



การใช้กากละหุ่งขจัดสารแพ้ทนกากถั่วเหลืองเป็นอาหารเสริมโปรตีน
สำหรับสุกรระยะเจริญเติบโต

THE SUBSTITUTION OF DEALLERGINIZED CASTOR MEAL TO
SOYBEAN MEAL AS PROTEIN SUPPLEMENT FOR GROWING-SWINE



อภินันท์พนาคร

รอง
ห้องสมุดคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

(สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2534

๗๗

๐๓๒๙๗

๖๕๖๔

๑.๖

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้กากกะหล่ำจัดสารแพ้นทนากากถั่วเหลืองเป็นอาหารเสริมโปรตีน
สำหรับสุกรระยะเจริญเติบโต



.....

อรประพิมพ์ จันท์นวล

ผู้วิจัย

.....

ลือพล ปุณณกันต์, วท.ม

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

สุทุม ภูทอง, วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

กษิตศ อ้อเชื้อชาญกิจ, วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

สุทุม ภูทอง, วท.ม.

ปณิธานกรรมการประจำหลักสูตร

วิชาสัตวศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อ

การพัฒนาทรัพยากร

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

.....

มนตรี จุลสมัย, พ.บ., Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้กากกะหล่ำจัดสารแพ้นกจากถั่วเหลืองเป็นอาหารเสริมโปรตีน

สำหรับสุกรระยะเจริญเติบโต

ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

วันที่ 21 มิถุนายน 2534

.....

อรประพิมพ์ จันทรนวล

ผู้วิจัย

.....

อรพินท์ เอี่ยมศิริ, Ph.D.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

ลือพล ปุณณกันต์, วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

สุชุม ภูทอง, วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

อรพินท์ เอี่ยมศิริ, Ph.D.

คณะที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
Mahidol University
ENVIRONMENTAL AND RESOURCE STUDIES

คณะส่งเสริมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

.....

กษิตีศ อื้อเขียวชาญกิจ, วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

มนตรี จุลสมัย, พ.บ., Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ อรประพิมพ์ จันทน์นวล
วัน เดือน ปีเกิด 30 กรกฎาคม พ.ศ.2505
สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, พ.ศ.2525-2529:
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ.2532-2534:
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยี
ที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจาก
อาจารย์ลือพลบุญกันต์ ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สุชุม ภูทอง และผู้ช่วยศาสตราจารย์กษิติศ อื้อเขียวชาญกิจ ซึ่งเป็นกรรมการ
ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรพินท์ เอี่ยมศิริ ประธานกรรมการ
สอบป้องกันวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์พิสิฐ ศุภรีย์พงศ์ที่ได้กรุณาให้
คำแนะนำช่วยเหลือตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องสมบูรณ์อย่างดียิ่งตลอดระยะเวลา
ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
และบริษัท สยามน้ำมันละหุ่ง จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สัตว์ทดลอง อาหารสัตว์
ทดลอง กากละหุ่งขจัดสารแพ้ที่ใช้ทดลอง รวมทั้งการวิเคราะห์ปริมาณโภชนะและ
ปริมาณสารแพ้ในสูตรอาหาร และสถานที่สำหรับงานทดลองวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณธีรศักดิ์ วิษยศักดิ์ คุณสงวนศักดิ์ เกตุราพันธ์
และคุณสุปราณี รุ่งทริฏวิโรจน์และคุณวรรณาทองนพคุณ ที่ให้ความช่วยเหลือใน
งานต่างๆ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

อรประพิมพ์ จันท์นวล

ชื่อวิทยานิพนธ์

การใช้กากละหุ่งขจัดสารปนเปื้อนกากถั่วเหลือง
เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับสุกรระยะเจริญ
เติบโต

ผู้วิจัย

อรประพิมพ์ จันทน์นวล

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีที่เหมาะสม
เพื่อการพัฒนาทรัพยากร)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ลือพล ปุณณกันต์ , วท.ม.

สุชุม ภูทอง , วท.ม.

กษิตศ อ้อเขียวชาญกิจ, วท.ม.

