10 92.84-98.60 และ 77.13-97.45 % ตามลำดับ และพบว่าเมไทโอนีนในชั้นคุณภาพที่ 3 มีค่าการย่อยได้โดยเบปซินต่ำ และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงมาก อาจเนื่องจากเมไทโอนีน มีปริมาณต่ำ ถ้ามีความผิดพลาดในการวิเคราะห์เพียงเล็กน้อย จะมีผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงกว่า

เมื่อเปรียบเทียบค่าการย่อยได้จริงในตัวสัตว์ และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนทั้ง 3 ชั้นคุณภาพ ดังภาพที่ 4.3 ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับกากถั่วเหลือง นั่นคือ พบว่าค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยเบปซิน ส่วนใหญ่มีแนวโน้มสูงกว่าค่าการย่อยได้ในตัวสัตว์ ยกเว้นเมไทโอนีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของกากถั่วลิสง [1/]

	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร			เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด (กรัม/16กรัมไนโตรเจน)		
	1	2	3	1	2	3
โปรตีนทั้งหมด	46.10	42.03	39.71	46.10	42.03	39.71
กรดอะมิโนจำเป็น						
ทรีโอนีน	1.81	1.30	1.19	3.92	3.09	2.99
พีนิลอะลานีน	2.01	1.67	1.71	4.36	3.99	4.30
เมไทโอนีน	0.27	0.29	0.31	0.59	0.68	0.77
ลิวซีน	2.90	2.31	2.08	6.29	5.50	5.25
ไลซีน	1.48	1.19	1.32	3.20	2.82	3.33
แวลีน	2.54	1.86	1.45	5.51	4.43	3.65
อาร์จินีน	4.78	4.72	2.02	10.37	11.23	5.08
ไอโซลิวซีน	1.27	1.14	1.06	2.75	2.72	2.67
ฮิสทิดีน	1.26	1.14	1.52	2.73	2.72	3.82
กรดอะมิโนไม่จำเป็น						
กรดกลูตามิค	9.75	7.91	7.30	21.15	18.83	18.37
กรดแอสปาติค	3.91	5.24	5.07	8.48	12.46	12.77
ไกลซีน	3.21	3.27	2.94	6.96	7.77	7.39
ซีรีน	2.47	2.14	1.76	5.36	5.09	4.44
ไทโรซีน	1.79	1.01	1.45	3.89	2.41	3.64
อะลานีน	0.90	1.60	1.21	1.95	3.80	3.04
รวม	40.35	36.79	32.38	87.52	87.53	81.54
รวม EAA [2]	18.32	15.62	12.66	39.73	37.17	31.87

1/ 1 คือชั้นคุณภาพที่1 2 คือชั้นคุณภาพที่2 3 คือชั้นคุณภาพที่3

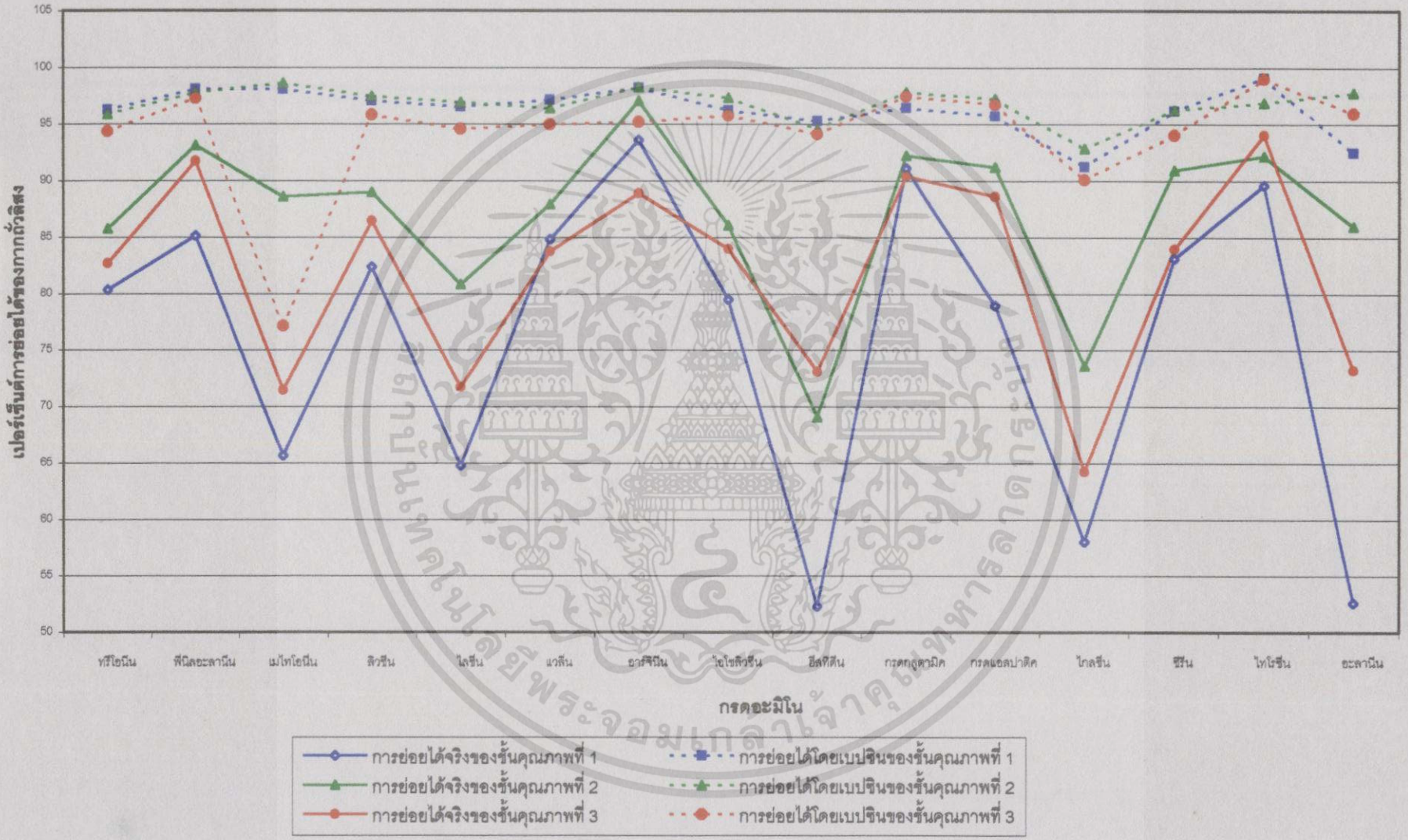
2/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากถั่วลิสง [1]

	ชั้นคุณภาพที่ 1		ชั้นคุณภาพที่ 2		ชั้นคุณภาพที่ 3	
	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน
กรดอะมิโนจำเป็น						
ทรีโอนีน	80.32 ± 0.02	96.26 ± 0.02	85.75 ± 1.57	95.86 ± 0.01	82.68 ± 3.90	94.35 ± 1.18
พีนิลอะลานีน	85.12 ± 4.74	98.07 ± 0.31	93.10 ± 2.11	97.77 ± 0.28	91.76 ± 1.06	97.29 ± 0.62
เมไทโอนีน	65.66 ± 12.95	98.06 ± 0.41	88.57 ± 10.54	98.60 ± 1.25	71.46 ± 21.59	77.13 ± 32.34
ลิวซีน	82.38 ± 1.44	97.05 ± 0.10	88.99 ± 2.76	97.46 ± 1.01	86.45 ± 2.04	95.83 ± 0.08
ไลซีน	64.76 ± 3.66	96.53 ± 0.83	80.82 ± 6.24	96.93 ± 0.47	71.73 ± 5.50	94.58 ± 0.96
แวลีน	84.84 ± 1.89	97.15 ± 0.19	87.91 ± 1.90	96.40 ± 0.71	83.74 ± 1.93	94.99 ± 0.22
อาร์จินีน	93.61 ± 0.90	98.21 ± 0.29	97.04 ± 1.24	98.27 ± 0.16	88.88 ± 4.59	95.22 ± 0.85
ไอโซลิวซีน	79.50 ± 3.66	96.22 ± 0.27	86.07 ± 3.76	97.34 ± 1.18	83.96 ± 3.12	95.79 ± 0.05
ฮีสทิดีน	52.29 ± 14.45	95.30 ± 0.00	69.05 ± 8.66	94.58 ± 1.42	73.09 ± 2.56	94.14 ± 1.79
กรดอะมิโนไม่จำเป็น						
กรดกลูตามิค	91.11 ± 0.51	96.44 ± 2.43	92.21 ± 0.79	97.80 ± 0.43	90.41 ± 1.49	97.45 ± 0.17
กรดแอสปาติค	78.98 ± 0.49	95.72 ± 0.20	91.20 ± 0.42	97.23 ± 0.28	88.65 ± 1.75	96.74 ± 0.52
ไกลซีน	58.03 ± 10.68	91.23 ± 0.35	73.60 ± 1.05	92.84 ± 0.16	64.23 ± 5.53	90.07 ± 1.04
ซีรีน	83.15 ± 2.28	96.17 ± 0.31	90.92 ± 1.44	96.26 ± 0.03	83.97 ± 2.07	94.05 ± 0.44
ไทโรซีน	89.60 ± 2.34	99.10 ± 0.12	92.19 ± 3.41	96.88 ± 2.85	94.02 ± 1.37	99.00 ± 0.65
อะลานีน	52.64 ± 1.13	92.47 ± 0.33	85.97 ± 0.90	97.76 ± 1.44	73.24 ± 5.96	95.97 ± 2.47
เฉลี่ย	76.13 ± 1.45	96.27 ± 0.63	86.89 ± 3.01	96.80 ± 0.02	81.88 ± 4.30	94.17 ± 2.75
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	77.42 ± 0.79	96.63 ± 0.42	87.84 ± 3.15	97.08 ± 0.03	83.14 ± 4.21	94.46 ± 3.02
เฉลี่ย EAA [2]	76.50 ± 1.45	96.98 ± 0.27	86.37 ± 4.31	97.02 ± 0.19	81.53 ± 5.14	93.26 ± 4.22

1/ แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัว ไม่รวมทริบโทแฟน



ภาพที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากถั่วลิสงเปรียบเทียบระหว่าง 3 ชั้นคุณภาพ

4.2.4 กากเมล็ดฝ้าย

4.2.4.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโน

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกากเมล็ดฝ้ายในแต่ละชั้นคุณภาพ เมื่อแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร และเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 4.14 จะเห็นว่าเมื่อแสดงส่วนประกอบของกรดอะมิโนเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร มีแนวโน้มลดลงตามระดับของโปรตีน คือชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 35.05 31.58 และ 17.59 % ตามลำดับ โดยในชั้นคุณภาพที่ 1 ใกล้เคียงกับรายงานของ Ravindran *et al.* (1999: 701) ที่มีโปรตีน 42.4 % มีกรดอะมิโนโดยรวม 35.93 % แต่สูงกว่ารายงานของ Fernandez and Parsons (1996 : 218) ที่มีระดับของโปรตีน 41 % มีกรดอะมิโนรวมเท่ากับ 28.16 % และพบว่ากากเมล็ดฝ้ายในชั้นคุณภาพที่ 3 มีกรดอะมิโนรวมค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องจากเป็นกากเมล็ดฝ้ายที่มีกระบวนการผลิตแตกต่างจากชั้นคุณภาพอื่น เช่น เป็นชนิดไม่ได้กระเทาะเปลือกออก ทำให้มีโปรตีนต่ำ ขณะที่ไขมัน เยื่อใยค่อนข้างสูง (25.65 8.03 และ 18.66 % ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาเฉพาะกรดอะมิโนจำเป็นไม่รวมทริบโทแฟน พบว่ามีแนวโน้มลดลงตามระดับโปรตีนเช่นเดียวกัน (ชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 15.28 14.29 และ 7.97 % ตามลำดับ) และต่ำกว่ารายงานของ NRC (1994 :62) ; Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 :29) ที่มีโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นไม่รวมทริบโทแฟนอยู่ในช่วง 40-40.9 และ16.02-16.44 % ตามลำดับ ในการทดลองนี้ จะเห็นว่าส่วนประกอบของกรดอะมิโนจำเป็นของกากเมล็ดฝ้ายต่ำกว่ากากถั่วเหลือง แสดงว่ากากเมล็ดฝ้ายมีความไม่สมดุลของกรดอะมิโนสูงกว่ากากถั่วเหลือง สอดคล้องกับ Swick (2001) รายงานว่ากากเมล็ดฝ้ายมีกรดอะมิโน ไลซีน เมไทโอนีน และทรีโอนีนอยู่ในปริมาณต่ำมาก

เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของกรดอะมิโนเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร พบว่ามีแนวโน้มลดลงตามระดับโปรตีน (ชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 84.82 84.27 และ 68.59 กรัม/16 กรัมไนโตรเจน ตามลำดับ) จะเห็นว่ากากเมล็ดฝ้ายชั้นคุณภาพที่ 1 และ 2 มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาเฉพาะกรดอะมิโนจำเป็น พบว่ากากเมล็ดฝ้ายชั้นคุณภาพที่ 2 สูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 1 และ 3 (38.13 36.97 และ 31.08 กรัม /16 กรัมไนโตรเจน ตามลำดับ) ในขณะที่ Ravindran and Blair (1992 : 208) รายงานว่ากากเมล็ดฝ้ายที่มีโปรตีน 38 % มีกรดอะมิโนจำเป็นไม่รวมทริบโทแฟนเท่ากับ 41.80 กรัม/16 กรัมไนโตรเจน ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับชั้นคุณภาพที่ 2

4.2.4.2 ค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่

ผลการวิเคราะห์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่ ดังแสดงในตารางที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า ในชั้นคุณภาพที่ 2 ซึ่งมีโปรตีนอยู่ในระดับปานกลาง(37.48 %) มีค่าการย่อยได้จริงสูงที่สุด รองลงมาคือชั้นคุณภาพที่ 1 และ 3 ดังนี้คือ 83.74 80.83 และ 77.27 % ตามลำดับ อาจเนื่องจากกรดอะมิโนจำเป็นของกากเมล็ดฝ้าย เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร พบว่าในชั้นคุณภาพที่ 2 สูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 1 และ 3 สอดคล้องกับ Swick (2001) รายงานว่า ความไม่สมดุลของกรดอะมิโนทำให้ค่าการย่อยได้ลดลงได้

ในการทดลองนี้ จะเห็นว่าค่าการย่อยได้ของกากเมล็ดฝ้ายอยู่ในระดับที่ต่ำและต่ำกว่ากากถั่วเหลือง อาจเนื่องมาจากกากเมล็ดฝ้ายมีเยื่อใยสูง ทำให้การย่อยได้ลดลง สอดคล้องกับ Janssen and Carre (1985 : 80-81) ที่รายงานว่า กากเมล็ดฝ้ายที่มีเยื่อใยสูง ค่าการย่อยได้ของโปรตีนจะลดลง และหากมีเยื่อใยในระดับต่ำ ค่าการย่อยได้ของโปรตีนจะเพิ่มขึ้น ซึ่งในการทดลองนี้ ชั้นคุณภาพที่ 3 มีเยื่อใยสูง จึงให้ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนต่ำลง นอกจากนี้ การที่กากเมล็ดฝ้ายมีต่อมสีที่มีสารพิษกอสสิปอลอยู่ หากความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตไม่เพียงพอที่จะทำให้กอสสิปอลอิสระเปลี่ยนรูปไปเป็น bound gossypol ได้ จะทำให้กอสสิปอลอิสระถูกดูดซึมเข้าผนังลำไส้ เกิดเป็นพิษต่อสัตว์ โดยไปยับยั้งเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยอาหาร ทำให้ค่าการย่อยได้ลดลง หรืออาจเกิดจากกรดไฟติคที่มีอยู่ในกากเมล็ดฝ้าย ดัง Ravindran *et al.* (1999 : 701) รายงานว่ากากเมล็ดฝ้ายที่มีกรดไฟติค จะลดการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนลง สอดคล้องกับ Sebastian *et al.* (1998: 27) ที่กล่าวว่า กรดไฟติคจัดเป็นสารประกอบที่อยู่รวมกับโปรตีน จึงมีผลในการลดค่าการเป็นประโยชน์ได้ของโปรตีน เพราะไปลดปฏิกิริยาของเอนไซม์เบปซิน ทริปซิน และอัลฟาอะไมเลส

เมื่อพิจารณาค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนจำเป็น พบว่ากรดอะมิโนของกากเมล็ดฝ้ายชั้นคุณภาพที่ 2 สูงกว่า 1 และ 3 ดังนี้คือ 84.57 80.97 และ 77.14 % ตามลำดับ สูงกว่ารายงานของ Fernandez *et al.* (1995 : 1174) ; NRC (1994 : 74) และ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 : 28) ที่มีโปรตีนอยู่ในช่วง 36.5-41.0 % มีค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนอยู่ในช่วง 71.67 - 75.89 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของกากเมล็ดฝ้าย [1/]

	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร			เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด (กรัม/16กรัมไนโตรเจน)		
	1	2	3	1	2	3
โปรตีนทั้งหมด	41.32	37.48	25.65	41.32	37.48	25.65
กรดอะมิโนจำเป็น						
ทรีโอนีน	1.59	1.37	0.76	3.86	3.65	2.97
พีนิลอะลานีน	2.00	1.71	0.92	4.84	4.56	3.61
เมไทโอนีน	0.35	0.26	0.22	0.84	0.69	0.88
ลิวซีน	2.08	2.05	1.10	5.03	5.48	4.30
ไลซีน	1.45	1.60	0.81	3.52	4.28	3.17
แวลีน	1.67	1.69	0.94	4.05	4.50	3.66
อาร์จินีน	3.68	3.02	1.69	8.90	8.07	6.59
ไอโซลิวซีน	1.03	1.04	0.53	2.49	2.76	2.06
ฮีสทิดีน	1.42	1.55	0.99	3.45	4.15	3.85
กรดอะมิโนไม่จำเป็น						
กรดกลูตามิค	8.31	7.38	4.06	20.10	19.70	15.81
กรดแอสปาติค	4.75	3.94	2.39	11.51	10.53	9.31
ไกลซีน	2.16	2.05	1.09	5.24	5.48	4.24
ซีรีน	1.69	1.55	0.82	4.10	4.15	3.20
ไทโรซีน	1.50	1.09	0.56	3.63	2.91	2.20
อะลานีน	1.35	1.27	0.71	3.27	3.38	2.76
รวม	35.05	31.58	17.59	84.82	84.27	68.59
รวม EAA [2/]	15.28	14.29	7.97	36.97	38.13	31.08