วันที่สำเร็จการศึกษา

21 มิถุนายน พ.ศ. 2534

บทคัดย่อ

กากละหุ่งเป็นผลพลอยได้จากขบวนการสกัดน้ำมันละหุ่ง ซึ่งมีโปรตีน
ประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการขจัดสารพิษและสารปนแล้วสามารถที่
จะนำไปใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์
เพื่อนำกากละหุ่งขจัดสารพิษและสารปนมาทดแทนกากถั่วเหลืองเป็นอาหารเสริม
โปรตีนสำหรับสุกรระยะรุ่นและขุน

การทดลองใช้กากละหุ่งที่ได้ขจัดสารพิษและสารปนแล้วเสริมลงในสูตร
อาหารระดับ 0, 8, 12 และ 16 เปอร์เซ็นต์แล้วนำมาเลี้ยงสุกรโดยแบ่งการ
ทดลองออกเป็น 2 การทดลองโดยการทดลองที่ 1 ทดลองเลี้ยงสุกรเด็กอายุ
4 สัปดาห์ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 6 กิโลกรัมทำการทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์
ส่วนการทดลองที่ 2 ใช้สุกรขุนมีอายุประมาณ 3.5 เดือนมีน้ำหนักประมาณ 34
กิโลกรัมทดลองเป็นเวลา 3 เดือน ซึ่งสุกรจะมีน้ำหนักประมาณ 90 กิโลกรัม
แต่ละการทดลองใช้สุกรลูกผสมสามสายเลือดจำนวน 40 ตัวโดยมีสุกรเพศผู้ตอน
และเพศเมียจำนวนเท่ากัน

ผลการทดลองทั้ง 2 การทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกันคือ การเจริญเติบโต การกินอาหาร และประสิทธิภาพในการใช้อาหารของสุกรทดลองที่ได้รับอาหารสูตรเปรียบเทียบกับไม่มีกากละหุ่งเป็นส่วนผสมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับพวกที่ได้รับกากละหุ่งเป็นส่วนผสมในระดับ 8 และ 12 เปอร์เซ็นต์ แต่การเสริมกากละหุ่งในระดับ 16 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรในการทดลองที่ 1 ต่ำกว่าการใช้ในระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$) แต่การทดลองที่ 2 การเสริมกากละหุ่งในระดับ 16 เปอร์เซ็นต์มีผลให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำกว่าระดับอื่นเช่นกันแต่ความแตกต่างดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้สุกรทดลองทั้งสองการทดลองก็ไม่แสดงอาการผิดปกติทางร่างกาย เมื่อคิดต้นทุนต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสุกรทดลองทั้ง 2 การทดลอง จะมีเพียงสูตรอาหารผสมกากละหุ่งระดับ 8 และ 12 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่ทำให้การลงทุนยังคงคุ้มค่าจากการเจริญเติบโตของสุกร และในส่วนของ การทดลองที่ 2 ซึ่งมีการวิเคราะห์คุณภาพซาก จะเห็นได้ว่าลักษณะและคุณภาพซากของสุกรที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งเปรียบเทียบกับอาหารสูตรเปรียบเทียบกับไม่มีผสมกากละหุ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากน้ำหนักตัวของสุกรทดลองที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเพิ่มสัดส่วนของกากละหุ่งในสูตรอาหารการทดลองทั้งหมดนี้จะชี้ให้เห็นว่าการใช้กากละหุ่งขจัดสารพิษและสารผสมในอาหารสุกรระยะรุ่นและขุนโดยไม่เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตนั้นไม่ควรเกินระดับ 12 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

Thesis Title The Substitution of Deallerginized
Castor Meal to Soybean Meal as
Protein Supplement for Growing-Swine
Name Oraprapim Channaul
Degree Master of Science (Appropriate Technology
for Resource Development)
Thesis Supervisory Committee
Luepol Punnakanta , M.Sc.
Sukhum Poothong , M.Sc.
Kasidit Uechiewcharnkit , M.Sc.
Date of Graduation 21 June B.E.2534 (1991)

ABSTRACT

Castor meal is a byproduct from extracted castor oil process, which has protein content about 37 percent. Currently it is feasible to remove the toxin and the allergen and used as animal feed. This study has the objective to use detoxified and deallerginized castor meal substitute for soybean meal as protein supplement for growing - finishing pigs.

The experiments were setted for studying about the effects of using the four different levels of detoxified and deallerginized castor meal in pig diet. The four different levels were 0, 8, 12 and 16 percent respectively. Two feeding experiments are conducted.