1/ 1 คือชั้นคุณภาพที่1 2 คือชั้นคุณภาพที่2 3 คือชั้นคุณภาพที่3

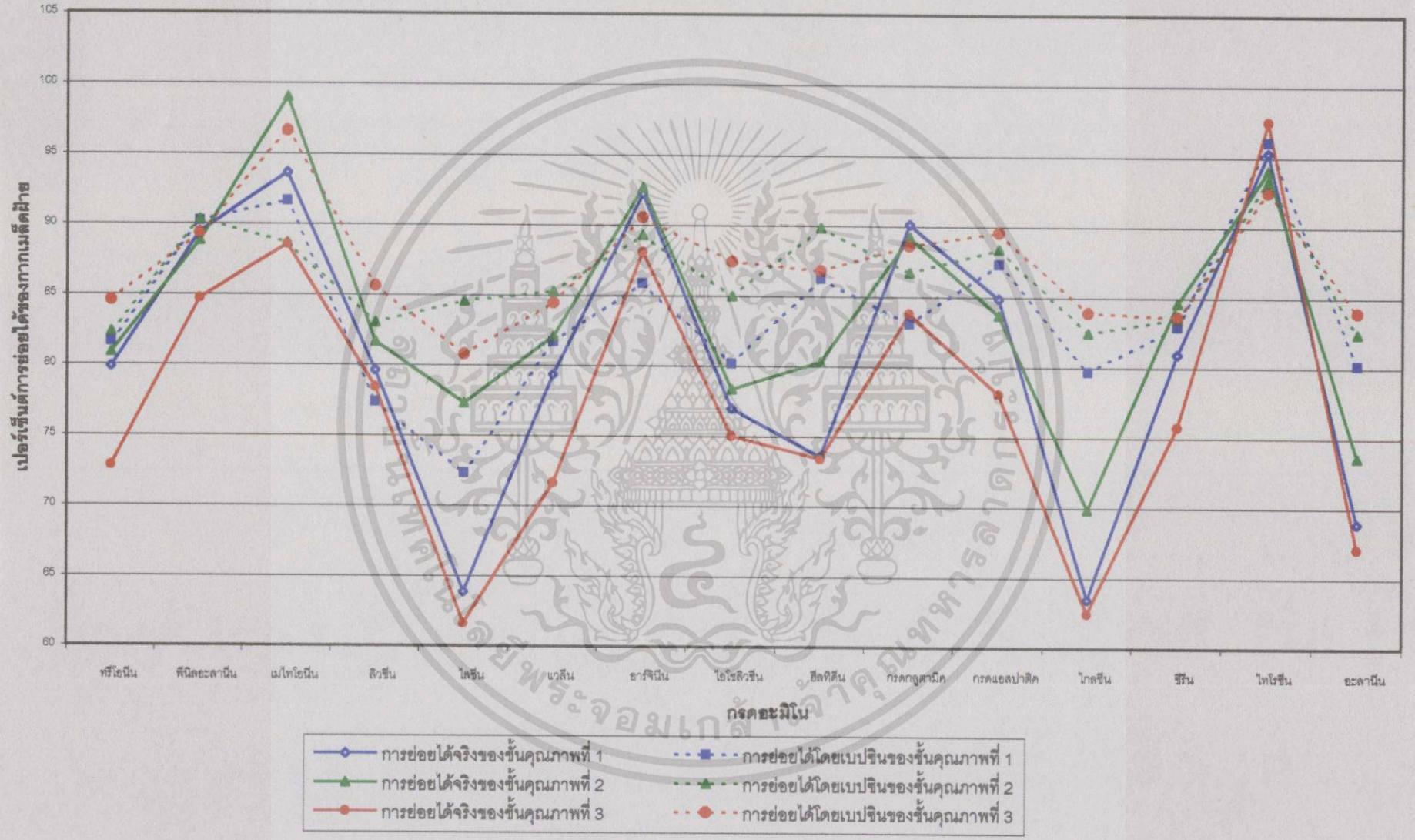
2/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากเมล็ดฝ้าย[1/]

	ชั้นคุณภาพที่ 1		ชั้นคุณภาพที่ 2		ชั้นคุณภาพที่ 3	
	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน
กรดอะมิโนจำเป็น						
ทรีโอนีน	79.86 ± 4.49	81.61 ± 0.04	80.87 ± 1.14	82.31 ± 1.85	72.81 ± 0.36	84.56 ± 2.34
ฟีนิลอะลานีน	89.46 ± 1.94	90.21 ± 1.51	88.81 ± 0.21	90.33 ± 2.07	84.71 ± 0.78	89.33 ± 3.27
เมไทโอนีน	93.67 ± 9.37	91.66 ± 0.92	99.03 ± 3.80	88.67 ± 2.88	88.57 ± 23.47	96.64 ± 2.10
ลิวซีน	79.64 ± 5.50	77.38 ± 2.43	81.67 ± 0.55	83.03 ± 2.46	78.42 ± 11.17	85.64 ± 2.84
ไลซีน	63.88 ± 3.40	72.32 ± 3.36	77.29 ± 1.57	84.58 ± 2.41	61.61 ± 5.39	80.76 ± 3.22
แวลีน	79.36 ± 5.17	81.68 ± 0.45	82.06 ± 1.18	85.26 ± 1.67	71.65 ± 0.95	84.46 ± 3.61
อาร์จินีน	92.27 ± 0.56	85.87 ± 0.75	92.69 ± 0.05	89.32 ± 0.85	88.12 ± 0.10	90.56 ± 2.19
ไอโซลิวซีน	77.00 ± 6.11	80.17 ± 4.19	78.37 ± 0.67	84.99 ± 3.40	75.02 ± 7.83	87.46 ± 0.02
ฮีสทิดีน	73.55 ± 5.31	86.24 ± 0.08	80.32 ± 1.11	89.87 ± 0.44	73.40 ± 3.43	86.83 ± 3.05
กรดอะมิโนไม่จำเป็น						
กรดกลูตามิค	90.15 ± 2.55	83.05 ± 2.04	89.24 ± 0.39	86.70 ± 1.18	83.79 ± 0.97	88.65 ± 1.80
กรดแอสปาติค	84.89 ± 3.89	87.35 ± 0.83	83.70 ± 0.17	88.38 ± 1.31	78.07 ± 0.23	89.59 ± 1.91
ไกลซีน	63.48 ± 17.64	79.70 ± 0.19	69.86 ± 0.94	82.48 ± 2.09	62.47 ± 5.63	83.90 ± 3.12
ซีรีน	80.96 ± 4.85	82.91 ± 0.80	84.60 ± 0.26	83.51 ± 1.05	75.76 ± 0.89	83.62 ± 2.47
ไทโรซีน	95.30 ± 0.56	96.09 ± 0.98	94.04 ± 1.12	93.27 ± 1.52	97.54 ± 0.75	92.49 ± 2.18
อะลานีน	68.92 ± 11.01	80.18 ± 0.73	73.60 ± 0.94	82.42 ± 1.69	67.08 ± 3.39	83.93 ± 2.18
เฉลี่ย	80.83 ± 4.09	83.76 ± 0.92	83.74 ± 0.16	86.34 ± 1.53	77.27 ± 4.08	87.23 ± 2.37
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	82.06 ± 3.13	84.05 ± 0.98	84.74 ± 0.10	86.62 ± 1.53	78.32 ± 3.97	87.47 ± 2.37
เฉลี่ย EAA [2/]	80.97 ± 2.45	83.02 ± 1.31	84.57 ± 0.14	86.48 ± 1.75	77.14 ± 5.65	87.36 ± 2.38

1/ แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัว ไม่รวมทริบโทแฟน



ภาพที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากเมล็ดฝ้าย เปรียบเทียบระหว่าง 3 ชั้นคุณภาพ

4.2.4.3 ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์การย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยเบปซินของกากเมล็ดฝ้าย ดังตารางที่ 4.15 พบว่า ค่าการย่อยได้ของชั้นคุณภาพที่ 3 สูงกว่า 2 และ 1 ดังนี้คือ 87.23 86.34 และ 83.76 % ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนรายตัว พบว่าชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 อยู่ในช่วง 72.32-96.09 82.31-93.27 และ 80.76-96.64 % ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าที่ได้ค่อนข้างผันแปรมาก เนื่องจากกากเมล็ดฝ้ายมีเยื่อใยในปริมาณสูง จึงไปขัดขวางการย่อยของเอนไซม์ ดัง AOAC (1995) กล่าวว่าวิธีการหาค่าการย่อยได้โดยเบปซินโดยวิธีการกรองนี้ ไม่เหมาะสำหรับโปรตีนจากพืชหรืออาหารผสม เพราะอาจเกิดการจับตัวกับคาร์โบไฮเดรต และส่วนประกอบอื่นๆ ทำให้เบปซินเข้าย่อยไม่ได้

เมื่อเปรียบเทียบค่าการย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนของทั้ง 3 ชั้นคุณภาพ ดังภาพที่ 4.4 พบว่า ค่าการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนเกือบทุกชนิด มีแนวโน้มสูงกว่าค่าการย่อยได้ในไก่ ยกเว้น เมไทโอนีน อาร์จินีน กรดกลูตามิค และไทโรซีน ในบางชั้นคุณภาพ

จะเห็นว่า ค่าการย่อยได้โดยเบปซินในระหว่างชั้นคุณภาพ เริ่มมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนขึ้นกว่าวัตถุดิบที่ย่อยได้สูง เช่น ปลาป่น และกากถั่วเหลือง เป็นต้น และสามารถบ่งลำดับคุณภาพของชั้นที่ 2 และ 1 ได้สอดคล้องกับในการทดสอบในไก่ ยกเว้นชั้นคุณภาพที่ 3 อาจเป็นเพราะในชั้นคุณภาพที่ 3 มีเยื่อใยสูงเกินไป ไม่เหมาะกับการย่อยโดยเบปซิน (AOAC. 1995)

4.2.5 กากปาล์มน้ำมัน

4.2.5.1 ส่วนประกอบของกรดอะมิโน

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกากปาล์มน้ำมันในแต่ละชั้นคุณภาพ เมื่อแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร และเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 4.16 พบว่าผลรวมของกรดอะมิโนแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร มีแนวโน้มลดลงตามระดับโปรตีน คือ 12.98 8.18 และ 4.31 % ในชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ สำหรับชั้นคุณภาพที่ 1 ซึ่งเป็นกากชนิดเนื้อในเมล็ดปาล์มนั้น จะให้คุณค่าสูงกว่าเล็กน้อยกับ สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 7) ที่รายงานว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มที่มีโปรตีนประมาณ 14 % มีกรดอะมิโนรวม 10.82 % เมื่อพิจารณากรดอะมิโนจำเป็นไม่รวมทริบโทแฟนผลที่ได้มีแนวโน้มลดลงตามระดับโปรตีนเช่นเดียวกันดังนี้คือ ชั้นคุณภาพที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 6.69 4.80 และ 1.98 % ตามลำดับ โดยในชั้นคุณภาพที่ 1 จะใกล้เคียงกับรายงานของ Rhone Poulenc Animal Nutrition (1993 : 29) ที่มีระดับโปรตีน 16 % และกรดอะมิโนจำเป็นไม่รวมทริบโทแฟนเท่ากับ 6.80 % เมื่อพิจารณากรดอะมิโนรายตัว พบว่ากรดอะมิโนทุกตัวในแต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นคุณภาพค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบโปรตีนชนิดอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากกากปาล์มน้ำมันในทุกชั้นคุณภาพมีเยื่อใยสูง โดยเฉพาะในชั้นคุณภาพที่ 2 และ 3 ซึ่งเป็นกากปาล์มน้ำมันทั้งผล จะมีเยื่อใยสูง เพราะมีส่วนของเปลือก กะลา และเส้นใยปะปนอยู่ โดยเฉพาะในชั้นคุณภาพที่ 3 มีอยู่ในปริมาณมาก แต่ในชั้นคุณภาพที่ 1 ซึ่งเป็นชนิดกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม จะมีเยื่อใยจึงต่ำกว่า แต่ยังคงสูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ทำให้ส่วนประกอบของกรดอะมิโนค่อนข้างแปรผันมาก

เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของกรดอะมิโนเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร พบว่าผลรวมของกรดอะมิโนในชั้นคุณภาพที่ 1 และ 3 ใกล้เคียงกัน (81.77 และ 81.17%) ขณะที่ชั้นคุณภาพที่ 2 ซึ่งมีโปรตีนปานกลาง มีค่าที่ต่ำที่สุด (76.87 %) โดยในชั้นคุณภาพที่ 1 ยังคงมีโปรตีนและกรดอะมิโนรวมต่ำกว่ารายงานของ Onwudike (1986 : 183) ที่มีโปรตีน 19.2 % มีกรดอะมิโนโดยรวม 92.35 กรัม/16 กรัมไนโตรเจน และ Yeong (1982 อ้างโดย ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. 2529 : 12) ที่มีโปรตีน 16 % มีกรดอะมิโนเท่ากับ 94.08 กรัม/16 กรัมไนโตรเจน เมื่อพิจารณากรดอะมิโนจำเป็นไม่รวมทริบโทแฟน พบว่ากากปาล์มน้ำมันชั้นคุณภาพที่ 2 สูงกว่า 1 และ 3 (45.08 42.13 และ 37.26 กรัม/16 กรัมไนโตรเจน ตามลำดับ) ใกล้เคียงกับ Onwudike (1986 : 183) ที่มีค่าเท่ากับ 42.71 กรัม/16 กรัมไนโตรเจน แต่ต่ำกว่า Yeong (1982 อ้างโดย ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. 2529 : 12) ที่มีค่าเท่ากับ 47.43 กรัม/16 กรัมไนโตรเจน

4.2. 5.2 ค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่

ผลการวิเคราะห์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโน ดังแสดงในตารางที่ 4.17 พบว่าในชั้นคุณภาพที่ 1 การย่อยได้จริงเฉลี่ยของกรดอะมิโนสูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 2 เล็กน้อย แต่สูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 3 ประมาณ 12.55 % สาเหตุที่มีค่าแตกต่างกันมาก เพราะในชั้นคุณภาพที่ 3 เป็นชนิดกากปาล์มน้ำมันทั้งผล ที่มีเยื่อใยที่สูงมาก ซึ่งมีการปะปนของกะลามากกว่าชั้นคุณภาพอื่นๆ จึงย่อยไม่ได้ มีผลให้ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนลดลง สอดคล้องกับ Janssen and Carre (1985 : 80-81) รายงานว่าปริมาณของเยื่อใยมีผลต่อการย่อยอาหารของสัตว์ปีก และ Onwudike (1986 : 184-185) ยังรายงานว่าค่าการใช้ประโยชน์ได้โดยรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม ต่ำกว่ากากถั่วลิสงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (83.3 และ 91.1% ตามลำดับ) เนื่องจากมีเยื่อใยในระดับสูง ทำให้ไปลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่กระทำกับโปรตีน และขั้นการนำโปรตีนไปใช้ประโยชน์ สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ (2532 : 12) กล่าวว่าการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการผลิตและการสกัดน้ำมัน และการควบคุมคุณภาพระหว่างการผลิต ซึ่งความแตกต่างระหว่างขั้นตอนการผลิต ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ คุณภาพของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มจึงขึ้นอยู่กับระดับโปรตีน เยื่อใย น้ำมัน และปริมาณเปลือก (กะลา) Swick (2001) รายงานว่า อีกสาเหตุที่ทำให้การย่อยได้ของกากปาล์มน้ำมันต่ำ อาจเนื่องจากการให้ความร้อนที่สูงเกินไปใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างกระบวนการสกัดน้ำมัน ทำให้เกิดการรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของคาร์โบไฮเดรต กับกรดอะมิโน ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนลดต่ำลง

อย่างไรก็ดี กรดอะมิโนบางชนิดในชั้นคุณภาพที่ 3 ไม่สามารถหาค่าได้ เนื่องจากในการทดลองนี้ปรับค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่ โดยใช้สูตรอาหารปราศจากโปรตีนที่ไม่มีเยื่อใยเป็นส่วนประกอบ ไก่จะขับถ่ายออกมาน้อยกว่าเมื่อได้รับอาหารที่มีเยื่อใย ทำให้เมื่อใช้สูตรอาหารปราศจากโปรตีนที่ไม่มีเยื่อใยเป็นส่วนประกอบนี้ เพื่อปรับค่าการย่อยได้จริงของกากปาล์มน้ำมันในชั้นคุณภาพ 3 ซึ่งมีเยื่อใยสูง ค่าที่ได้จึงผิดความเป็นจริง สอดคล้องกับ Parsons *et al.* (1983 : 483-489) ที่รายงานว่ากรดอะมิโน (endogenous)ในสิ่งขับถ่ายของไก่ที่ให้สูตรอาหารปราศจากโปรตีนที่มีเยื่อใยสูง จะสูงกว่าสิ่งขับถ่ายของไก่อดอาหารหรือไก่ที่ให้สูตรอาหารปราศจากโปรตีนที่มีเยื่อใยต่ำ ดังนั้นการใช้ไก่อดอาหารหรือให้สูตรอาหารปราศจากโปรตีนอาจทำให้ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนในวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูงไม่ถูกต้อง เท่ากับการใช้สูตรอาหารปราศจากโปรตีนมีเยื่อใยสูงในการปรับค่า endogenous amino acid หรือในบางกรณีที่มีการขับกรดอะมิโนในสิ่งขับถ่ายน้อยมาก เพราะปริมาณในวัตถุดิบที่มีน้อย เช่น เมไทโอนีน ไลซีน และไทโรซีน ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ปริมาณได้ในสิ่งขับถ่าย จึงหาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนชนิดนั้นไม่ได้

4.2.5.3 ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์การย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยเบปซินของกากปาล์มน้ำมัน ดังตารางที่ 4.17 พบว่าค่าการย่อยได้เฉลี่ยของชั้นคุณภาพที่ 1 และ 2 ใกล้เคียงกัน ขณะที่ชั้นคุณภาพที่ 3 มีค่าการย่อยได้โดยเบปซินต่ำกว่าชั้นคุณภาพอื่นๆ ดังนี้คือ 82.55 83.53 และ 76.63 % ตามลำดับ สาเหตุเนื่องจากในชั้นคุณภาพที่ 3 มีเยื่อใยสูงมาก (33.15%) เพราะเป็นชนิดกากปาล์มน้ำมันทั้งผล มีส่วนของเปลือกและกะลาปะปนอยู่

เมื่อเปรียบเทียบค่าการย่อยได้จริงในไก่ และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนทั้ง 3 ชั้นคุณภาพ ดังภาพที่ 4.5 พบว่าค่าการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนมีค่าใกล้เคียงกับค่าการย่อยได้ในไก่ และมีความสอดคล้องในการลำดับชั้นคุณภาพ คือชั้นคุณภาพที่ 2 สูงกว่า 1 เล็กน้อย แต่สูงกว่าชั้นคุณภาพที่ 3 มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของกากปาล์มน้ำมัน [1/]

	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร			เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด (กรัม/16กรัมไนโตรเจน)		
	1	2	3	1	2	3
โปรตีนทั้งหมด	15.87	10.64	5.31	15.87	10.64	5.31
กรดอะมิโนจำเป็น						
ทรีโอนีน	0.58	0.43	0.19	3.67	4.03	3.64
พีนิลอะลานีน	0.66	0.52	0.19	4.17	4.88	3.58
เมไทโอนีน	0.33	0.38	0.02	2.11	3.56	0.42
ลิวซีน	0.89	0.58	0.31	5.61	5.49	5.93
ไลซีน	0.43	0.44	0.11	2.68	4.12	2.15
แวลีน	0.95	0.51	0.34	5.97	4.78	6.33
อาร์จินีน	1.28	0.72	0.37	8.09	6.75	6.99
ไอโซลิวซีน	0.65	0.48	0.15	4.08	4.50	2.74
ฮีสทิดีน	0.91	0.74	0.29	5.75	6.99	5.47
กรดอะมิโนไม่จำเป็น						
กรดกลูตามิค	2.40	0.89	0.88	15.15	8.40	16.56
กรดแอสปาติค	1.39	0.67	0.49	8.73	6.29	9.17
ไกลซีน	0.75	0.44	0.46	4.75	4.15	8.63
ซีรีน	0.59	0.42	0.25	3.69	3.97	4.63
ไทโรซีน	0.64	0.63	0.05	4.04	5.97	0.96
อะลานีน	0.52	0.32	0.21	3.27	3.00	3.95
รวม	12.98	8.18	4.31	81.77	76.87	81.17
รวม EAA [2/]	6.69	4.80	1.98	42.13	45.08	37.26

1/ 1 คือชั้นคุณภาพที่1 2 คือชั้นคุณภาพที่2 3 คือชั้นคุณภาพที่3

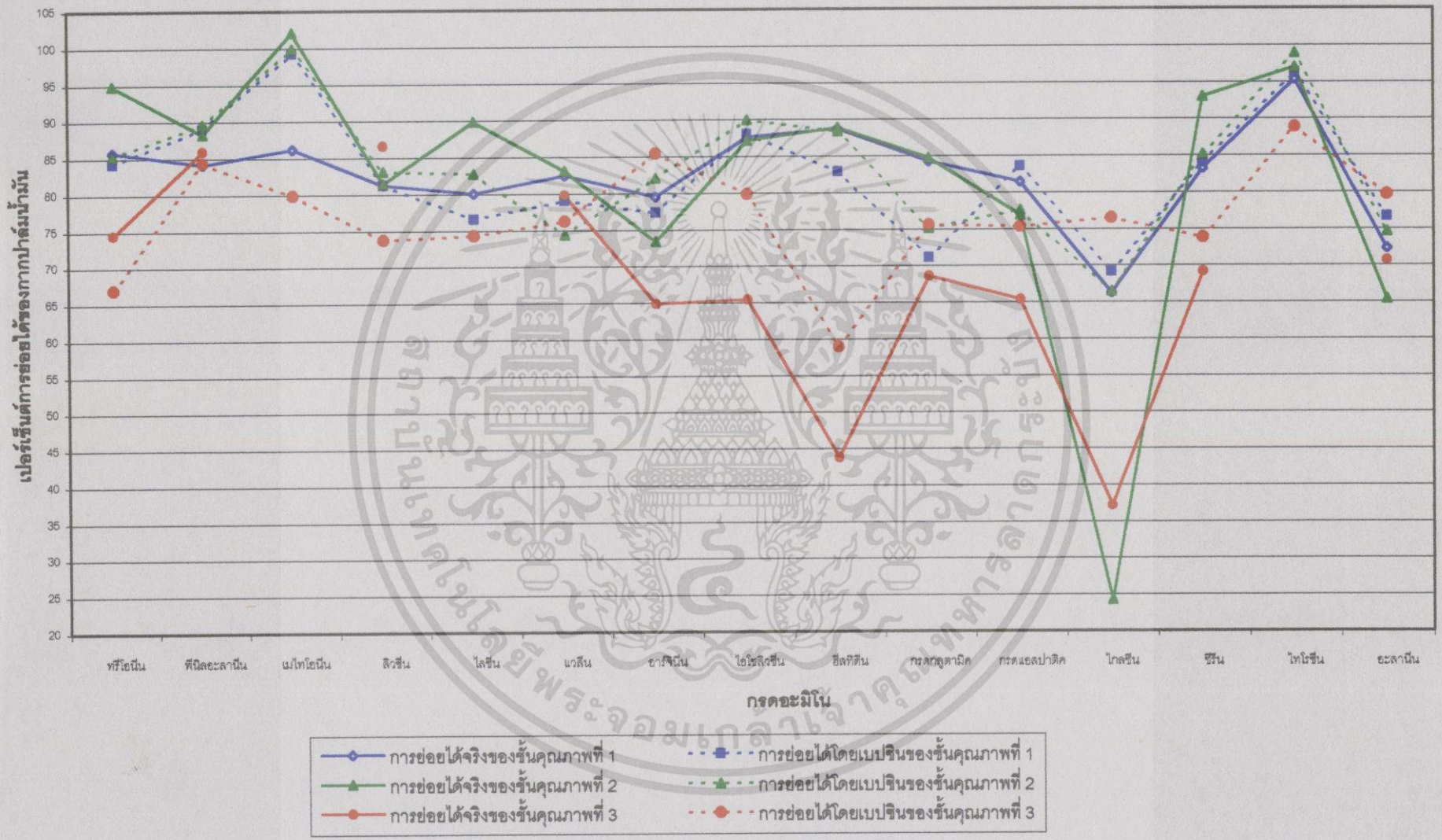
2/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนกากปาล์มน้ำมัน[1]

	ชั้นคุณภาพที่ 1		ชั้นคุณภาพที่ 2		ชั้นคุณภาพที่ 3	
	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน	การย่อยได้จริง	การย่อยได้โดยเบปซิน
กรดอะมิโนจำเป็น						
ทรีโอนีน	85.75 ± 3.26	84.28 ± 1.49	94.85 ± 11.07	85.27 ± 0.23	74.52 ± -	67.03 ± 4.41
ฟีนิลอะลานีน	84.12 ± 0.47	88.99 ± 2.04	88.21 ± 5.10	89.53 ± 0.64	85.93 ± 10.47	84.30 ± 1.86
เมไทโอนีน	86.17 ± 3.86	99.24 ± 0.16	102.05 ± 3.25	99.83 ± 0.24	- ± -	79.84 ± 7.35
ลิวซีน	81.22 ± 0.96	81.22 ± 1.56	81.40 ± 5.06	83.05 ± 1.26	86.61 ± 21.89	73.75 ± 0.72
ไลซีน	80.02 ± 4.18	76.53 ± 1.03	89.79 ± 6.61	82.72 ± 2.13	- ± -	74.30 ± 2.22
แวลีน	82.44 ± 1.84	79.05 ± 1.41	83.10 ± 5.17	74.38 ± 0.21	79.80 ± 19.55	76.24 ± 2.15
อาร์จินีน	79.49 ± 2.37	77.35 ± 1.51	73.38 ± 5.50	82.07 ± 1.18	64.87 ± -	85.38 ± 1.92
ไอโซลิวซีน	87.61 ± 0.29	88.02 ± 1.28	87.14 ± 1.86	89.92 ± 0.33	65.44 ± -	79.85 ± 0.64
ฮีสทิดีน	88.75 ± 2.24	82.89 ± 2.80	88.85 ± 6.14	88.35 ± 0.87	43.78 ± 12.91	58.97 ± 5.08
กรดอะมิโนไม่จำเป็น						
กรดกลูตามิค	84.28 ± 2.63	71.13 ± 2.60	84.71 ± 9.39	75.14 ± 0.66	68.55 ± -	75.60 ± 1.11
กรดแอสปาติค	81.45 ± 2.92	83.54 ± 0.16	76.90 ± 6.63	77.61 ± 0.50	65.35 ± 20.10	75.33 ± 2.84
ไกลซีน	66.26 ± 8.82	69.14 ± 1.96	24.23 ± 41.93	66.48 ± 0.79	37.20 ± -	76.49 ± 0.90
ซีรีน	83.21 ± 0.12	83.98 ± 3.61	92.99 ± 12.97	85.16 ± 0.43	69.16 ± -	73.81 ± 3.00
ไทโรซีน	95.33 ± 0.83	96.25 ± 1.35	96.93 ± 2.89	98.88 ± 0.25	- ± -	88.84 ± 8.22
อะลานีน	72.27 ± 2.75	76.62 ± 0.09	65.37 ± 4.24	74.55 ± 3.30	70.62 ± -	79.67 ± 9.02
เฉลี่ย	82.56 ± 1.73	82.55 ± 1.50	81.99 ± 8.52	83.53 ± 0.32	70.01 ± 7.94	76.63 ± 1.07
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	83.72 ± 1.23	83.51 ± 1.47	86.12 ± 6.13	84.75 ± 0.29	73.21 ± 12.47	76.64 ± 1.08
เฉลี่ย EAA [2/]	83.95 ± 1.09	84.17 ± 1.48	87.64 ± 5.53	86.12 ± 0.28	75.25 ± 14.48	75.52 ± 1.00

1/ แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัว ไม่รวมทริปโทแฟน 3/ ค่าที่ละค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่ามาจากไก่ทดสอบกลุ่มเดียว



ภาพที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงในไก่และการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากปาล์มน้ำมัน เปรียบเทียบระหว่าง 3 ชั้นคุณภาพ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน 5 ชนิด พบว่าในวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากสัตว์ ได้แก่ ปลาป่น มีความผันแปรของโปรตีนและเถ้า เนื่องจากมีทั้งปลาป่นที่นำเข้าจากต่างประเทศ และที่ผลิตในประเทศ โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต และกระบวนการผลิตมีความแตกต่างกัน ส่วนวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช ได้แก่ กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากเมล็ดฝ้าย และกากปาล์มน้ำมัน ความผันแปรที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการผลิต เช่น การกระเทาะเปลือก การสกัดน้ำมัน และการให้ความร้อนในกระบวนการผลิต จึงเป็นสาเหตุให้ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า มีความผันแปรไป

2. ผลการจัดแบ่งชั้นคุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ปรากฏว่าปลาป่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามกฎหมายอาหารสัตว์ ส่วนวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช พบว่า กากถั่วเหลืองส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (68.8 %ของตัวอย่างทั้งหมด) ส่วนที่ไม่ได้มาตรฐาน เนื่องจากการมีระดับโปรตีนต่ำกว่า หรือมีเถ้าสูงเกินกว่ามาตรฐาน กากถั่วลิสงส่วนใหญ่ไม่ได้มาตรฐาน (81.3 % ของตัวอย่างทั้งหมด)เนื่องจากระดับเยื่อใยสูงเกินไป รวมทั้งทำให้โปรตีนต่ำกว่ามาตรฐานด้วยสาเหตุเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่สามารถกระเทาะเปลือกออกได้หมด และมาตรฐานของเยื่อใยที่กำหนดอยู่ในระดับต่ำมาก ส่วนกากเมล็ดฝ้ายและกากปาล์มน้ำมัน ไม่ได้ถูกควบคุมโดยกฎหมายอาหารสัตว์ จึงใช้ระดับโปรตีนเป็นเกณฑ์ในการจำแนก โดยพบว่า กากเมล็ดฝ้ายถึง 87.5 %ของตัวอย่างทั้งหมด มีระดับโปรตีนปานกลางจนถึงสูง (36-38 และไม่น้อยกว่า 38 % ตามลำดับ) และมีความผันแปรสูงในระดับโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย ส่วนกากปาล์มน้ำมัน มีความแปรปรวนของเยื่อใยสูง รองลงมาคือ โปรตีน และไขมัน เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มหลายประเภท ซึ่งเมื่อจัดแบ่งชั้นคุณภาพแล้ว พบว่า ในชั้นคุณภาพที่ 1 ระดับโปรตีนสูง(ไม่น้อยกว่า 12 %)ส่วนใหญ่เป็นกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม ชั้นคุณภาพที่ 2 และ 3 ระดับโปรตีนปานกลาง และต่ำ (7-12 และไม่มากกว่า 7 % ตามลำดับ) ส่วนใหญ่เป็นกากปาล์มทั้งผล

3. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในวัตถุดิบแหล่งโปรตีนทั้ง 5 ชนิด มีความแปรปรวนของส่วนประกอบของกรดอะมิโน สาเหตุเช่นเดียวกับความผันแปรในส่วนประกอบทางเคมีข้างต้น

4. ผลการวิเคราะห์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่ ใน 3 ชั้นคุณภาพมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในช่วง ดังนี้ ปลาป่น 87.29-95.91 % กากถั่วเหลือง 83.81-90.23 % กากถั่วลิสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

76.13-86.89 % กากเมล็ดฝ้าย 77.27-83.74 % และกากปาล์มน้ำมัน 70.01-82.56 % ซึ่งไม่ได้เป็นไปตามระดับชั้นคุณภาพที่จัดแบ่งโดยยึดส่วนประกอบทางเคมี และหรือระดับโปรตีนเป็นเกณฑ์ แสดงว่าค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับระดับโปรตีนเสมอไป ยังขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพ กระบวนการผลิต และในกรณีของวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช ยังขึ้นอยู่กับสารต่อต้านทางโภชนะ เช่น สารขัดขวางน้ำย่อยโปรตีน เป็นต้น ส่วนกากเมล็ดฝ้ายและกากปาล์มน้ำมัน การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนมีแนวโน้มลดลงตามระดับเยื่อใย และอยู่ในระดับที่ต่ำกว่ากากถั่วเหลือง

5. ผลการวิเคราะห์การย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยเบปซิน พบว่าในวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี เช่น ปลาป่น และกากถั่วเหลือง ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนเกือบทุกชนิดในทุกชั้นคุณภาพอยู่ในระดับสูง และบอกความแตกต่างระหว่างชั้นคุณภาพได้ไม่ชัดเจน อาจเนื่องจากวิธีนี้ ใช้เบปซินที่มีความเข้มข้นมากเกินไป (0.2%) ทำให้สามารถย่อยโปรตีนที่คุณภาพไม่ดีได้เกือบสมบูรณ์ ส่วนในกากถั่วลิสง กากเมล็ดฝ้าย และกากปาล์มน้ำมัน เริ่มเห็นความแตกต่างระหว่างชั้นคุณภาพชัดเจนขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบโปรตีนจากพืชมีเยื่อใยและอาจมีสารยับยั้งการย่อยของเอนไซม์ ไปขัดขวางการย่อยได้ของเอนไซม์เบปซิน ทำให้การย่อยได้ของ เบปซินลดลง

6. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่ และค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยเบปซิน พบว่าในวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง และกากถั่วลิสง ค่าการย่อยได้โดยเบปซินใช้บ่งชี้ความสัมพันธ์ได้ไม่ชัดเจน เนื่องจากค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยเบปซินสูงมาก และมีความแตกต่างกันน้อยในระหว่างชั้นคุณภาพ ส่วนในกากเมล็ดฝ้าย และกากปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นพวกมีการย่อยได้ต่ำ จะมีความแตกต่างของค่าการย่อยได้โดยเบปซินระหว่างชั้นคุณภาพมากขึ้น และมีแนวโน้มสอดคล้องกับค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่ โดยเฉพาะกากปาล์มน้ำมัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองนี้ จะเห็นว่าในวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากสัตว์ มีความแปรปรวนของส่วนประกอบเคมี โปรตีน และเถ้า ขณะที่วัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช ส่วนประกอบเคมี โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย มีความผันแปรมาก ซึ่งมีผลกับส่วนประกอบของกรดอะมิโน ค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในไก่ และการย่อยได้ของกรดอะมิโนโดยเบปซิน ดังนั้นหากนำวัตถุดิบแหล่งโปรตีนไปใช้ในการประกอบสูตรอาหาร ควรระมัดระวังความผันแปรเหล่านี้ และควรมีการตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีควบคู่กับการตรวจสอบทางกายภาพเสมอ

2. ตัวแทนของวัตถุดิบที่ใช้ในการหาค่าการย่อยได้แท้จริงของกรดอะมิโน โดยใช้ไก่เป็นสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบในแต่ละชั้นคุณภาพนั้น ควรใช้มากกว่า 1 ตัวอย่าง เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการทดลองให้มากขึ้น

3. การหาค่าการย่อยได้โดยเบปซินตามวิธี AOAC (1995) ถึงแม้จะเป็นวิธีที่ใช้สำหรับการหาค่าการย่อยได้ในวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากสัตว์ แต่ในวัตถุดิบที่มีค่าการย่อยได้สูง เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง และกากถั่วลิสง จะมีค่าการย่อยได้แตกต่างกันไม่เด่นชัด อาจจะต้องลดระดับความเข้มข้นของเบปซินลง แต่สำหรับการนำมาใช้ในการหาค่าการย่อยได้โดยเบปซินในวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช อาจทำให้ปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้รับผลกระทบจากหลายๆปัจจัยในตัวอย่างนั้นๆ เช่น เยื่อใย และสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร ซึ่งทำให้ค่าการย่อยได้ของเบปซินต่ำลง แต่มีแนวโน้มได้ค่าที่ใกล้เคียง และมีความสัมพันธ์กับค่าการย่อยได้จริงในไก่มากขึ้น อาจไม่จำเป็นต้องลดความเข้มข้นของเบปซินลง ควรดัดแปลงวิธีการให้เหมาะสมต่อไป

4. ในการทดสอบหาค่าการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ ควรปรับปรุงให้ใช้เอนไซม์หลายชนิดขึ้น เพื่อเลียนแบบการย่อยได้จริงในตัวสัตว์ จะทำให้สามารถทำนายค่าการย่อยได้ในตัวสัตว์ได้แม่นยำและเที่ยงตรงขึ้น

5. ในการนำวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช ที่มีค่าการย่อยได้ต่ำมาใช้ในการประกอบสูตรอาหารเลี้ยงสัตว์ ควรคำนึงถึงกรดอะมิโนจำเป็น ความสมดุล และการย่อยได้ของวัตถุดิบชนิดนั้นๆ ถ้ามีค่าต่ำ ควรใช้ร่วมกับวัตถุดิบแหล่งโปรตีนอื่นๆ และหรือเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์ เช่น เมไทโอนีน ไลซีน จะช่วยให้นำไปเลี้ยงสัตว์ได้ผลดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมปศุสัตว์. 2524. **รายงานผลการปฏิบัติงานประจำปี 2524.** กรุงเทพฯ : กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมปศุสัตว์. 2533. **รายงานผลการปฏิบัติงานประจำปี 2533.** กรุงเทพฯ : กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมปศุสัตว์. 2536. **รายงานผลการปฏิบัติงานประจำปี 2536.** กรุงเทพฯ : กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมปศุสัตว์. 2538. **รายงานผลการปฏิบัติงานประจำปี 2538.** กรุงเทพฯ : กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์.

กรมปศุสัตว์. 2540. **พระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ พ.ศ. 2525.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์.

กษิดิศ อื้อเชี่ยวชาญกิจ. 2537. " เปรียบเทียบความแตกต่างของกากถั่วเหลืองจากสหรัฐอเมริกา จีน และ อินเดีย." **สัตว์เศรษฐกิจ.** 12(248) : 64-68.

การผลิตปลาป่นอาหารสัตว์ของประเทศไทย. 2535. **สาส์นไก่และการเกษตร.** 40(8) : 14-18.

การผลิตวัตถุดิบอาหารสัตว์. 2535. **สัตว์เศรษฐกิจ.** 40(7) : 12-14.

กิตติพงศ์ ศิริสุทธานันท์ และคณะ. 2538. "การวิเคราะห์เมไทโอนีนในอาหารสัตว์ภายใต้สูญญากาศ." **สาส์นไก่.** 43(11) : 45-53

จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ และคณะ. 2539. **องค์ประกอบทางเคมีของปลาป่นไทย.** เอกสารวิชาการ. สงขลา : สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง.