The experiment 1 was determined to start with 4-week-old pigs which was about 6 kg weight. The time of experiment was 6 weeks. Hence, the final weight of pig at the end of the experiment were about 20 kg. The experiment 2 was on the growing - finishing pigs which were 3.5-month-old about 34 kg weight. The experimental time was 3 months, the weight became about 90 kgs. Each experiment consisted of triple crossbred pigs, 20 castrated males and 20 females.

The result of two experiments were similar in the apparent of growth rate, feed intake and feed conversion ratio of the pig that fed with 0, 8 and 12 percent of castor meal which the different test were not statistically significant. But the above three groups were better than the group fed with 16 percent detoxified and deallerginized castor meal in experiment 1. ($\alpha=0.05$) In experiment 2 the growth rate and feed conversion ratio of pigs were fed with 16 percent detoxified and deallerginized castor meal, there were not shown the significant difference from the other groups. However, it was the same to show that the trend of its value was lower than the others. About the healthy of pigs, there have no sign of unusual. In the economical aspect, involving the cost of feed per increasing weight of two experimental pigs, there were only 8 and 12 percent of castor meal level in the pig feed which were worthwhile

from swines growth. The carcass analysis was shown that the carcass characteristics among the 4 groups of pig were not statistically different. Except the liver weight was little increased when added castor meal in diet. The results indicated that using detoxified and deallerginized castor meal in swine diets in the level of 12 percent by approximately, could be safely without any adverse effects.



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

ก

สารบัญ

จ

สารบัญตาราง

ช

สารบัญภาพ

ฅ

บทที่

1

1. บทนำ

1

1.1 ความสำคัญของปัญหา

1

1.2 แนวความคิดในการวิจัย

3

1.3 วัตถุประสงค์

4

1.4 สมมติฐานการวิจัย

4

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

4

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

5

2. การศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของละหุ่ง

6

2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดละหุ่ง

7

2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของกากละหุ่ง

8

2.4 สารพิษและสารแพ้ในกากละหุ่ง

14

2.5 วิธีการจัดสารพิษและสารแพ้ในกากละหุ่ง

16

2.6 การใช้กากละหุ่งเป็นอาหารสัตว์

19

3. วิธีการศึกษาวิจัย

23

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

23

3.1.1 รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

23

3.1.2 การเตรียมอาหารเพื่อใช้ในการทดลอง

23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.3 เก็บตัวอย่างอาหารไปวิเคราะห์	23
3.1.4 การทดลอง	23
3.1.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	25
3.2 สถานที่ทำการทดลอง	26
3.3 ระยะเวลาในการทดลอง	26
4. ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล	27
4.1 ผลการทดลองที่ 1	27
4.2 ผลการทดลองที่ 2	28
4.3 วิจารณ์ผลการทดลองที่ 1	38
4.4 วิจารณ์ผลการทดลองที่ 2	43
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	47
5.1 สรุปผลการวิจัย	47
5.2 ข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม	50
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองที่ 1	58
ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองที่ 2	67
ภาคผนวก ค. อื่นๆ	90

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แสดงส่วนประกอบทางเคมีของกากละหุ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก	8
2. แสดงการเปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ อาหารสัตว์คิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	10
3. ปริมาณของกรดอะมิโนที่จำเป็นในกากละหุ่งที่ขจัดสารพิษ และสารแพ้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับกาก ละหุ่งที่ไม่ขจัดสารพิษและสารแพ้	12
4. ปริมาณกรดอะมิโนที่ผ่านสารเคมีและการสกัดที่ไม่ใช้สารเคมี	13
5. ผลของการใช้กากละหุ่งขจัดสารพิษสารแพ้ในอาหารสุกร อายุ 4 ถึง 10 สัปดาห์	29
6. ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของการทดลองที่ 1	30
7. ผลของการใช้กากละหุ่งขจัดสารพิษสารแพ้ในอาหารสุกร อายุ 3.5 ถึง 6.5 เดือน หรือน้ำหนัก 34 ถึง 90 กิโลกรัม ในการทดลองที่ 2	31
8. ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของการทดลองที่ 2	32
9. ผลการวิเคราะห์คุณภาพซาก และน้ำหนักตับ	33
10. กรดอะมิโนที่สุกรย่อยได้ในวัตถุดิบบางชนิด	39
11. แบบของความสัมพันธ์ของกรดอะมิโนกับทริปโตเฟน	40