ฐานันดร์ ศรีวิสุทธิ์. 2530. "ผลการใช้กากปาล์มน้ำมันในอาหารแม่สุกรอุ้มท้องและเลี้ยงลูก." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวบาล บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรยุทธ เวชรัชต์พิมล. 2523. "กากถั่วเหลือง." **วารสารข่าวกองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์.** 2 (2) : 21-24

ธีรยุทธ เวชรัชต์พิมล. 2523. "ปลาป่น." **วารสารข่าวกองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์.** 2 (1) : 22-24

นิวัติ เมืองแก้ว. 2531. "ผลการใช้กากเนื้อในปาล์มน้ำมันระดับต่างๆในอาหาร และการจำกัดอาหารหลังจากไก่ให้ไข่สูงสุดต่อการให้ผลผลิตในไก่ไข่." อ้างโดย พิชัย แซ่ไหน. 2534. "การใช้กากปาล์มน้ำมันร่วมกับฟางข้าวปรุงแต่งยูเรียในอาหารแพะหลังหย่านม." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวบาล บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์**. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ และคณะ. 2529. **ชีวเคมี**. ขอนแก่น : โครงการตำรากองทุนวันมหิดล. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2539. **หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

พรนิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ. 2534. **การคำนวณสูตรอาหารและเทคโนโลยีอาหารสัตว์**. กรุงเทพฯ : โครงการตำราคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศรีสกุล วรจันทรา. 2528. **การคำนวณสูตรอาหารและเทคโนโลยีอาหารสัตว์**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศรีสกุล วรจันทรา. 2538. **เอกสารประกอบการสอนภาคปฏิบัติวิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศรีสกุล วรจันทรา และรณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2539. **โภชนศาสตร์สัตว์**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ศุภมาส ตันติภาสวศิน และคณะ. 2536. "การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับกรดอะมิโนกับระดับโปรตีนในกากถั่วเหลืองและปลาป่น." หน้า 177 - 186. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาสัตวศาสตร์ สัตวแพทยศาสตร์ ครั้งที่ 34**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมพงษ์ เทศประสิทธิ์. 2526. "การใช้การปาล์มน้ำมันในอาหารโครุ่น." **วารสารสงขลานครินทร์**. 5(3) : 227-229.

สมนึก อรรคไกรสีห์ และสมภัสสร วงษ์แสง. 2543. " คุณภาพปลาป่นไทย." **ธุรกิจอาหารสัตว์**. 17(74) : 16-25.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2533. " ผลเปอร์เซนต์โปรตีนในปลาป่นแตกต่างกันอย่างไร." **สุกรสาส์น**. 16(63) : 45-48.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2539. **การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์**. นครปฐม : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และคณะ. 2534. "คุณค่าทางโภชนะของปลาป่นที่ผลิตจากเศษเหลือของปลาจากโรงงานอุตสาหกรรม." หน้า 1-7. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาสัตวศาสตร์ สัตวแพทยศาสตร์ และประมง ครั้งที่ 39**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรัตน์ นราประเสริฐกุล และคณะ. 2533. "คุณภาพปลาป่นที่ผลิตได้จากเครื่องจักรใช้ความร้อนจากไอน้ำ และน้ำมันร้อน." หน้า 181-188. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกษตรศาสตร์ สาขาสัตวศาสตร์ สัตวแพทยศาสตร์ และประมง ครั้งที่ 28. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์. 2532. "การย่อยได้ของโปรตีน กรดอะมิโนและพลังงานในสัตว์ปีกของวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดในเอเชีย." **สุกรสาส์น.** 16 : 5-15.

เสาวนิต คูประเสริฐ และคณะ. "ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพของกากปาล์มน้ำมัน." **วารสารสงขลานครินทร์.** 9(7) : 163-167.

อมรวรรณ มาสำราญ และจิตรา สว่างศรี. 2537. "อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มดิบ." **ธุรกิจอาหารสัตว์.** 11(38) : 50.

อุทัย คันโธ. 2529. **อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก.** พิมพ์ครั้งที่ 2. นครปฐม : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

อุทัย คันโธ. 2532. "สารพิษและสารขัดขวางโภชนะที่พบในวัตถุดิบอาหารสัตว์." **สุกรสาส์น.** 15 : 19-31.

Aherne, F.X. and Kennelly, J.J. 1982. " Oilseed meals for livestock feeding." pp 39-89 Cited by Ravidran, V. and Blair, R. 1992. "Feed resources for poultry production in asia and the pacific II. Plant protein sources." **World's Poultry Science Journal.** 48 : 205-231.

Association of Official Analytical Chemists , AOAC. 1984. **Official Method of Analysis of Association of Official Analysis Chemists.** 14th ed. Cited by Parsons, C . M. 1993. "Use of pepsin digestibility, multienzyme pH change and protein solubility asays to predict *in vivo* protein quality of feedstuffs" In ***In Vitro*** **Digestibility for Pigs and Poultry.** UK : Redwood press.

Association of Official Analytical Chemists , AOAC. 1995. **Official Method of Analysis of Association of Official Analysis Chemists.** 16th ed. Washington D.C. Association of Official Analysis Chemists.

Barnes, E. M. and Goldberg, H. S. 1962. "The isolation of anaerobic, gram positive bacteria from poultry reared with and without antibiotic supplements." pp 94. Cited by McNab, J.M. 1973. "The avian caeca: A review." **World's Poultry Science Journal.** 29 : 251-263.

Barnes, E. M. and Impey, C. S. 1972. " Some properties of the non-sporing anaerobes from poultry caeca." pp. 241. Cited by McNab, J.M. 1973. "The avian caeca: A review." **World's Poultry Science Journal.** 29 : 251-263.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Batterham, E. S. 1992. "Availability and utilization of amino acids for growing pigs." Nutrition Research Reviews. 5 : 1-19.

Bielorai, R. *et al.* 1985. "Nitrogen absorption and endogenous nitrogen along the intestinal tract of chicks." Journal of Nutrition. 115 : 568-572.

Boisen, S. and Eggum, B. O. 1991. "Critical evaluation of *in vitro* methods for estimating digestibility in simple- stomach animals." Nutrition Research Reviews. 4 : 141 – 162

Boot, V. T. 1971. "Problems in the determination of FDNB - available lysine" pp. 658. Cited by McNab,J.M. 1979. "The concept of amino acid availability in farm animals." pp1-9 In Recent Advances in Animal Nutrition. London : Butterworths.

Bragg, D. E. *et al.* 1969. "Methods for determining amino acid availability of feeds." Poultry Science . 48 : 2135-2137.

Bryden, W. L. *et al.* 1990. "Developments in the estimation of amino acid availability." pp. 274-278. In Proceedings Eigth Australian Poultry and Feed Convention. 1990. Queenland : Hotel Conrad Gold Coast.

Campbell, J.W. 1995. "Excretory nitrogen metabolism in reptiles and birds." In Nitrogen Metabolism and Excretion. Florida : CRC press.

Carpenter, K.J. and Bjarnason, J. 1968. "Nutritional evaluation of proteins by chemical methods." pp. 161-169. In Evaluation of novel protein products. Oxford :pergamon press.

Cavanaugh, J. R. 1988. "Elimination of lactose interference in the determination of available lysine using fluorine -19 nuclear magnetic resonance spectroscopy." pp. 1147-1151. Cited by Williams, A.P. 1994. "Recent developments in amino acid analysis." pp. 11-36. In Amino Acid in Farm Animal Nutrition. Edinberg : Bidles.

Cave, N.A. 1988. "Bioavailability of amino acids in plant feedstuffs determined by *in vitro* digestion chick growth assay, and true amino acid availability methods" pp. 78-87 Cited by Boisen, S. and Eggum, B. O. 1991. "Critical evaluation of *in vitro* methods for estimating digestibility in simple-stomach animals." Nutrition Research Reviews. 4 : 141 – 162.

Cheeke, P. R. 1999. Applied Animal Nutrition : Feeds and Feeding. 2nd New Jersey : Prentice-hall.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dale, N. M. *et al.* 1985. "Freeze drying versus oven drying of excreta in true metabolizable energy, nitrogen-corrected true metabolizable energy and true amino acid availability bioassays." **Poultry Science**. 64 : 362-365.

Dingle, J.G. and McNab, J.M. 1985. "Colostomy of the fowl." **World's Poultry Science Journal**. 41 : 115-123.

D'Mello, J.P.F. 1988. "Dietary interactions influencing amino acid utilisation by poultry." **World's Poultry Science Journal**. 44 : 92-102.

D' Mello, J. P. F. and Lewis, D. 1970. "Amino acid interactions in chick nutrition 3. interdependence in amino acid requirements." **British Poultry Science**. 11 : 367-385.

Eddy, K. 1999. "Balancing amino acids to decrease nitrogen pollution." **Feed Mix**. 7(3) :17-21.

Esmail, S. H. M. 1998. "Raw soybeans have limited nutritional value." **World's Poultry Science Journal**. 14(1) : 20-22.

FAO. 1986. "The production of fish meal and oil." **FAO Fisheries Technical Paper**. 142 (Rev1) Fisheries industries Division.

Farrell, D.J. and Choice, A. 1985. "Rapid method for determining metabolizable energy of poultry feedstuffs using adult cockerels." **Australian Poultry Industries Association**. 1-4.

Fernandez, S.R. and Parsons, C.M. 1996. "Bioavailability of digestible lysine in heat-damaged soybean meal for chick growth." **Poultry Science**. 75 : 224-231.

Fernandez, S. R. and Parsons, C. M. 1996. "Bioavailability of digestible lysine and Valine in cottonseed and soybean meals for chocks." **Poultry Science**. 75 : 216-223.

Fernandez, S. R. *et al.* 1995. "Dietary formulation with cottonseed meal on a total amino acid versus a digestible amino acid basis." **Poultry Science**. 74 : 1168-1179.

Finley, J.W. and Hopkins, D.T. 1985. **Digestibility and Amino Acid Availability in Cereals and Oilseeds**. USA. Minnesota.

Fuller, M.F. 1987. **World Animal Science**. Rowett Research Institute, Scotland:Aberdean.

Furuya, S. *et al.* 1979. "A new in vitro method for the estimation of digestibility using the intestinal fluid of the pig" pp. 511-520. Cited by Boisen, S. and Eggum, B.O. 1991. "Critical evaluation of *in vitro* methods for estimating digestibility in simple – stomach animals." **Nutrition Research Reviews**. 4 : 141 – 162.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Goldberg, H.S. *et al.* 1964. "Unusual bacteriodes-like organisms." pp 737. Cited by McNab, J.M. 1973. "The avian caeca: A review." **World's Poultry Science Journal.** 29 : 251-263.

Green, S. 1987. "Digestibilities of amino acids in foodsuffs for poultry and pigs." อ้างโดย สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์. 2532. "การย่อยได้ของโปรตีน กรดอะมิโนและพลังงานในสัตว์ปีกของวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดในเอเชีย." **สุกรสาส์น.** 16 : 5-15.

Hahn, D.H. *et al.* 1982. "Semiautomated *in vitro* analysis of sorghum protein availability *via* pronase hydrolysis." pp. 132-136. Cited by Ravindran, V. and Bryben, W. L. 1999. " Amino acid availability in poultry – *in vitro* and *in vivo* measurements." **Australian Journal Agricultural Research.** 50 : 889 – 908

Herpol, C. and Van Gremenbergen, G. 1967. "La sigfinication du pH dans le tube digestif de *Gallus domesticus*" pp. 495. Cited by McNab, J.M. 1973. "The avian caeca : A review." **World's Poultry Science Journal.** 29 : 251-263.

Hurrell, R. F. *et al.* 1979. "Reactive lysine in foodstuffs as measured by a rapid dye-binding procedure." pp. 1221 - 1231. Cited by Williams, A. P. 1994. "Recent developments in amino acid analysis." pp. 11-36. In **Amino Acid in Farm Animal Nutrition.** Edinberg : Bidles.

Janssen, W.M.M. A. and Carre, B. 1985. **Recent Advances in Animal Nutrition.** London : Butterworths.

Johns, D. C. *et al.* 1986 "Comparison of amino acid digestibility using ileal digesta from growing chickens and cannulated adult cockerels. "pp. 679-685. Cited by Ravindran, V. and Bryben, W. L. 1999. " Amino acid availability in poultry – *in vitro* and *in vivo* measurements." **Australian Journal Agricultural Research.** 50 : 889–908

Johnson, R.J. 1992. "Principles, problems and application of amino acid digestibility in poultry." **World's Poultry Science Journal.** 48 : 232-246.

Kaun, K.K. *et al.* 1982. "Chemical composition and digestible energy of some feedstuffs determined with pigs in malaysia." pp. 315-321. อ้างโดย. ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. 2529. "ผลการใช้กากปาล์มน้ำมันชนิดกระเทาะเปลือกในอาหารสุกรขุน - รุ่น." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวบาล บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Kessler, J. W. *et al.* 1981. "The amino acid excretion values in intact and cecectomized negative control roosters used for determining metabolic plus endogenous urinary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

losses." **Poultry Science.** 60 : 1576-1577.

Kiener, T. 1989. **Proceedings of the Rhone - Poulenc Animal Nutrition Technical Symposium.** Cited by Johnson, R. J. 1992. "Principles, problems and application of amino acid digestibility in poultry." **World's Poultry Science Journal.** 48 : 232-246

Lewis, A. J. and Bayley, H. S. 1995. "Amino acid bioavailability." pp. 35 - 65. In **Bioavailability of Nutrients for animals.** London : Academic press.

Longstaff, M. *et al.* 1991. " The antinutritive effect of proanthocyanidin- rich and proanthocyanidin - free hulls from field beans on digestion of nutrients and metabolisable energy in intact and caecectomised cockerels." **Animal Feed Science and Technology.** 34 : 147-161.

Low, A.G. 1980. "Nutrition absorption in pigs." pp. 1087-1130. Cited by Siriwan, P. 1990. "Endogenous amino acid secretion in relation to protein digestion in the chicken." Ph.D. Thesis of University of Sydney.

Lowgren, W. *et al.* 1989. "An in vitro method for studying digestion in the pig 1. simulating digestion in the different compartments of the intestine." pp. 673-687. Cited by Boisen, S. and Eggum, B.O. 1991. "Critical evaluation of *in vitro* methods for estimating digestibility in simple - stomach animals." **Nutrition Research Reviews.** 4 : 141 – 162.

Muthurajah, R. N. and Devendra, C. 1975. "Recovery of usable products from palm oil mill waste for animal feed." pp. 3-20. อ้างโดย. ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. 2529. "ผลการใช้กากปาล์มน้ำมันชนิดกระเทาะเปลือกในอาหารสุกรขุน - รุ่น." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร-มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวบาล บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

McDonald, P. *et al.* 1991. **Animal Nutrition.** 4th .New York : John Wiley & Sons.

McNab, J.M. 1973. "The avian caeca : A review." **World's Poultry Science Journal.** 29 : 251-263.

McNab, J. M. 1979. "The concept of amino acid availability in farm animals," pp1-9 **Recent Advances in Animal Nutrition.** London : Butterworths.

McNab, J. M. 1994. **Amino Acids in Farm Animal Nutrition.** Edinberg, UK : Bidles.

Mattocks, J. G. M. 1971. **Some Aspects of the Problems of Celulose Digestion and Caecal Function in the Domestic Goose.** Cited by McNab, J.M. 1973. "The avian caeca : A review." **World's Poultry Science Journal.** 29 : 251-263.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Muztar, A. J. and Slinger, S. J. 1980. "True amino acid availability values for soybean meal and tower and candle rapeseed and rapeseed meals determined in two labolatories." **Poultry Science**. 59 : 605-610.

Nitsan, Z. and Alumot, E. 1963. "Role of the caecum in the utilization of raw soybean in chicks." pp. 151-299. Cited by McNab, J.M. 1973. "The avian caeca : A review." **World's Poultry Science Journal**. 29 : 251-263.

NRC. 1994. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9th rev.ed. Washington D.C. : Nation Academy Press.

Naumann, K. and Bassler, R. 1976. Cited by Rehbein, H. 1981. "Amino acid composition and pepsin digestibility of krill meal." **Journal of Agricultural Food Chemical**. 29 : 682-684.

O' Dell, B. L. *et al.* 1960. "Distribution of major nitrogenous compounds and amino acids in chicken urine." **Poultry Science**. 39 : 426-432.

Olson, C. and Mann, F.C. 1935. "The physiology of the caecum of the domestic fowl." pp. 151. Cited by McNab, J. M. 1973. "The avian caeca : A review." **World's Poultry Science Journal**. 29 : 251-263.

Onwudike, O. C. 1986. " Palm kernel meal as a feed for poultry I. Composition of palm kernel meal and availability of its amino acids to chicks." **Animal Feed Science and Technology**. 16 : 179-186.

Papadopoulos, M.C. 1985. "Estimations of amino acid digestibility and availability in feedstuffs for poultry." **World's Poultry Science Journal**. 41 : 64-71.

Parsons, C. M. 1984. "Influence of caecectomy and source of dietary fibre or starch on excretion of endogenous amino acids by laying hens." **British Journal of Nutrition**. 51 : 541-548.

Parsons, C.M. 1985. "Influence of caecectomy on digestibility of amino acids by roosters fed distillers' grains with solubles." **Journal of Agricultural Science**. 104 : 469-472.

Parsons, C.M. 1993. "Use of pepsin digestibility, multienzyme pH change and protein solubility asays to predict *in vivo* protein quality of feedstuffs." In ***In Vitro* digestibility for Pigs and Poultry**. UK : Redwood press.

Parsons, C.M. *et al.* 1982. "Microbial contribution to dry matter and amino acid content of poultry excreta." **Poultry Science**. 61 : 925-932.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parsons, C.M. *et al.* 1983. "Effects of dietary carbohydrate and of intestinal microflora on excretion of endogenous amino acids by poultry." **Poultry Science**. 62 : 483-489.

Parsons, C. M. *et al.* 1992. "Effect of overprocessing on availability of amino acids and energy in soybean meal." **Poultry Science**. 71 : 133-140.

Payne, W. L. *et al.* 1971. "Studies of protein digestion in the chicken 1. Investigation of apparent amino acid digestibility of fish meal protein using cecectomized, adult male chickens." **Poultry Science**. 50 : 143-150.

Petterson, D.S. *et al.* 1999. "Method for the analysis of premium liverstock grains." **Australian Journal of Agriculture Research**. 50 : 775-787.

Pierce. 1991. USA : Rockford.

Raharjo,Y. and Farrell, D.J. 1984. "A new biological method for determining amino acid digestibility in poultry feedstuffs using a simple cannula, and the influence of dietary fibre on endogenous amino acid output." **Animal Feed Science and Technology**. 12 : 29-45.

Ravidran, V. and Blair, R. 1992. "Feed resources for poultry production in asia and the pacific II. Plant protein sources." **World's Poultry Science Journal**. 48 : 205-231.

Ravidran, V. and Blair, R. 1993. "Feed resources for poultry production in asia and the pacific III. Animal protein sources." **World's Poultry Science Journal**. 49 :219-235.

Ravindran, V. and Bryden, W. L. 1999. " Amino acid availability in poultry – *in vitro* and *in vivo* measurements." **Australian Journal of Agricultural Research**. 50 : 889 – 908

Ravindran, V. *et al.* 1999. "Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. **Poultry Science**. 78 : 699-706.

Rehbein, H. 1981. "Amino acid composition and pepsin digestibility of krill meal." **Journal of Agricultural Food Chemical**. 29 : 682-684.

Rhone Poulenc Animal Nutrition. 1989. **Nutrition Guide Feed Formulation with Digestible Amino Acids**. France : Antony cedex.

Rhone Poulenc Animal Nutrition. 1993. **Rhodimet™ Nutrition Guide**. 2nd France : Antony cedex.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Roseler, M. 1929. "Die bedeutung der blindarme des hausuhnes fur die resorption der nahrung und die verduung der rohfaser." pp. 281. Cited by McNab, J. M. 1973. "The avian caeca : A review." **World's Poultry Science Journal.** 29 : 251-263.

Sebastian, S. *et al.* 1998. "Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition : a review." **World's Poultry Science Journal.** 54 : 27- 47.

Shrimpton, D. H. 1954. "The utilization of intestinally synthesised riboflavin and vitamin B_{12} by poultry." pp. 161. Cited by McNab, J. M. 1973. "The avian caeca : A review." **World's Poultry Science Journal.** 29 : 251-263.

Shrimpton, D. H. 1963. "Some volatile products of microbial metabolism in the caeca of the fowl." pp. 1. Cited by McNab, J. M. 1973. "The avian caeca: A review." **World's Poultry Science Journal.** 29 : 251-263.

Sibbald, I. R. 1987. "Estimation of bioavailable amino acids in feedstuffs for poultry and pigs : A review with emphasis on balance experiments." **Canadian Journal of Animal Science.** 67 : 221-300.

Sibbald, I. R. 1979. "Bioavailability amino acids and true metabolizable energy of cereal grains." **Poultry Science.** 58 : 934-939

Siriwan, P. *et al.* 1993. " Measurement of endogenous amino acid losses in poultry." **British Poultry Science.** 34 : 939-949.

Smith, K. 2001. **Soybean Meal info Source.** [online]. Available: http ://www. Soymeal.org. ksmith1.html.

Soares, J.H. *et al.* 1971. "Some factors affecting the biological availability of amino acids in fish protein. **Poultry Science.** 50 : 1134-1143.

Summers, D. J. and Robblee, A. R. 1985. "Comparison of apparent amino acid digestibilities in anesthetized versus sacrificed chickens using diets containing soybean meal and canola meal." **Poultry Science.** 64 : 536-541.

Swick, R. A. 2001. **Considerations in Using Common Asia Protein Meals.** [online]. available : http ://www. 203.208.135.58 / technical / po 25 -1995. html.

Wang, X. and Parsons, C.M. 1998. "Effect of raw material source, processing systems, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals." **Poultry Science.** 77 : 834-841.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Webb, B.H. *et al.* 1976. "Palm oil mill waste as animal feed-processing and utilization." pp. 7-145. อ้างโดย. ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. 2529. "ผลการใช้กากปาล์มน้ำมันชนิดกระเทาะเปลือกในอาหารสุกรขุน - รุ่น." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวบาล บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Williams, A.P. 1994. "Recent developments in amino acid analysis." pp.11-36. In **Amino Acid in Farm Animal Nutrition.** Edinberg : Bidles.

Wiseman, J. 1987. **Feeding of Non-Ruminant Livestock.** UK : Butterworth & CO.

Yamazaki, M.1983. "A comparison of two methods in determining amino acid availability of feed ingredients." pp. 729 - 733. Cited by Fuller, M. F. *et al.* 1994. " The measurement of dietary amino acid digestibility in pigs, rats and chickens : a comparison of methologies." **Animal Feed Science and Technology.** 48 : 305-324.

Yamazaki, M. and Kamata, H. 1986. "Amino acid availability of feed ingredients for poultry. pp. 147-156. อ้างโดย สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์. 2532. "การย่อยได้ของโปรตีนกรดอะมิโนและพลังงานในสัตว์ปีกของวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดในเอเชีย." **สุกรสาส์น.** 16 : 5-15.

Yeong, S. W. 1982. "The nutritive value of palm oil by-product for poultry." pp. 217-222. อ้างโดย. ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. 2529. "ผลการใช้กากปาล์มน้ำมันชนิดกระเทาะเปลือกในอาหารสุกรขุน - รุ่น." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวบาล บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Yeong, S.W. *et al.* 1980. "The nutritive value of a palm oil effluent product (PROLIMA) as a protein source in broiler diets." pp. 247 - 259. อ้างโดย. ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. 2529. "ผลการใช้กากปาล์มน้ำมันชนิดกระเทาะเปลือกในอาหารสุกรขุน - รุ่น." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวบาล บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Yi, Z. *et al.* 1996. "Effect of microbial phytase on nitrogen and amino acid digestibility and nitrogen retention of turkey poults fed corn - soybean meal diets. **Poultry Science.** 75 : 979-990.

Zuprizal, M. *et al.* 1991. " Effect of protein intake on true digestibility of amino acids in rapeseed meals for adult roosters force fed with moistened feed." **Animal Feed Science and Technology.** 34 : 255-260.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1 การเตรียมสัตว์ทดสอบก่อนการทดลอง

6.1.1 **การตัดไส้ติ่ง** (ดัดแปลงจาก Payne *et al.* 1971)

ใช้ไก่เพศผู้อายุ 8 สัปดาห์ จำนวน 24 ตัว อดอาหารก่อนการผ่าตัด 24 ชั่วโมง วางยาสลบด้วยโซเดียมเพนตาบาร์บิทอล (sodium pentobarbital) โดยฉีดเข้าเส้นเลือดดำ (intravenous) ที่ตำแหน่งปีกขวาหรือซ้าย หรือบริเวณลำคอ ประมาณ 0.5 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว โดยในช่วงแรกของการวางยาสลบเดินยาอย่างรวดเร็ว ต่อมาเดินยาอย่างช้าๆ สังเกตการหายใจของไก่ จะช้าลงตามลำดับ เมื่อไก่สลบแล้ว ถอนขนบริเวณใกล้ซี่โครงด้านซ้ายของไก่ให้สะอาด เพื่อสะดวกในการทำงาน ทำความสะอาดด้วยเอธานอล 70 เปอร์เซ็นต์ จัดให้ขาซ้ายอยู่ในตำแหน่งที่ปลอดภัย แล้วใช้กรรไกรผ่าระหว่างซี่โครง 2 ซี่สุดท้าย ให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว เปิดปากแผลและตัดเนื้อเยื่อภายในทุกชั้น จนกระทั่งถึงช่องว่างภายในลำตัวของไก่ ตรวจหาตำแหน่งของไส้ติ่ง แล้วดึงส่วนของลำไส้บริเวณที่มีไส้ติ่งออกมาหารอยต่อระหว่าง Ileum และไส้ติ่ง (Ileo caeca junction) พยายามดึงอวัยวะภายในส่วนอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องออกมาให้น้อยที่สุด จากนั้นใช้ไหมละลายมัดส่วนของไส้ติ่งให้ชิดบริเวณรอยต่อมากที่สุด แล้วจึงตัดไส้ติ่งออก หากมีเลือดให้ใช้ผ้าซับเลือดออก จากนั้นคืนอวัยวะทั้งหมดกลับเข้าภายในตัวไก่ตามเดิม พยายามให้อยู่ในสภาพเดิมมากที่สุด หยอดยาpen-strep 0.5 มิลลิลิตร ที่บริเวณปากแผล และเย็บปิดปากแผล โดยแบ่งเย็บเป็น 2 ชั้น ชั้นแรกเป็นส่วนของเนื้อเยื่อชั้นใน ใช้ไหมละลายเย็บปิดปากแผล ชั้นที่ 2 เป็นชั้นของหนังหุ้ม ใช้เชือกไนลอนเย็บได้ จากนั้นทำความสะอาดปากแผลด้วยทิงเจอร์ไอโอดีน โรยปากแผลด้วยผงโรยแผล เพื่อให้แผลแห้งและป้องกันแมลงวัน แล้วฉีดยาซัลฟาดอกซิน(sulfadoxin) เข้ากล้ามเนื้อ (intramusculary) บริเวณอกประมาณ 0.5 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม จนครบ 3 วัน และอดอาหารต่ออีก 2 วัน

6.1.2 **การฝึกไก่** (ดัดแปลงจาก Farrell and Choice. 1985)

ใช้ไก่เพศผู้โตเต็มวัยที่ได้รับการผ่าตัดไส้ติ่งแล้วเมื่ออายุ 8 สัปดาห์ ฝึกให้กินอาหารให้ได้ 70-100 กรัม ภายในเวลา 3 ชั่วโมง โดยลดเวลาที่ให้กินลงภายใน 1-2 สัปดาห์ ในช่วงแรกลดลง 4 ชั่วโมงทุกๆ 3-4 วัน จนกระทั่งกินได้ 70-100 กรัมภายใน 4 ชั่วโมง จากนั้นค่อยๆลดเวลาให้กินลงเหลือ 3 ชั่วโมง หากไก่ตัวใดไม่สามารถกินได้ตามที่กำหนด คัดออกจากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 วิธีการวิเคราะห์กรดอะมิโนด้วยเครื่องมือแยกและวิเคราะห์สาร

เป็นการวิเคราะห์กรดอะมิโนด้วยเครื่องมือแยกและวิเคราะห์สารแบบ 4-solvent gradient รุ่น ConstaMetric 4100Bio ยี่ห้อ LDC Analytical และใช้สารเคมี Fluoraldehyde O-phthaladehyde (OPA) reagent solution กับเครื่องตรวจวัดชนิด fluorescence ด้วยวิธี post column derivatization

การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์กรดอะมิโนของตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์และในมูลเหมือนกัน ดังนี้คือ บดตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์หรือมูล ด้วยตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร จากนั้นชั่งตัวอย่างประมาณ 0.01 มิลลิกรัม ลงใน Vacuum Hydrolysis tube เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 นอร์มอล 5 มิลลิลิตร ดูดอากาศออกเป็นเวลา 15 นาที ด้วยปั๊มดูดอากาศ(Vacuum pump) แล้วปิด Vacuum Hydrolysis tube เพื่อให้เป็นสูญญากาศ จากนั้นนำไปบนเครื่องย่อย Reacti-therm ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ตามวิธีการของ Pierce (1991:44-51) จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง ระเหยตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้วด้วยก๊าซไนโตรเจนจนแห้ง แล้วปรับปริมาตรตัวอย่างด้วย acetate buffer pH 2.2 ให้ได้ 25 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรองละเอียดขนาด 0.45 ไมครอน ลงในขวดขนาด 4 มิลลิลิตร เพื่อรอการฉีดเข้าเครื่องมือแยกและวิเคราะห์สารต่อไป

การย่อยตัวอย่างด้วยกรดไฮโดรคลอริก เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับการวิเคราะห์กรดอะมิโนเกือบทั้งหมด ยกเว้น เมไทโอนีน ซิสทีน ซิสเทอีน และทริบโทแฟน ซึ่งจะถูกทำลายได้ในกรด (Petterson *et al.* 1999 : 779) โดยเมไทโอนีน และซิสเทอีน เหมาะสำหรับวิธีการออกซิเดชั่นด้วยกรดเพอร์ฟอมิก (performic acid oxidation) ได้เมไทโอนีนซัลโฟน (methionine sulfone) และกรดซิสเตอิค ตามลำดับ ซึ่งจะเสถียรในกรด จากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือแยกและวิเคราะห์สาร (HPLC) แต่ในการทดลองครั้งนี้ได้ป้องกันเมไทโอนีนถูกทำลายในกรดโดยการย่อยวัตถุดิบ ภายใต้สูญญากาศ ดังการทดลองของ กิตติพงศ์ ศิริสุทธานันท์ และคณะ (2538 : 45-53) พบว่าผลการวิเคราะห์ปริมาณเมไทโอนีนด้วยการออกซิเดชั่นตัวอย่างด้วยกรดเพอร์ฟอมิก แล้วจึงนำไปย่อยเปรียบเทียบกับการย่อยตัวอย่างภายใต้สูญญากาศจะไม่มีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น จึงใช้วิธีการเตรียมตัวอย่างโดยวิธีทำเป็นสูญญากาศแทนวิธีออกซิเดชั่น ขณะที่ทริบโทแฟนไม่เสถียรในสภาวะเป็นกรด แต่เสถียรในสภาวะด่าง จึงใช้วิธีการย่อยตัวอย่างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อหาทริบโทแฟน (Finley and Hopkins. 1985 : 16)

การวิเคราะห์กรดอะมิโน ใช้เทคนิคการแยกสารประกอบที่มีประจุแล้วแตกตัวเป็นไอออน (ion–exchange chromatography) โดยใช้คอลัมน์เดี่ยวชนิด high speed AA511 (Pierce. 1991) ขนาด 0.46x12 เซนติเมตร บรรจุด้วย sulfonated polystyrene divinylbenzene

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

copolymer เป็นเฟสคงที่ (station phase) โดยขณะวิเคราะห์ควบคุมอุณหภูมิของคอลัมน์ที่ 60 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องควบคุมความร้อนของคอลัมน์ (eldex column heater) และใช้ guard column GC 511 เพื่อกรองอนุภาคหรือสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนมากับสารละลายก่อนเข้าคอลัมน์ ส่วนสารที่ใช้ในการพา (mobile phase) ตัวอย่างออกจากคอลัมน์ (gradient buffers) มี 3 ชนิดดังนี้คือ

บัพเพอร์ เอ พีเอช 3.29 ใช้เวลาในการพาสารออกจากคอลัมน์ 9 นาที

บัพเพอร์ บี พีเอช 3.81 ใช้เวลาในการพาสารออกจากคอลัมน์ 5 นาที

บัพเพอร์ ซี พีเอช 9.94 ใช้เวลาในการพาสารออกจากคอลัมน์ 17 นาที

ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่าง และความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้นำพากรดอะมิโนผ่านเข้าไปในคอลัมน์ จะเป็นปัจจัยสำคัญในการแยกกรดอะมิโน โดยมีปั๊มยี่ห้อ LDC model CM 4100 Bio ดูดสารจากสารละลายจาก mobile phase reservoir เข้าสู่คอลัมน์และผ่านไปยัง detcetor ด้วยอัตราเร็วของการไหลของสารละลาย 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที และใช้การ derivatization ด้วยวิธี post column derivatization โดยใช้ Fluoraldehyde O-Phthaladehyde (OPA) ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน และวัดฟลูออเรสเซนต์ที่ได้โดยใช้เครื่องตรวจวัดชนิดฟลูออเรสเซนต์ ยี่ห้อ fluoro monitor 4100 ที่ค่า exitation 360 นาโนเมตร และค่า emission 455 นาโนเมตร แสดงผลการวิเคราะห์เป็นโครมาโตแกรมที่ควบคุมโดยโปรแกรม Barspec's Data System (BDS)

6.2.1 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของกรดอะมิโน

ชั่งตัวอย่างมา 0.052 กรัม นำมาย่อย ระเหย แล้วเจือจางสารละลายด้วยบัพเฟอร์ ปริมาตร 25 ml จากนั้นนำสารละลายที่ได้นำมากรอง แล้วนำไปฉีดเข้าเครื่องแยกและวิเคราะห์สาร ปริมาตร 20×10^{-3} ml (20 µl) ได้พื้นที่ใต้กราฟสารละลายตัวอย่างของ Thr เท่ากับ 28,064 (สารละลายมาตรฐานของ Thr มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 119.1 กรัม ความเข้มข้นเท่ากับ 2.5×10^{-6} mole/ml พื้นที่ใต้กราฟเท่ากับ 593,750)

ในสารละลายมาตรฐาน 1 ml มีความเข้มข้นของ Thr $= 2.5 \times 10^{-6}$ mole

สารละลายมาตรฐาน 20×10^{-3} ml มีความเข้มข้นของ Thr $= 2.5 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^{-3}$ mole

$= 50 \times 10^{-9}$ mole

สารละลายมาตรฐาน 20×10^{-3} ml มีพื้นที่ใต้กราฟ 593,750

มีความเข้มข้นของThr $= 50 \times 10^{-9}$ mole

สารละลายตัวอย่าง 20×10^{-3} ml มีพื้นที่ใต้กราฟ 28,064

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความเข้มข้นของThr = $\frac{50\times10^{-9}\times28,064}{593,750}$ mole

= 2.36×10^{-9} mole

สารละลายตัวอย่าง 20×10^{-3} ml มีความเข้มข้นของThr = 2.36×10^{-9} mole

สารละลายตัวอย่าง 25 ml มีความเข้มข้นของ Thr = $\frac{2.36\times10^{-9}\times25}{20\times10^{-3}}$ mole

= 2.95×10^{-6} mole

Thr 1 mole น้ำหนักโมเลกุล = 119.1 กรัม

Thr 56.54×10^{-4} mole มีน้ำหนัก = $119.1\times2.95\times10^{-6}$ กรัม

= 3.51×10^{-4} กรัม

คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวอย่าง

ดังนั้น ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 0.052 กรัม จะมี Thr หนัก = 3.51×10^{-4} กรัม

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 100 กรัม จะมี Thr หนัก = $\frac{3.51\times10^{-4}\times100}{0.052}$ กรัม

ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ Thr = 0.67 %

6.3 วิธีการทดสอบค่าการย่อยได้โดยใช้เอนไซม์เบปซินด้วยวิธีการกรอง

(AOAC.1995 หัวข้อที่ 4.4.04)

6.3.1 หลักการ

นำตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้วมาย่อยเป็นเวลา 16 ชั่วโมงด้วยสารละลายเบปซินภายใต้เครื่องควบคุมอุณหภูมิอุ่น และเขย่าด้วยแรงสม่ำเสมอ กากที่ได้จากการกรองและล้างแล้วจะถูกทำให้แห้ง ชั่งน้ำหนักเปอร์เซ็นต์ส่วนที่เหลือ และนำส่วนที่เหลือที่ได้ไปตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์และวิเคราะห์โปรตีน วิธีนี้ใช้ได้กับอาหารโปรตีนจากสัตว์ทุกชนิดแต่ไม่เหมาะสำหรับโปรตีนจากพืชหรืออาหารผสม เนื่องจากมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ซับซ้อนและสารประกอบอื่นๆที่ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเบปซิน

6.3.2 อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์สกัดไขมันอย่างง่าย
2. shaking water bath
3. water bath
4. อุปกรณ์เครื่องกรองแบบสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. glass filter fiber ขนาด pore 2

6. dichloromethane

7. สารละลายเบปซิน 0.2 % (activity 1:10,000) ใน 0.075 นอร์มอล ของกรดไฮโดรคลอริก

การเตรียมสารละลายเบปซิน ต้องเตรียมก่อนใช้ โดยปิเปตกรดไฮโดรคลอริก 6.1 มิลลิลิตรลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร อุ่นให้อุณหภูมิอยู่ที่ 42-45 องศาเซลเซียส เติมเบปซิน จำนวน 2 กรัม และคนจนละลายเข้ากัน

6.3.3 วิธีวิเคราะห์

1. การสกัดไขมันในตัวอย่างอาหารก่อนการย่อย

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารประมาณ 1 กรัม ใส่ในบนกรวยกรองที่มีกระดาษกรองรองอยู่ จากนั้นเทสารละลายไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) ประมาณ 30 มิลลิลิตร ผ่านกระดาษกรอง โดยระวังอย่าให้ตัวอย่างอาหารหกหล่นผ่านกรวยกรองไป ทิ้งไว้ให้ตัวอย่างอาหารแห้ง

2. การย่อยโดยเบปซิน

นำตัวอย่างอาหารที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายเบปซินที่เตรียมใหม่ๆที่อุ่นไว้ที่อุณหภูมิ 42-45 องศาเซลเซียส จำนวน 150 มิลลิลิตร โดยให้เปียกตัวอย่างอาหารอย่างทั่วถึง ปิดฝาขวดแล้วนำไปบ่มใน shaking water bath ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง

3. การกรองเศษเหลือที่ได้จากการบ่ม

เตรียม glass filter fiber โดยอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่ง น้ำหนักที่แน่นอนของภาชนะ (W_1) จากนั้นกรองเศษเหลือที่ได้จากการบ่ม โดยการถ่ายลงใน glass filter fiber ล้างเศษเหลือที่ได้ด้วยน้ำ เสร็จแล้วล้างด้วยสารละลายอะซิโตน 2-3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 15 มิลลิลิตร อบให้แห้งในตู้อบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของภาชนะ (W_2)

คำนวณ % ส่วนที่ไม่ย่อยดังนี้

$$\% \text{ ส่วนที่ไม่ย่อย} = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การหาโปรตีนที่ย่อยไม่ได้

นำเศษเหลือที่ได้จากการบ่มมาหาโดยโปรตีน วิธี AOAC. 1995 หัวข้อที่ 4.2.09 แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์โปรตีนบนฐานน้ำหนักเดิม (original sample weight) ผลที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ย่อยไม่ได้ในตัวอย่างอาหาร แล้วคำนวณปริมาณโปรตีนที่ย่อยไม่ได้ของตัวอย่างอาหารดังนี้

$$\text{(\%) ปริมาณโปรตีนที่ย่อยไม่ได้ (protein indigestible)} = \frac{\text{\%โปรตีนที่ย่อยไม่ได้ในตัวอย่างอาหาร}}{\text{\% โปรตีนทั้งหมดในอาหาร}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดสอบแหล่งโปรตีนแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของแต่ละชั้นคุณภาพ

ชั้นคุณภาพ	ปลาป่น			กากถั่วเหลือง			กากถั่วลิสง			กากเมล็ดฝ้าย			กากปาล์มน้ำมัน		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
วัตถุดิบที่ทดสอบ	29.46	32.28	33.33	39.89	41.03	45.24	39	42.78	45.29	43.52	47.98	70.14	99.5	99.5	99.5
แป้งข้าวโพด	70.04	67.22	66.17	59.61	58.47	54.26	60.5	56.72	54.21	55.98	51.52	29.36	0	0	0
พรีมิกซ์	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
รวม	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
โปรตีน (%) (จากการคำนวณ)	18.19	18.18	18.18	18.16	18.16	18.14	18.16	18.15	18.14	18.15	18.13	18.08	15.79	10.59	5.28

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ 6.2 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของปลาป่น โดยจัดเรียงตามระดับปริมาณโปรตีน

หมายเลขวัตถุดิบ	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	เยื่อใย %	เถ้า %	แคลเซียม %	ฟอสฟอรัส %	ส่วนจม %[1/]	ชั้นคุณภาพ
109	6.35	68.46	8.16	1.35	13.84	3.03	2.26	13.70	1
116	5.66	67.77	9.86	1.67	12.67	2.71	4.05	8.29	1
102	6.88	67.13	8.51	1.45	13.30	3.58	2.38	16.47	1
123	2.32	66.28	10.81	0.52	16.72	4.26	4.94	19.53	1
112	6.62	65.21	7.93	1.21	13.70	4.07	4.37	16.36	1
115	8.84	63.81	10.43	1.45	14.03	3.58	3.89	13.05	1
108	7.65	63.22	6.65	1.82	14.62	3.29	2.21	14.13	1
114	8.59	62.41	7.57	1.39	19.93	4.88	5.01	20.90	1
122	5.86	61.60	5.85	0.58	25.23	4.76	0.45	20.65	1
110	8.45	61.02	8.66	1.36	20.53	4.71	5.29	19.89	1
119	8.99	60.58	10.79	1.60	20.13	5.41	5.56	20.61	1
118	8.78	60.48	10.81	1.72	19.70	5.00	4.81	21.37	1
101	5.50	59.52	4.62	0.63	26.62	6.99	4.92	29.68	2
104	6.40	57.51	8.54	0.07	23.39	6.19	2.80	25.77	2
107	6.90	56.39	6.74	1.84	28.84	4.82	2.95	28.94	2
120	7.81	55.80	7.44	1.26	25.76	5.26	5.14	25.67	2
103	6.39	55.69	6.48	0.26	28.79	6.73	3.60	29.82	2
106	7.66	55.23	9.88	1.96	24.76	6.00	3.98	27.84	2
121	7.34	54.48	5.74	1.17	27.93	5.49	5.85	27.55	3
117	6.88	54.25	9.50	1.40	24.23	6.15	4.76	24.01	3
111	7.29	53.94	8.20	1.58	26.42	5.93	3.19	26.89	3
113	6.92	52.89	8.77	1.19	25.01	6.98	5.77	28.15	3
105	7.75	51.00	10.66	0.76	27.73	7.41	4.90	33.00	3
ค่าเฉลี่ย	7.04	59.77	8.37	1.23	21.47	5.10	4.05	22.27	
SD	1.44	5.20	1.81	0.52	5.65	1.33	1.38	6.48	
ค่าต่ำสุด	2.32	51.00	4.62	0.07	12.67	2.71	0.45	8.29	
ค่าสูงสุด	8.99	68.46	10.81	1.96	28.84	7.41	5.85	33.00	

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1/ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่ได้จากการทดสอบการลอยตัวด้วยสารละลายคาร์บอนเตตระคลอไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง โดยจัดเรียงตามระดับปริมาณโปรตีน

หมายเลขวัตถุดิบ	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	เยื่อใย %	เถ้า %	แคลเซียม %	ฟอสฟอรัส %	ส่วนจม % 1/	ความสุกดิบ	ชั้นคุณภาพ
214	8.64	47.15	0.50	5.88	7.98	0.65	0.86	4.07	ดิบ	1
208	5.91	47.14	5.60	4.53	7.68	0.49	0.31	1.25	สุก	1
212	9.90	46.75	1.28	4.39	7.53	0.91	1.13	1.40	สุก	1
207	9.55	46.40	1.40	4.90	7.68	0.84	0.31	6.30	ดิบ	1
213 2/	10.44	45.96	1.15	4.19	8.38	0.65	1.04	4.66	สุก	3
205	11.10	45.86	2.07	6.20	7.89	0.81	0.29	1.63	ดิบ	1
210 2/	8.23	45.74	2.52	3.84	8.43	1.02	1.01	2.68	สุก	3
211	11.78	45.32	0.18	4.62	6.73	0.63	1.32	1.41	สุก	1
202	7.81	45.08	2.37	4.61	6.94	0.66	0.29	0.84	สุก	1
203	8.52	45.07	1.96	7.22	7.57	0.74	0.31	1.76	สุก	1
201	8.80	43.83	1.82	4.65	7.76	0.99	0.32	8.46	สุก	2
204	8.33	42.98	1.90	6.20	6.78	0.65	0.30	1.71	สุก	2
216	11.42	42.21	0.94	4.95	6.37	0.85	1.30	0.97	ดิบ	2
215 3/	7.28	41.50	2.61	8.01	7.69	0.72	0.80	2.29	ดิบ	3
209 3/	11.02	40.33	4.04	5.09	6.31	0.69	0.89	1.19	สุก	3
206 3/	9.92	39.75	3.02	6.92	6.38	0.52	0.32	1.47	สุก	3
ค่าเฉลี่ย	9.29	44.44	2.08	5.39	7.38	0.74	0.67	2.63		
SD	1.63	2.40	1.35	1.21	0.70	0.15	0.40	2.17		
ค่าต่ำสุด	5.91	39.75	0.18	3.84	6.31	0.49	0.29	0.84		
ค่าสูงสุด	11.78	47.15	5.60	8.01	8.43	1.02	1.32	8.46		

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1/ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่ได้จากการทดสอบการลอยตัวด้วยสารละลายคาร์บอนเตตระคลอไรด์

2/ & 3/ ตัวอย่างที่ไม่ได้มาตรฐานของกรมปศุสัตว์

โดย 2/ เฉพาะเถ้าสูงเกินมาตรฐาน 3/ เฉพาะโปรตีนต่ำกว่ามาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.4 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของกากถั่วลิสง โดยจัดเรียงตามระดับปริมาณโปรตีน

หมายเลขวัตถุดิบ	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	เยื่อใย %	เถ้า %	แคลเซียม %	ฟอสฟอรัส %	ส่วนจม %[1/]	ชั้นคุณภาพ
305	8.82	50.64	3.72	3.55	6.58	0.50	0.39	1.71	1
311	4.94	46.10	1.21	7.85	7.10	0.50	1.44	0.65	1
304	7.15	45.40	1.35	6.76	6.57	0.86	0.31	2.50	1
312[2/]	7.85	44.99	2.45	14.61	6.96	0.57	0.80	3.07	2
301[2/]	7.27	44.48	1.71	9.35	6.71	0.51	0.28	1.75	2
306[2/]	7.18	43.67	1.26	9.07	6.28	0.76	0.79	1.30	2
310[2/]	2.90	42.19	3.73	11.06	5.27	0.57	0.85	0.57	2
307[2/]	5.75	42.03	2.58	9.30	6.86	0.62	1.35	2.44	2
302[3/]	5.55	41.83	2.61	10.95	6.82	0.42	0.29	0.42	3
308[3/]	8.02	40.84	4.08	11.28	7.25	0.68	0.94	2.76	3
309[3/]	7.07	40.11	2.11	10.38	6.98	0.50	1.21	2.79	3
315[3/]	8.26	39.71	1.79	10.51	6.95	0.52	1.21	1.10	3
303[3/]	7.79	39.55	1.13	10.45	6.96	0.71	0.27	0.42	3
314[3/]	8.57	38.67	1.43	10.67	7.30	0.60	2.44	1.48	3
316[3/]	7.51	38.55	1.84	9.95	6.57	0.62	1.80	0.42	3
313[3/]	8.61	38.37	1.84	10.08	7.15	0.70	1.04	2.01	3
ค่าเฉลี่ย	7.08	42.32	2.18	9.74	6.77	0.60	0.96	1.59	
SD	1.58	3.38	0.95	2.36	0.49	0.11	0.61	0.93	
ค่าต่ำสุด	2.90	38.37	1.13	3.55	5.27	0.42	0.27	0.42	
ค่าสูงสุด	8.82	50.64	4.08	14.61	7.30	0.86	2.44	3.07	

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1/ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่ได้จากการทดสอบการลอยตัวด้วยสารละลายคาร์บอนเตตระคลอไรด์

2/ & 3/ ตัวอย่างที่ไม่ได้มาตรฐานของกรมปศุสัตว์

โดย 2/ เฉพาะเยื่อใยเกินมาตรฐาน 3/ เฉพาะโปรตีนและเยื่อใยที่ไม่ได้มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของกากเมล็ดฝ้าย โดยจัดเรียงตามระดับปริมาณโปรตีน

หมายเลขวัตถุดิบ	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	เยื่อใย %	เถ้า %	แคลเซียม %	ฟอสฟอรัส %	ส่วนจม % 1/
402 2/	9.44	41.38	2.77	9.81	6.94	0.77	2.12	0.62
404 2/	9.18	41.32	3.70	8.49	7.00	0.60	2.81	0.66
406 2/	10.63	39.74	2.53	7.68	7.58	0.57	2.25	0.86
407 3/	7.45	37.86	12.87	6.86	8.37	0.67	0.02	2.79
405 3/	10.84	37.48	2.30	8.64	7.55	0.62	1.83	1.25
401 3/	6.42	37.13	4.55	13.84	6.86	0.40	1.46	0.62
403 3/	7.57	36.81	5.76	9.88	7.56	0.67	2.09	0.66
408 4/	9.32	25.65	8.03	18.66	5.59	0.94	1.23	0.61
ค่าเฉลี่ย	8.86	37.17	5.31	10.48	7.18	0.66	1.73	1.01
SD	1.57	5.00	3.61	3.92	0.81	0.16	0.84	0.75
ค่าต่ำสุด	6.42	25.65	2.30	6.86	5.59	0.40	0.02	0.61
ค่าสูงสุด	10.84	41.38	12.87	18.66	8.37	0.94	2.81	2.79

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1/ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่ได้จากการทดสอบการลอยตัวด้วยสารละลายคาร์บอนเตตระคลอไรด์

2/ ชั้นคุณภาพที่ 1 ระดับโปรตีนสูง

3/ ชั้นคุณภาพที่ 2 ระดับโปรตีนปานกลาง

4/ ชั้นคุณภาพที่ 3 ระดับโปรตีนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.6 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของกากปาล์มน้ำมันโดยจัดเรียงตามระดับปริมาณโปรตีน

หมายเลขวัตถุดิบ	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	เยื่อใย %	เถ้า %	แคลเซียม %	ฟอสฟอรัส %	ส่วนจม % [1/]
606 [2/]	5.16	15.87	9.72	16.50	4.44	0.76	1.25	0.82
603 [2/]	3.11	13.35	10.42	16.08	3.63	0.50	0.80	1.14
601 [2/]	4.99	12.08	10.31	21.05	3.68	0.59	0.92	1.38
611 [3/]	8.52	10.88	9.77	21.58	5.11	0.67	0.46	1.22
605 [3/]	4.89	10.64	8.77	20.62	4.30	0.65	0.58	0.88
602 [3/]	6.80	10.34	6.29	23.86	3.37	0.67	0.46	2.67
608 [3/]	15.26	10.22	7.95	19.73	3.95	0.52	0.44	0.74
612 [3/]	10.69	9.21	10.68	21.01	6.19	0.50	0.69	0.86
613 [3/]	6.68	7.11	4.86	28.99	5.23	0.67	0.17	0.98
609 [4/]	7.40	6.71	13.58	28.84	5.84	0.67	0.26	2.03
607 [4/]	6.95	6.26	11.48	28.84	6.39	0.50	0.17	2.25
614 [4/]	10.24	5.48	8.23	45.68	2.61	0.37	0.13	0.68
610 [4/]	9.30	5.31	5.92	33.15	2.57	0.65	0.03	1.16
604 [4/]	5.04	4.74	5.94	33.20	3.39	0.77	0.14	1.19
ค่าเฉลี่ย	7.50	9.16	8.85	25.65	4.34	0.61	0.47	1.28
SD	3.13	3.34	2.47	8.06	1.25	0.12	0.35	0.61
ค่าต่ำสุด	3.11	4.74	4.86	16.08	2.57	0.37	0.03	0.68
ค่าสูงสุด	15.26	15.87	13.58	45.68	6.39	0.77	1.25	2.67

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย

1/ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่ได้จากการทดสอบการลอยตัวด้วยสารละลายคาร์บอนเตตระคลอไรด์

2/ ชั้นคุณภาพที่ 1 ระดับโปรตีนสูง

3/ ชั้นคุณภาพที่ 2 ระดับโปรตีนปานกลาง

4/ ชั้นคุณภาพที่ 3 ระดับโปรตีนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.7 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในปลาปน

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3			
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD
โปรตีน		61.02				55.69				53.94		
กรดอะมิโนจำเป็น												
ทรีโอนีน	3.27	3.09	3.18	0.13	2.40	2.46	2.43	0.04	2.37	2.12	2.24	0.17
พีนิลอะลานีน	1.62	1.52	1.57	0.07	1.54	1.84	1.69	0.22	1.65	1.69	1.67	0.03
เมไทโอนีน	1.18	1.21	1.20	0.02	1.42	1.25	1.34	0.12	1.35	1.36	1.36	0.00
ลิวซีน	4.16	4.32	4.24	0.11	3.46	3.37	3.41	0.06	3.31	3.36	3.33	0.04
ไลซีน	3.80	3.34	3.57	0.33	2.93	3.83	3.38	0.64	3.29	3.98	3.63	0.49
แวลีน	2.99	2.67	2.83	0.23	2.39	2.33	2.36	0.04	2.40	2.48	2.44	0.05
อาร์จินีน	3.35	3.13	3.24	0.15	2.77	3.51	3.14	0.52	3.41	3.97	3.69	0.40
ไอโซลิวซีน	2.19	2.03	2.11	0.11	1.99	1.92	1.96	0.05	1.74	1.90	1.82	0.12
ฮีสทิดีน	1.86	1.74	1.80	0.09	1.50	1.80	1.65	0.22	1.61	1.56	1.58	0.04
กรดอะมิโนไม่จำเป็น												
กรดกลูตามิค	9.81	8.95	9.38	0.61	8.57	8.63	8.60	0.05	7.19	7.40	7.29	0.15
กรดแอสปาติค	6.86	6.27	6.57	0.42	5.66	5.56	5.61	0.07	4.82	4.92	4.87	0.08
ไกลซีน	6.00	5.93	5.97	0.05	5.66	6.22	5.94	0.39	6.42	6.31	6.36	0.07
ซีรีน	2.69	2.62	2.65	0.05	2.46	2.34	2.40	0.08	2.20	2.15	2.18	0.04
ไทโรซีน	1.11	0.90	1.01	0.15	1.15	1.20	1.17	0.04	1.23	1.09	1.16	0.10
อะลานีน	3.76	3.74	3.75	0.01	3.90	3.77	3.84	0.09	3.27	3.50	3.38	0.16
รวม	54.66	51.47	53.07	2.25	47.79	50.05	48.92	1.60	46.25	47.80	47.02	1.09

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 6.8 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกากถั่วเหลือง

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3					
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	3	4	เฉลี่ย	SD
โปรตีน		45.08				43.83					39.75			
กรดอะมิโนจำเป็น														
ทรีโอนีน	2.31	2.06	2.18	0.18	2.09	1.89	1.99	0.14	1.57	2.11	1.64	1.74	1.76	0.07
พีนิลอะลานีน	2.28	1.91	2.09	0.26	2.61	1.90	2.25	0.50	1.81	2.64	1.84	1.61	1.98	0.17
เมไทโอนีน	0.62	0.46	0.54	0.11	0.82	0.46	0.64	0.25	0.36	0.78	0.29	0.13	0.39	0.12
ลิวซีน	2.91	2.72	2.82	0.14	2.91	2.47	2.69	0.31	2.53	3.12	2.33	2.61	2.65	0.20
ไลซีน	2.52	2.31	2.42	0.15	2.78	2.15	2.47	0.44	2.36	3.01	2.18	2.13	2.42	0.03
แวลีน	1.72	1.75	1.73	0.02	1.85	1.76	1.80	0.07	1.36	1.90	1.54	1.61	1.60	0.05
อาร์จินีน	2.87	2.84	2.86	0.02	3.07	2.50	2.79	0.41	2.54	3.23	2.20	2.40	2.59	0.14
ไอโซลิวซีน	1.79	1.54	1.66	0.17	1.81	1.72	1.77	0.06	1.39	1.89	1.54	1.44	1.56	0.07
ฮีสทิดีน	1.91	1.66	1.79	0.17	2.15	1.57	1.86	0.41	1.37	1.67	1.38	1.53	1.49	0.11
กรดอะมิโนไม่จำเป็น														
กรดกลูตามิค	8.58	7.88	8.23	0.49	7.19	7.11	7.15	0.06	6.67	7.94	6.64	7.10	7.09	0.32
กรดแอสปาติค	6.51	5.97	6.24	0.38	5.41	5.33	5.37	0.06	4.59	5.73	4.98	5.20	5.13	0.16
ไกลซีน	2.50	2.28	2.39	0.15	2.31	2.15	2.23	0.11	2.05	2.62	1.98	2.13	2.20	0.10
ซีรีน	2.39	2.14	2.26	0.17	2.24	1.93	2.08	0.22	1.81	2.42	1.81	1.93	1.99	0.08
ไทโรซีน	1.85	1.56	1.70	0.21	2.08	1.51	1.80	0.40	1.41	2.11	1.44	1.27	1.55	0.12
อะลานีน	1.70	1.55	1.63	0.11	1.56	1.41	1.49	0.10	1.30	1.72	1.37	1.52	1.48	0.11
รวม	42.45	38.63	40.54	2.70	40.88	35.87	38.37	3.54	33.11	42.90	33.15	34.35	35.88	0.84