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพผนวกที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตของสุกรหย่านม	63
ภาพผนวกที่ 2 ปริมาณอาหารที่กินของสุกรหย่านม	64
ภาพผนวกที่ 3 ประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรหย่านม	65
ภาพผนวกที่ 4 ต้นทุน/การเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมของสุกรหย่านม	66
ภาพผนวกที่ 5 อัตราการเจริญเติบโตของสุกรขุน	86
ภาพผนวกที่ 6 ปริมาณอาหารที่กินของสุกรขุน	87
ภาพผนวกที่ 7 ประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรขุน	88
ภาพผนวกที่ 8 ต้นทุน/การเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของสุกรขุน	89

1.1 ความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ในปัจจุบันสามารถผลิตสัตว์ออกสู่ตลาดได้ในปริมาณมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทแหล่งโปรตีนก็มีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตสัตว์สูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกากถั่วเหลืองซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบโปรตีนจากพืชที่ใช้เป็นองค์ประกอบหลักในสูตรอาหารเพราะกากถั่วเหลืองจัดเป็นวัตถุดิบที่มีโปรตีนคุณภาพดีสัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากโปรตีนได้มาก ปัจจุบันกากถั่วเหลืองมีราคาสูงและการผลิตในประเทศก็ได้ปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศมากกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณที่ต้องการใช้ทั้งหมดวิธีหนึ่งที่จะใช้ลดปัญหาความขาดแคลนกากถั่วเหลืองและลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ซึ่งมีมูลค่ามากกว่าร้อยละ 65 ของต้นทุนในการผลิตสัตว์ทั้งหมดก็โดยการหาวัตถุดิบชนิดอื่นที่มีราคาถูกกว่ามาทดแทนกากถั่วเหลือง

ละหุ่งเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับชีวิตมนุษย์มาตั้งแต่สมัยโบราณ จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์พบว่า คนอียิปต์เคยนำน้ำมันละหุ่งมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการให้แสงสว่างและใช้เป็นยาระบาย เมล็ดละหุ่งเมื่อนำไปกระเทาะเปลือกแล้วสามารถนำไปสกัดน้ำมันได้ น้ำมันละหุ่งนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมได้อย่างกว้างขวางเพราะน้ำมันละหุ่งมีสารที่เป็นตัวเร่งทำให้แห้ง จึงมีประโยชน์มากในการผลิตเครื่องสำอาง การผลิตสี หนักรักษา สบู่ ไนลอน และที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือน้ำมันละหุ่งสามารถนำไปเป็นส่วนผสมน้ำมันหล่อลื่นซึ่งใช้ในระบบไฮดรอลิก ใช้ในอุตสาหกรรมยา ปัจจุบันคุณสมบัติพิเศษของน้ำมันละหุ่งนี้ยังไม่สามารถใช้น้ำมัน

หรือสารเคมีอื่นใดมาทดแทนได้ ดังนั้นความต้องการน้ำมันละหุ่งของโลกจึงมี โอกาสขยายตัวสูงขึ้นตามการพัฒนาทางเทคโนโลยีและการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ สำหรับประเทศไทยมีการปลูกละหุ่งมานานกว่าสามสิบปีแล้ว ระยะเริ่มแรกพบว่า การปลูกละหุ่งเป็นเพียงพืชรองหรือปลูกแซมพืชไร่ และปลูกตามหัวไร่ปลายนา กระจายกระจายทุกภาค (10) ในช่วงปี พ.ศ. 2516-2519 มีการปลูกละหุ่งเพิ่มขึ้น บริเวณที่มีการปลูกละหุ่งมากคือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (2) การเพาะปลูกเฉลี่ย 240,000-270,000 ไร่/ปี ได้ผลผลิต ประมาณ 25,000-30,000 ตัน/ปี จัดอยู่ในอันดับ 5 ของประเทศที่มีการปลูก ละหุ่ง และความต้องการของเมล็ดละหุ่งในประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้น เพราะ โรงงานสกัดน้ำมันมีความต้องการวัตถุดิบประมาณวันละ 100 ตัน หรือ 30,000-35,000 ตัน/ปี แต่ผลผลิตที่ได้ยังไม่เพียงพอเพราะสภาพดินฟ้าอากาศ ที่ไม่อำนวย มีโรคและแมลงรบกวนมาก การดูแลรักษาและควบคุมศัตรูพืชทำ ได้ยาก เกษตรกรจึงหันไปปลูกพืชไร่ชนิดอื่นซึ่งให้ผลตอบแทนที่มากกว่า ทำให้ โรงงานสกัดน้ำมันจำเป็นต้องมีการนำเข้าเมล็ดละหุ่งจากต่างประเทศ เพื่อป้อน โรงงานให้ได้ผลิตภัก์น้ำมันละหุ่งตามเป้าหมายของการสกัดน้ำมัน (10) ดังนั้น ส่วนของกากละหุ่งที่เป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันควรจะนำมาใช้ให้เกิด ประโยชน์สูงสุด