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 6.9 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกากถั่วลิสง

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1
โปรตีน			46.10				42.03		39.71
กรดอะมิโนจำเป็น									
ทรีโอนีน	1.98	1.64	1.81	0.24	1.30	1.29	1.30	0.01	1.19
พีนิลอะลานีน	2.17	1.85	2.01	0.23	1.81	1.54	1.67	0.19	1.71
เมไทโอนีน	0.32	0.23	0.27	0.06	0.29	0.28	0.29	0.01	0.31
ลิวซีน	3.06	2.74	2.90	0.22	2.25	2.38	2.31	0.09	2.08
ไลซีน	1.48	1.47	1.48	0.00	1.24	1.13	1.19	0.08	1.32
แวลีน	2.76	2.32	2.54	0.31	1.80	1.92	1.86	0.09	1.45
อาร์จินีน	5.30	4.26	4.78	0.74	4.83	4.61	4.72	0.16	2.02
ไอโซลิวซีน	1.38	1.16	1.27	0.15	1.08	1.21	1.14	0.09	1.06
ฮีสทิดีน	1.24	1.28	1.26	0.03	1.20	1.09	1.14	0.08	1.52
กรดอะมิโนไม่จำเป็น									
กรดกลูตามิค	10.52	8.98	9.75	1.09	7.99	7.83	7.91	0.11	7.30
กรดแอสปาติค	4.17	3.65	3.91	0.37	5.19	5.28	5.24	0.07	5.07
ไกลซีน	3.41	3.01	3.21	0.28	3.36	3.17	3.27	0.14	2.94
ซีรีน	2.57	2.37	2.47	0.15	2.20	2.08	2.14	0.08	1.76
ไทโรซีน	2.09	1.49	1.79	0.42	1.05	0.97	1.01	0.06	1.45
อะลานีน	0.19	1.61	0.90	1.00	1.56	1.64	1.60	0.06	1.21
รวม	42.64	38.06	40.35	3.23	37.15	36.42	36.79	0.52	32.38

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 6.10 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกากเมล็ดฝ้าย

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3			
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD
โปรตีน			41.32				37.48				25.65	
กรดอะมิโนจำเป็น												
ทรีโอนีน	1.56	1.62	1.59	0.04	1.35	1.39	1.37	0.03	0.56	0.96	0.76	0.28
พีนิลอะลานีน	1.82	2.17	2.00	0.25	1.70	1.71	1.71	0.01	0.77	1.08	0.92	0.21
เมไทโอนีน	0.40	0.29	0.35	0.08	0.33	0.19	0.26	0.10	0.29	0.16	0.22	0.09
ลิวซีน	2.09	2.07	2.08	0.02	2.00	2.11	2.05	0.07	0.93	1.27	1.10	0.24
ไลซีน	1.45	1.46	1.45	0.01	1.51	1.69	1.60	0.13	0.67	0.96	0.81	0.20
แวลีน	1.64	1.71	1.67	0.05	1.57	1.80	1.69	0.16	0.70	1.18	0.94	0.34
อาร์จินีน	3.39	3.96	3.68	0.40	3.00	3.05	3.02	0.03	1.40	1.98	1.69	0.41
ไอโซลิวซีน	1.04	1.02	1.03	0.02	1.03	1.04	1.04	0.00	0.42	0.64	0.53	0.16
ฮีสทิดีน	1.54	1.31	1.42	0.17	1.59	1.52	1.55	0.05	0.93	1.05	0.99	0.08
กรดอะมิโนไม่จำเป็น												
กรดกลูตามิค	7.89	8.72	8.31	0.59	7.22	7.54	7.38	0.23	3.51	4.60	4.06	0.77
กรดแอสปาติค	4.49	5.02	4.75	0.38	3.80	4.09	3.94	0.20	1.93	2.84	2.39	0.64
ไกลซีน	2.07	2.26	2.16	0.13	2.00	2.11	2.05	0.08	0.94	1.23	1.09	0.20
ซีรีน	1.65	1.74	1.69	0.06	1.53	1.58	1.55	0.03	0.84	0.81	0.82	0.02
ไทโรซีน	1.22	1.78	1.50	0.40	1.12	1.07	1.09	0.04	0.48	0.65	0.56	0.12
อะลานีน	1.27	1.43	1.35	0.11	1.22	1.32	1.27	0.07	0.65	0.77	0.71	0.08
รวม	33.55	36.55	35.05	2.12	30.97	32.20	31.58	0.87	15.02	20.17	17.59	3.65

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 6.11 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกากปาล์มน้ำมัน

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3			
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD
โปรตีน		15.87				10.64				5.31		
กรดอะมิโนจำเป็น												
ทรีโอนีน	0.53	0.64	0.58	0.08	0.32	0.53	0.43	0.15	0.19	0.20	0.19	0.00
พีนิลอะลานีน	0.92	0.97	0.95	0.03	0.41	0.60	0.51	0.14	0.33	0.34	0.34	0.01
เมไทโอนีน	0.31	0.36	0.33	0.03	0.26	0.50	0.38	0.17	0.01	0.03	0.02	0.01
ลิวซีน	0.61	0.69	0.65	0.06	0.35	0.61	0.48	0.19	0.15	0.14	0.15	0.00
ไลซีน	0.87	0.91	0.89	0.03	0.42	0.74	0.58	0.22	0.33	0.29	0.31	0.03
แวลีน	0.60	0.72	0.66	0.09	0.34	0.69	0.52	0.25	0.19	0.19	0.19	0.00
อาร์จินีน	0.78	1.04	0.91	0.19	0.59	0.89	0.74	0.21	0.36	0.22	0.29	0.09
ไอโซลิวซีน	0.41	0.44	0.43	0.02	0.33	0.55	0.44	0.15	0.12	0.11	0.11	0.00
ฮีสทิดีน	1.22	1.35	1.28	0.09	0.57	0.87	0.72	0.21	0.37	0.37	0.37	0.00
กรดอะมิโนไม่จำเป็น												
กรดกลูตามิค	1.30	1.47	1.39	0.13	0.56	0.78	0.67	0.16	0.50	0.48	0.49	0.01
กรดแอสปาติค	0.55	0.62	0.59	0.05	0.29	0.55	0.42	0.18	0.25	0.24	0.25	0.00
ไกลซีน	2.39	2.42	2.40	0.02	0.74	1.05	0.89	0.22	0.92	0.84	0.88	0.05
ซีรีน	0.73	0.78	0.75	0.04	0.34	0.55	0.44	0.15	0.34	0.58	0.46	0.17
ไทโรซีน	0.51	0.52	0.52	0.01	0.24	0.39	0.32	0.11	0.22	0.20	0.21	0.01
อะลานีน	0.57	0.71	0.64	0.10	0.47	0.80	0.63	0.24	0.08	0.02	0.05	0.05
รวม	12.31	13.65	12.98	0.95	6.23	10.13	8.18	2.76	4.35	4.27	4.31	0.02

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 6.12 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในปลาป่น โดยทดสอบในไก่เพศผู้ตัดไส้ติ่งโตเต็มวัย 2 กลุ่ม

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3			
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD
กรดอะมิโนจำเป็น												
ทรีโอนีน	99.48	96.35	97.91	2.22	85.98	90.37	88.17	3.10	96.95	100.64	98.80	2.61
พีนิลอะลานีน	99.15	96.41	97.78	1.94	85.33	92.14	88.73	4.81	95.53	99.62	97.57	2.89
เมไทโอนีน	97.84	103.44	100.64	3.96	91.41	97.36	94.38	4.21	100.15	94.76	97.45	3.81
ลิวซีน	96.59	94.18	95.39	1.70	88.90	88.49	88.69	0.28	93.52	94.63	94.08	0.79
ไลซีน	96.16	92.85	94.51	2.34	84.86	87.52	86.19	1.88	96.78	97.48	97.13	0.50
แวลีน	95.84	92.31	94.07	2.50	83.41	85.93	84.67	1.78	90.53	94.25	92.39	2.63
อาร์จินีน	101.88	99.84	100.86	1.44	90.33	93.59	91.96	2.31	97.56	99.24	98.40	1.19
ไอโซลิวซีน	96.88	91.82	94.35	3.58	86.72	89.30	88.01	1.82	93.87	93.28	93.58	0.41
ฮีสทิดีน	89.23	85.82	87.53	2.41	71.91	74.01	72.96	1.48	86.75	90.16	88.45	2.41
กรดอะมิโนไม่จำเป็น												
กรดกลูตามิค	97.47	95.72	96.59	1.24	86.52	89.46	87.99	2.08	93.80	95.32	94.56	1.07
กรดแอสปาติค	91.99	90.02	91.00	1.39	80.66	81.81	81.23	0.81	89.76	90.27	90.01	0.37
ไกลซีน	95.59	91.63	93.61	2.80	85.08	85.27	85.17	0.13	91.58	93.29	92.44	1.21
ซีรีน	99.94	97.12	98.53	2.00	86.57	89.97	88.27	2.41	97.28	100.65	98.97	2.39
ไทโรซีน	99.59	103.61	101.60	2.84	89.30	99.39	94.35	7.14	104.59	99.15	101.87	3.84
อะลานีน	95.15	93.32	94.24	1.30	88.21	88.77	88.49	0.40	93.81	94.52	94.17	0.50
เฉลี่ย	96.85	94.96	95.91	1.34	85.68	88.89	87.29	2.27	94.83	95.82	95.32	0.70
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	96.94	95.20	96.07	1.23	85.72	89.15	87.44	2.42	95.06	96.00	95.53	0.66
เฉลี่ย EAA[1/]	97.01	94.78	95.89	1.57	85.43	88.75	87.09	2.35	94.63	96.01	95.32	0.98

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

ตารางที่ 6.13 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในกากถั่วเหลือง โดยทดสอบในไก่เพศผู้ตัดไส้ติ่งโตเต็มวัย 2 กลุ่ม

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3			
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD
กรดอะมิโนจำเป็น												
ทรีโอนีน	88.33	87.89	88.11	0.31	82.12	82.33	82.23	0.15	90.38	88.03	89.21	1.66
พีนิลอะลานีน	91.52	92.01	91.76	0.34	87.09	88.76	87.92	1.18	96.28	91.39	93.83	3.46
เมไทโอนีน	102.08	94.15	98.12	5.61	92.08	88.91	90.50	2.24	103.10	86.48	94.79	11.76
ลิวซีน	90.36	88.31	89.34	1.45	78.77	83.20	80.98	3.13	91.02	88.41	89.72	1.84
ไลซีน	85.79	89.02	87.40	2.28	83.49	85.36	84.43	1.32	95.91	89.90	92.90	4.25
แวลีน	82.86	84.13	83.50	0.90	78.83	81.50	80.16	1.89	87.04	86.25	86.64	0.56
อาร์จินีน	96.78	97.97	97.38	0.85	93.35	96.86	95.10	2.48	97.31	95.50	96.40	1.28
ไอโซลิวซีน	88.84	90.55	89.70	1.21	81.78	83.43	82.61	1.17	92.46	89.65	91.05	1.99
ฮีสทิดีน	82.27	81.89	82.08	0.27	77.26	80.61	78.94	2.37	92.20	82.03	87.12	7.19
กรดอะมิโนไม่จำเป็น												
กรดกลูตามิค	91.62	92.27	91.94	0.46	88.09	89.08	88.59	0.70	93.94	92.72	93.33	0.87
กรดแอสปาติค	92.42	89.84	91.13	1.82	84.13	85.05	84.59	0.65	92.44	90.58	91.51	1.32
ไกลซีน	52.45	75.34	63.89	16.18	68.07	71.00	69.54	2.07	76.30	79.73	78.01	2.43
ซีรีน	78.30	91.39	84.84	9.26	84.36	85.04	84.70	0.48	91.76	89.61	90.69	1.52
ไทโรซีน	93.35	94.18	93.76	0.59	88.75	89.83	89.29	0.77	97.73	92.81	95.27	3.48
อะลานีน	82.49	84.95	83.72	1.74	76.76	78.31	77.54	1.10	82.45	83.44	82.94	0.70
เฉลี่ย	86.63	88.93	87.78	1.62	83.00	84.62	83.81	1.15	92.02	88.43	90.23	2.54
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	89.07	89.90	89.48	0.58	84.06	85.59	84.83	1.08	93.15	89.06	91.10	2.89
เฉลี่ย EAA [1/]	89.87	89.55	89.71	0.23	83.86	85.66	84.76	1.27	93.97	88.63	91.30	3.78

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

ตารางที่ 6.14 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในกากถั่วลิสง โดยทดสอบในไก่เพศผู้ตัดไส้ติ่งโตเต็มวัย 2 กลุ่ม

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3			
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD
กรดอะมิโนจำเป็น												
ทรีโอนีน	80.33	80.30	80.32	0.02	84.64	86.86	85.75	1.57	85.44	79.92	82.68	3.90
พีนิลอะลานีน	81.77	88.47	85.12	4.74	91.61	94.59	93.10	2.11	92.51	91.00	91.76	1.06
เมไทโอนีน	74.81	56.50	65.66	12.95	81.11	96.02	88.57	10.54	86.73	56.19	71.46	21.59
ลิวซีน	83.40	81.36	82.38	1.44	87.04	90.94	88.99	2.76	87.89	85.00	86.45	2.04
ไลซีน	62.17	67.35	64.76	3.66	76.40	85.23	80.82	6.24	75.62	67.84	71.73	5.50
แวลีน	83.50	86.17	84.84	1.89	86.57	89.25	87.91	1.90	85.10	82.38	83.74	1.93
อาร์จินีน	94.24	92.98	93.61	0.90	96.16	97.92	97.04	1.24	92.12	85.64	88.88	4.59
ไอโซลิวซีน	76.92	82.09	79.50	3.66	83.41	88.73	86.07	3.76	86.16	81.75	83.96	3.12
ฮีสทิดีน	42.07	62.51	52.29	14.45	62.93	75.17	69.05	8.66	74.90	71.27	73.09	2.56
กรดอะมิโนไม่จำเป็น												
กรดกลูตามิค	91.47	90.75	91.11	0.51	92.77	91.65	92.21	0.79	91.46	89.36	90.41	1.49
กรดแอสปาติค	79.33	78.63	78.98	0.49	90.90	91.49	91.20	0.42	89.89	87.41	88.65	1.75
ไกลซีน	50.48	65.59	58.03	10.68	72.86	74.34	73.60	1.05	68.14	60.32	64.23	5.53
ซีรีน	84.76	81.53	83.15	2.28	89.90	91.94	90.92	1.44	85.43	82.50	83.97	2.07
ไทโรซีน	87.95	91.26	89.60	2.34	89.78	94.60	92.19	3.41	94.99	93.06	94.02	1.37
อะลานีน	53.44	51.84	52.64	1.13	85.34	86.61	85.97	0.90	77.45	69.02	73.24	5.96
เฉลี่ย	75.11	77.15	76.13	1.45	84.76	89.02	86.89	3.01	84.92	78.84	81.88	4.30
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	76.87	77.98	77.42	0.79	85.61	90.07	87.84	3.15	86.12	80.17	83.14	4.21
เฉลี่ย EAA [1/]	75.47	77.52	76.50	1.45	83.32	89.41	86.37	4.31	85.16	77.89	81.53	5.14

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

ตารางที่ 6.15 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในกากเมล็ดฝ้าย โดยทดสอบในไก่เพศผู้ตัดไส้ติ่งโตเต็มวัย 2 กลุ่ม

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3			
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD
กรดอะมิโนจำเป็น												
ทรีโอนีน	76.68	83.04	79.86	4.49	81.68	80.06	80.87	1.14	73.07	72.55	72.81	0.36
ฟีนิลอะลานีน	88.08	90.83	89.46	1.94	88.67	88.96	88.81	0.21	84.16	85.26	84.71	0.78
เมไทโอนีน	100.30	87.05	93.67	9.37	96.34	101.71	99.03	3.80	71.98	105.16	88.57	23.47
ลิวซีน	75.75	83.53	79.64	5.50	81.29	82.06	81.67	0.55	70.51	86.32	78.42	11.17
ไลซีน	61.47	66.29	63.88	3.40	78.40	76.18	77.29	1.57	57.80	65.42	61.61	5.39
แวลีน	75.70	83.02	79.36	5.17	81.23	82.90	82.06	1.18	72.32	70.97	71.65	0.95
อาร์จินีน	92.67	91.87	92.27	0.56	92.65	92.73	92.69	0.05	88.05	88.19	88.12	0.10
ไอโซลิวซีน	72.67	81.32	77.00	6.11	78.85	77.90	78.37	0.67	69.48	80.55	75.02	7.83
ฮีสทิดีน	69.79	77.31	73.55	5.31	81.11	79.54	80.32	1.11	70.97	75.82	73.40	3.43
กรดอะมิโนไม่จำเป็น												
กรดกลูตามิค	88.35	91.95	90.15	2.55	88.96	89.52	89.24	0.39	83.10	84.47	83.79	0.97
กรดแอสปาติค	82.13	87.64	84.89	3.89	83.58	83.82	83.70	0.17	77.90	78.23	78.07	0.23
ไกลซีน	51.00	75.95	63.48	17.64	69.19	70.52	69.86	0.94	58.49	66.45	62.47	5.63
ซีรีน	77.53	84.40	80.96	4.85	84.79	84.42	84.60	0.26	75.13	76.39	75.76	0.89
ไทโรซีน	95.69	94.90	95.30	0.56	94.83	93.24	94.04	1.12	98.07	97.00	97.54	0.75
อะลานีน	61.14	76.70	68.92	11.01	72.94	74.27	73.60	0.94	64.68	69.48	67.08	3.39
เฉลี่ย	77.93	83.72	80.83	4.09	83.63	83.86	83.74	0.16	74.38	80.15	77.27	4.08
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	79.85	84.27	82.06	3.13	84.67	84.81	84.74	0.10	75.52	81.13	78.32	3.97
เฉลี่ย EAA [1/]	79.24	82.69	80.97	2.45	84.47	84.67	84.57	0.14	73.15	81.14	77.14	5.65

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

ตารางที่ 6.16 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในกากปาล์มน้ำมัน โดยทดสอบในไก่เพศผู้ตัดไส้ติ่งโตเต็มวัย 2 กลุ่ม