ในขบวนการสกัดน้ำมันละหุ่ง สามารถสกัดน้ำมันได้เพียง ร้อยละ 45 โดยน้ำหนัก เป็นกากละหุ่งซึ่งเป็นผลพลอยได้ถึงร้อยละ 50 อีกร้อยละ 5 เป็นความชื้นและสิ่งเจือปน ปัจจุบันกากละหุ่งได้นำไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับพืชได้ดี (8) แต่จากการนำกากละหุ่งที่ผ่านขบวนการสกัดน้ำมันไปวิเคราะห์องค์ประกอบ ทางเคมี พบว่ากากละหุ่งมีโปรตีนประมาณร้อยละ 37 เปรียบเทียบกับกากถั่ว เหลืองซึ่งมีโปรตีนประมาณร้อยละ 47 และกากละหุ่งมีกรดอะมิโน (amino acid) ที่จำเป็นต่อร่างกายในปริมาณที่ใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง คือ ฮิสติดีน (Histidine), อาร์จินีน (Arginine), ทรีโอนีน (Threonine), ไกลซีน (Glycine) วาลีน (Valine), ไอโซลิวซีน (Isoleucine), ลิวซีน (Leucine)

แต่มีไลซีน (Lysine) เพียง 2.8/16 กรัมในโตรเจน ขณะที่กากถั่วเหลืองมีไลซีน 5.8/16 กรัมในโตรเจน การนำกากกะหล่ำมาใช้เป็นอาหารสัตว์จึงต้องเสริมไลซีนสังเคราะห์ทดแทน (29) การใช้กากกะหล่ำเป็นปุ๋ยปลูกพืชแต่เพียงอย่างเดียวนั้นยังให้ประโยชน์ในการใช้น้อยเกินไป ดังนั้นการพัฒนานำกากกะหล่ำซึ่งมีราคาถูกกว่ากากถั่วเหลืองมาใช้ประโยชน์ในด้านอาหารสัตว์ได้ด้วยนั้น นอกจากจะเป็นการใช้ประโยชน์จากกากกะหล่ำได้มากขึ้นแล้ว ยังช่วยให้ผู้เลี้ยงได้มีโอกาสเลือกหาวัตถุดิบในการประกอบสูตรอาหารเลี้ยงสัตว์ที่มีราคาถูกอีกทางหนึ่งเพิ่มขึ้น และยังช่วยให้สามารถลดการนำเข้ากากถั่วเหลืองจากต่างประเทศได้อีกด้วย

1.2 แนวความคิดในการวิจัย

เป็นที่ทราบกันดีว่าในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์เศรษฐกิจต้นทุนการผลิตส่วนใหญ่อยู่ที่อาหารสัตว์ ความพยายามที่จะลดต้นทุนของอาหารสัตว์ลงจะช่วยให้ผู้เลี้ยงได้ผลประโยชน์ตอบแทนจากการลงทุนเพิ่มขึ้น ได้มีการศึกษาวิจัยคุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบหลายชนิด เพื่อหาความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ เนื่องจากวัตถุดิบเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งไม่สามารถให้โภชนาที่จำเป็นต่อความต้องการและมีราคาต่ำที่สุด จากการศึกษาเอกสารพบว่ากากกะหล่ำมีคุณสมบัติของวัตถุดิบที่ดีในการใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ หากมีการขจัดสารบางชนิดออกไป และจากการทดลองของกษิตศ (1) พบว่าการใช้กากกะหล่ำขจัดสารพิษและสารแพ้เสริมในสูตรอาหารระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ทำให้สุกรมีการเจริญเติบโตดีเป็นปกติและยังมีแนวโน้มที่สามารถจะใช้กากกะหล่ำเสริมในสูตรอาหารได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นการศึกษากการใช้กากกะหล่ำเสริมในสูตรอาหารระดับสูงกว่า 8 เปอร์เซ็นต์จะทำให้ทราบระดับที่เหมาะสมของการใช้กากกะหล่ำในสูตรอาหารและสามารถศึกษาด้านคุณค่าอาหาร ในการเลี้ยงสุกรเปรียบเทียบกับการใช้อาหารสูตรปกติซึ่งมีกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนหลักได้อีกด้วย