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3 2/			
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD
กรดอะมิโนจำเป็น												
ทรีโอนีน	83.45	88.06	85.75	3.26	87.03	102.68	94.85	11.07	74.52	-	74.52	-
ฟีนิลอะลานีน	83.79	84.45	84.12	0.47	84.60	91.81	88.21	5.10	78.52	93.33	85.93	10.47
เมไทโอนีน	88.90	83.44	86.17	3.86	99.75	104.35	102.05	3.25	-	-	-	-
ลิวซีน	81.90	80.54	81.22	0.96	77.82	84.98	81.40	5.06	71.13	102.09	86.61	21.89
ไลซีน	77.06	82.98	80.02	4.18	85.12	94.46	89.79	6.61	-	-	-	-
แวลีน	81.14	83.74	82.44	1.84	79.44	86.75	83.10	5.17	65.97	93.62	79.80	19.55
อาร์จินีน	77.81	81.16	79.49	2.37	69.49	77.27	73.38	5.50	64.87	-	64.87	-
ไอโซลิวซีน	87.41	87.82	87.61	0.29	85.82	88.45	87.14	1.86	65.44	-	65.44	-
ฮีสทิดีน	87.17	90.33	88.75	2.24	84.51	93.19	88.85	6.14	34.65	52.91	43.78	12.91
กรดอะมิโนไม่จำเป็น												
กรดกลูตามิค	82.42	86.13	84.28	2.63	78.08	91.35	84.71	9.39	68.55	-	68.55	-
กรดแอสปาติค	79.38	83.52	81.45	2.92	72.22	81.59	76.90	6.63	51.13	79.56	65.35	20.10
ไกลซีน	60.02	72.50	66.26	8.82	-5.42	53.88	24.23	41.93	-	37.20	37.20	-
ซีรีน	83.30	83.12	83.21	0.12	83.81	102.16	92.99	12.97	69.16	-	69.16	-
ไทโรซีน	95.92	94.75	95.33	0.83	94.89	98.97	96.93	2.89	-	-	-	-
อะลานีน	70.33	74.21	72.27	2.75	62.37	68.37	65.37	4.24	-	70.62	70.62	-
เฉลี่ย	81.33	83.78	82.56	1.73	75.97	88.02	81.99	8.52	64.39	75.62	70.01	7.94
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	82.86	84.59	83.72	1.23	81.78	90.46	86.12	6.13	64.39	82.02	73.21	12.47
เฉลี่ย EAA 1/	83.18	84.73	83.95	1.09	83.73	91.55	87.64	5.53	65.01	85.49	75.25	14.48

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน 2/ - หมายถึงค่าที่คำนวณไม่ได้ (infeasible) เพราะเกิน 100% จึงละค่าไป

ตารางที่ 6.17 ส่วนประกอบกรดอะมิโน (endogenous amino acid) ของมูลจากไก่ที่กินอาหารปราศจากโปรตีน

	ปริมาณของendogenous amino acid				
	1	2	3	เฉลี่ย	SD
กรดอะมิโนจำเป็น					
ทรีโอนีน	0.0298	0.0537	0.0324	0.0386	0.0131
พีนิลอะลานีน	0.0133	0.0252	0.0144	0.0177	0.0066
เมไทโอนีน	0.0242	0.0092	0.0119	0.0151	0.0080
ลิวซีน	0.0260	0.0358	0.0236	0.0285	0.0065
ไลซีน	0.0223	0.0357	0.0258	0.0279	0.0070
แวลีน	0.0249	0.0378	0.0226	0.0285	0.0082
อาร์จินีน	0.0215	0.0245	0.0214	0.0225	0.0018
ไอโซลิวซีน	0.0159	0.0212	0.0166	0.0179	0.0029
ฮีสทิดีน	0.0208	0.0379	0.0219	0.0269	0.0096
กรดอะมิโนไม่จำเป็น					
กรดกลูตามิค	0.0627	0.0860	0.0547	0.0678	0.0163
กรดแอสปาติค	0.0452	0.0453	0.0409	0.0438	0.0025
ไกลซีน	0.0472	0.0610	0.0480	0.0521	0.0078
ซีรีน	0.0370	0.0494	0.0394	0.0419	0.0066
ไทโรซีน	0.0095	0.0183	0.0125	0.0134	0.0045
อะลานีน	0.0285	0.0272	0.0174	0.0244	0.0061
เฉลี่ย	0.4289	0.5683	0.4032	0.4668	0.0888

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 6.18 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในปลาปน

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3			
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD
กรดอะมิโนจำเป็น												
ทรีโอนีน	99.45	99.60	99.53	0.11	99.04	99.10	99.07	0.04	98.46	98.56	98.51	0.07
ฟีนิลอะลานีน	98.19	98.68	98.44	0.35	98.17	97.63	97.90	0.38	98.06	98.43	98.25	0.27
เมไทโอนีน	92.96	95.16	94.06	1.56	86.50	87.91	87.21	1.00	86.44	84.72	85.58	1.22
ลิวซีน	99.45	99.58	99.52	0.09	99.01	99.00	99.01	0.01	98.66	98.73	98.69	0.05
ไลซีน	99.60	99.53	99.56	0.05	99.54	99.12	99.33	0.30	98.92	98.96	98.94	0.03
แวลีน	99.18	99.45	99.31	0.19	98.73	98.79	98.76	0.04	98.69	98.53	98.61	0.11
อาร์จินีน	98.03	98.81	98.42	0.55	97.84	97.78	97.81	0.04	97.92	98.20	98.06	0.20
ไอโซลิวซีน	98.94	99.26	99.10	0.22	98.42	98.43	98.42	0.01	98.33	98.29	98.31	0.03
ฮีสทิดีน	98.70	98.62	98.66	0.06	98.04	97.14	97.59	0.63	97.10	97.49	97.30	0.27
กรดอะมิโนไม่จำเป็น												
กรดกลูตามิค	99.07	99.38	99.22	0.22	98.90	98.74	98.82	0.11	98.11	98.33	98.22	0.15
กรดแอสปาติค	98.98	99.27	99.13	0.21	98.44	98.54	98.49	0.07	98.03	98.18	98.11	0.10
ไกลซีน	99.25	99.46	99.35	0.15	98.89	98.79	98.84	0.07	97.30	97.27	97.29	0.02
ซีรีน	98.78	99.17	98.97	0.27	98.26	98.35	98.30	0.07	97.60	97.90	97.75	0.21
ไทโรซีน	96.07	97.23	96.65	0.82	98.57	96.56	97.56	1.42	97.30	98.69	97.99	0.98
อะลานีน	99.67	99.71	99.69	0.03	99.62	99.38	99.50	0.17	98.31	98.32	98.32	0.01
เฉลี่ย	98.42	98.86	98.64	0.31	97.86	97.68	97.77	0.13	97.28	97.37	97.33	0.06
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	98.36	98.82	98.59	0.32	97.79	97.60	97.70	0.13	97.28	97.38	97.33	0.07
เฉลี่ย EAA 1/	98.28	98.74	98.51	0.33	97.25	97.21	97.23	0.03	96.95	96.88	96.92	0.05

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

ตารางที่ 6.19 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากถั่วเหลือง

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3			
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD
กรดอะมิโนจำเป็น												
ทรีโอนีน	95.95	95.76	95.86	0.14	94.84	94.77	94.80	0.05	94.32	95.27	94.79	0.67
ฟีนิลอะลานีน	95.66	96.20	95.93	0.38	96.98	97.44	97.21	0.32	96.78	97.33	97.06	0.39
เมไทโอนีน	96.86	98.65	97.76	1.26	99.01	97.80	98.40	0.86	97.08	98.40	97.74	0.93
ลิวซีน	94.40	94.87	94.64	0.33	93.77	94.11	93.94	0.24	93.81	94.70	94.25	0.63
ไลซีน	95.41	95.49	95.45	0.06	96.28	95.65	95.96	0.44	95.71	96.38	96.05	0.47
แวลีน	93.90	94.63	94.26	0.52	93.04	93.50	93.27	0.32	92.22	93.68	92.95	1.03
อาร์จินีน	97.66	97.89	97.78	0.17	97.43	97.02	97.23	0.29	97.06	97.95	97.51	0.63
ไอโซลิวซีน	95.52	96.44	95.98	0.65	95.86	95.73	95.80	0.09	94.97	96.00	95.49	0.73
ฮีสทิดีน	94.51	94.69	94.60	0.13	96.06	95.47	95.76	0.42	95.95	95.84	95.90	0.08
กรดอะมิโนไม่จำเป็น												
กรดกลูตามิค	97.61	97.79	97.70	0.12	96.54	96.45	96.49	0.06	97.09	98.15	97.62	0.75
กรดแอสปาติค	95.50	97.24	96.37	1.23	96.53	96.28	96.41	0.17	96.61	97.13	96.87	0.37
ไกลซีน	90.60	90.49	90.54	0.07	91.40	89.63	90.51	1.25	91.10	92.72	91.91	1.14
ซีรีน	94.76	94.46	94.61	0.21	94.02	92.88	93.45	0.81	93.43	94.85	94.14	1.01
ไทโรซีน	97.11	97.34	97.23	0.16	98.15	97.66	97.91	0.35	97.51	98.16	97.84	0.46
อะลานีน	93.55	93.95	93.75	0.29	93.11	93.20	93.15	0.06	93.08	94.34	93.71	0.89
เฉลี่ย	95.27	95.73	95.50	0.33	95.53	95.17	95.35	0.26	95.11	96.06	95.59	0.67
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	95.60	96.10	95.85	0.35	95.83	95.57	95.70	0.19	95.40	96.30	95.85	0.63
เฉลี่ย EAA 1/	95.54	96.07	95.81	0.37	95.92	95.72	95.82	0.14	95.32	96.17	95.75	0.60

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

ตารางที่ 6.20 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากถั่วลิสง

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3			
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD
กรดอะมิโนจำเป็น												
ทรีโอนีน	96.27	96.25	96.26	0.02	95.87	95.85	95.86	0.01	93.51	95.18	94.35	1.18
ฟีนิลอะลานีน	98.30	97.85	98.07	0.31	97.96	97.57	97.77	0.28	96.84	97.73	97.29	0.62
เมไทโอนีน	98.35	97.77	98.06	0.41	99.49	97.72	98.60	1.25	54.26	100.00	77.13	32.34
ลิวซีน	97.12	96.98	97.05	0.10	96.75	98.17	97.46	1.01	95.77	95.88	95.83	0.08
ไลซีน	97.12	95.94	96.53	0.83	96.60	97.26	96.93	0.47	93.90	95.26	94.58	0.96
แวลีน	97.29	97.02	97.15	0.19	96.91	95.90	96.40	0.71	94.83	95.14	94.99	0.22
อาร์จินีน	98.42	98.00	98.21	0.29	98.39	98.15	98.27	0.16	94.62	95.82	95.22	0.85
ไอโซลิวซีน	96.42	96.03	96.22	0.27	96.50	98.17	97.34	1.18	95.83	95.76	95.79	0.05
ฮีสทิดีน	95.30	95.30	95.30	0.00	93.57	95.59	94.58	1.42	92.87	95.40	94.14	1.79
กรดอะมิโนไม่จำเป็น												
กรดกลูตามิค	98.15	94.72	96.44	2.43	98.11	97.50	97.80	0.43	97.33	97.57	97.45	0.17
กรดแอสปาติค	95.86	95.57	95.72	0.20	97.43	97.04	97.23	0.28	96.37	97.11	96.74	0.52
ไกลซีน	91.47	90.98	91.23	0.35	92.73	92.96	92.84	0.16	90.81	89.34	90.07	1.04
ซีรีน	96.38	95.95	96.17	0.31	96.24	96.28	96.26	0.03	93.74	94.36	94.05	0.44
ไทโรซีน	99.19	99.02	99.10	0.12	98.90	94.87	96.88	2.85	98.53	99.46	99.00	0.65
อะลานีน	92.71	92.24	92.47	0.33	96.74	98.78	97.76	1.44	94.23	97.72	95.97	2.47
เฉลี่ย	96.56	95.97	96.27	0.41	96.81	96.79	96.80	0.02	92.23	96.11	94.17	2.75
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	96.92	96.33	96.63	0.42	97.10	97.06	97.08	0.03	92.33	96.60	94.46	3.02
เฉลี่ย EAA [1/]	97.18	96.79	96.98	0.27	96.89	97.15	97.02	0.19	90.27	96.24	93.26	4.22

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

ตารางที่ 6.21 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากเมล็ดฝ้าย

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3			
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD
กรดอะมิโนจำเป็น												
ทรีโอนีน	81.64	81.58	81.61	0.04	83.62	81.00	82.31	1.85	82.90	86.21	84.56	2.34
พีนิลอะลานีน	89.14	91.28	90.21	1.51	91.80	88.87	90.33	2.07	87.01	91.64	89.33	3.27
เมไทโอนีน	92.31	91.02	91.66	0.92	90.71	86.64	88.67	2.88	95.16	98.12	96.64	2.10
ลิวซีน	75.66	79.10	77.38	2.43	84.77	81.28	83.03	2.46	83.63	87.65	85.64	2.84
ไลซีน	69.94	74.69	72.32	3.36	86.28	82.87	84.58	2.41	78.49	83.04	80.76	3.22
แวลีน	81.36	82.00	81.68	0.45	86.44	84.08	85.26	1.67	81.91	87.01	84.46	3.61
อาร์จินีน	85.34	86.40	85.87	0.75	89.93	88.72	89.32	0.85	89.01	92.11	90.56	2.19
ไอโซลิวซีน	77.21	83.13	80.17	4.19	87.40	82.59	84.99	3.40	87.45	87.47	87.46	0.02
ฮีสทิดีน	86.18	86.30	86.24	0.08	90.18	89.56	89.87	0.44	84.67	88.99	86.83	3.05
กรดอะมิโนไม่จำเป็น												
กรดกลูตามิค	81.60	84.49	83.05	2.04	87.53	85.86	86.70	1.18	87.37	89.92	88.65	1.80
กรดแอสปาติค	86.77	87.94	87.35	0.83	89.31	87.45	88.38	1.31	88.24	90.95	89.59	1.91
ไกลซีน	79.57	79.84	79.70	0.19	83.95	81.00	82.48	2.09	81.70	86.11	83.90	3.12
ซีรีน	83.48	82.34	82.91	0.80	84.25	82.76	83.51	1.05	81.88	85.37	83.62	2.47
ไทโรซีน	96.78	95.40	96.09	0.98	94.35	92.20	93.27	1.52	90.95	94.03	92.49	2.18
อะลานีน	79.66	80.69	80.18	0.73	83.61	81.23	82.42	1.69	82.39	85.47	83.93	2.18
เฉลี่ย	83.11	84.41	83.76	0.92	87.61	85.07	86.34	1.79	85.52	88.94	87.23	2.42
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	83.36	84.74	84.05	0.98	87.87	85.37	86.62	1.77	85.79	89.14	87.47	2.37
เฉลี่ย EAA[1/]	82.09	83.94	83.02	1.31	87.90	85.07	86.48	2.00	85.58	89.14	87.36	2.51

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

ตารางที่ 6.22 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโนในกากปาล์มน้ำมัน

	ชั้นคุณภาพที่ 1				ชั้นคุณภาพที่ 2				ชั้นคุณภาพที่ 3			
	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD	1	2	เฉลี่ย	SD
กรดอะมิโนจำเป็น												
ทรีโอนีน	83.22	85.33	84.28	1.49	85.11	85.44	85.27	0.23	63.92	70.15	67.03	4.41
พีนิลอะลานีน	87.55	90.43	88.99	2.04	89.98	89.08	89.53	0.64	82.98	85.61	84.30	1.86
เมไทโอนีน	99.13	99.36	99.24	0.16	99.65	100.00	99.83	0.24	74.65	85.04	79.84	7.35
ลิวซีน	80.12	82.33	81.22	1.56	82.15	83.94	83.05	1.26	74.26	73.24	73.75	0.72
ไลซีน	75.80	77.26	76.53	1.03	84.23	81.22	82.72	2.13	75.88	72.73	74.30	2.22
แวลีน	78.05	80.04	79.05	1.41	74.23	74.53	74.38	0.21	74.72	77.75	76.24	2.15
อาร์จินีน	76.28	78.42	77.35	1.51	82.90	81.23	82.07	1.18	84.02	86.74	85.38	1.92
ไอโซลิวซีน	87.12	88.93	88.02	1.28	89.69	90.16	89.92	0.33	80.31	79.40	79.85	0.64
ฮีสทิดีน	80.90	84.87	82.89	2.80	88.96	87.73	88.35	0.87	62.56	55.38	58.97	5.08
กรดอะมิโนไม่จำเป็น												
กรดกลูตามิค	69.28	72.97	71.13	2.60	74.67	75.61	75.14	0.66	74.81	76.39	75.60	1.11
กรดแอสปาติค	83.65	83.43	83.54	0.16	77.26	77.97	77.61	0.50	73.32	77.33	75.33	2.84
ไกลซีน	67.75	70.53	69.14	1.96	67.04	65.92	66.48	0.79	75.85	77.12	76.49	0.90
ซีรีน	81.43	86.53	83.98	3.61	84.86	85.47	85.16	0.43	71.69	75.94	73.81	3.00
ไทโรซีน	95.30	97.21	96.25	1.35	98.70	99.06	98.88	0.25	83.03	94.65	88.84	8.22
อะลานีน	76.69	76.56	76.62	0.09	76.88	72.21	74.55	3.30	86.05	73.30	79.67	9.02
เฉลี่ย	80.96	82.85	81.91	1.33	80.95	80.12	80.54	0.58	77.99	79.67	78.83	1.19
เฉลี่ยไม่มี ไกลซีน	80.96	82.85	81.91	1.33	80.95	80.12	80.54	0.58	77.99	79.67	78.83	1.19
เฉลี่ย EAA 1/	81.30	83.50	82.40	1.56	83.80	83.33	83.56	0.33	75.77	76.84	76.31	0.76

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1/ ค่าเฉลี่ยที่คิดจากเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ตัวไม่รวมทริบโทแฟน

ตารางที่ 6.23 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้โดยเบปซินและการย่อยได้ของโปรตีนหรือกรดอะมิโนโดยเบปซินเปรียบเทียบกับค่าการย่อยได้จริงในตัวสัตว์ในวัตถุดิบแหล่งโปรตีน [1/]

วัตถุดิบ [2/]	โปรตีนรวม (%)	ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (%)	ค่าการย่อยได้ของโปรตีน (%)	ค่าการย่อยได้โดยเบปซินของกรดอะมิโน (%)	ค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโน (%)
ปลาป่น					
1	61.02	97.78+0.43	98.79+0.78	98.64 ± 0.31	95.91 ± 1.34
2	55.69	93.96+0.56	97.13+1.31	97.77 ± 0.13	87.29 ± 2.27
3	53.94	94.89+0.44	97.40+0.94	97.33 ± 0.06	95.32 ± 0.70
กากถั่วเหลือง					
1	45.08	81.10+0.32	95.11+0.35	95.50 ± 0.33	87.78 ± 1.62
2	43.83	83.49+2.68	95.98+0.44	95.35 ± 0.26	83.81 ± 1.15
3	39.75	83.11+0.23	95.62+0.16	95.59 ± 0.67	90.23 ± 2.54
กากถั่วลิสง					
1	46.1	75.15±0.37	95.81±0.34	96.27 ± 0.63	76.13 ± 1.45
2	42.03	73.49+0.99	95.23+0.26	96.80 ± 0.02	86.89 ± 3.01
3	39.71	70.58±0.36	94.74±0.22	94.17 ± 2.75	81.88 ± 4.30
กากเมล็ดฝ้าย					
1	41.32	65.28±0.54	83.91±0.87	83.76 ± 0.92	80.83 ± 4.09
2	37.48	62.71±1.17	84.60±0.41	86.34 ± 1.53	83.74 ± 0.16
3	25.65	53.32±2.28	88.01±0.77	87.23 ± 2.37	77.27 ± 4.08
กากปาล์มน้ำมัน					
1	15.87	37.31+2.27	84.74±1.27	82.55 ± 1.50	82.56 ± 1.73
2	10.64	26.30±0.45	82.14±1.85	83.53 ± 0.32	81.99 ± 8.52
3	5.31	23.55±0.38	73.48±1.26	76.63 ± 1.07	70.01 ± 7.94

1/ แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2/ 1 คือชั้นคุณภาพที่1 2 คือชั้นคุณภาพที่2 3 คือชั้นคุณภาพที่3

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนวรัตน์ ผอบงา เกิดเมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2515 ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้