1.3 วัตถุประสงค์

เพื่อหาระดับที่เหมาะสมในการใช้กากละหุ่งชนิดขจัดสารพิษและสาร
แพ้นกจากถั่วเหลืองสำหรับการเลี้ยงสุกรระยะรุ่นและระยะขุน

1.4 สมมติฐานการวิจัย

กากละหุ่งที่ผ่านการขจัดสารพิษและสารแพ้นแล้ว สามารถใช้ทดแทน
กากถั่วเหลืองในสูตรอาหารสัตว์ได้ในระดับ 0, 8, 12 และ 16 เปอร์เซ็นต์
โดยน้ำหนักในสูตรอาหารโดย

- 1.4.1 อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินอาหาร และประสิทธิภาพ
การใช้อาหารของสุกรทดลองไม่แตกต่างกัน
- 1.4.2 สัตว์ทดลองมีสุขภาพปกติ
- 1.4.3 สุกรทดลองยังคงให้คุณภาพซากไม่แตกต่างกันทุกระดับ
- 1.4.4 ต้นทุนของอาหารผสมกากละหุ่งทุกระดับต่ำกว่าสูตรอาหารปกติที่ไม่มี
กากละหุ่งเป็นส่วนผสม

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 กากละหุ่ง ใช้กากละหุ่งที่ผ่านการขจัดสารพิษและสารแพ้น ตามวิธี
การของ Food Protein Research and Development Center
โดยใช้ความร้อนและสารแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) โดยความเอื้อเพื่อ
จากบริษัทสยามน้ำมันละหุ่ง จำกัด อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ

1.5.2 สุกรทดลอง - สุกรที่ใช้ในการทดลองที่ 1 เป็นสุกรขนาด
น้ำหนักประมาณ 6 กิโลกรัม ซึ่งหย่านมเมื่ออายุ 4 สัปดาห์ ส่วนสุกรที่ใช้ใน
การทดลองที่ 2 เป็นสุกรขนาดน้ำหนักประมาณ 34 กิโลกรัม ซึ่งมีอายุประมาณ

3.5 เดือน เนื่องจากสุกรเล็กจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทำให้การเพิ่มน้ำหนักเห็นได้ชัด ส่วนในสุกรขุน นอกจากจะเห็นได้จากการเพิ่มน้ำหนักแล้วยังสามารถวิเคราะห์ผลจากคุณภาพซากได้ด้วย แต่ละการทดลองใช้สุกร 40 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้ตอนและเพศเมียอย่างละเท่าๆกัน

1.5.3 ระดับของกาฬะหุงที่ใช้ทดแทนกากถั่วเหลืองในการศึกษา คือ 0, 8, 12 และ 16 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร เพื่อที่จะสามารถแยกความแตกต่างได้ชัด

1.5.4 สุขภาพของสัตว์พิจารณาเปรียบเทียบกับอาหารที่แสดงออกของสัตว์ในแต่ละสูตรอาหารที่ให้

1.5.5 ลักษณะทางซากศึกษาเฉพาะในสุกรขุนเพศผู้ตอนซึ่งน้ำหนักประมาณ 100 กิโลกรัม

1.5.6 ศึกษาต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสุกรที่ใช้อาหารผสมแต่ละสูตร

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบระดับที่เหมาะสม ในการใช้กาฬะหุงที่ผ่านการขจัดสารพิษ และสารปนเปื้อนกากถั่วเหลือง โดยไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโต

1.6.2 ทราบระดับที่เหมาะสมของการใช้กาฬะหุงในสูตรอาหาร ที่ยังคงทำให้สุกรขุนให้ซากที่มีคุณภาพเป็นปกติ

1.6.3 ได้แนวทางที่จะใช้กาฬะหุง ในระดับสูงสุดที่สามารถใช้ลดต้นทุนค่าอาหารและให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการเลี้ยงสุกรระยะเติบโตได้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ละหุ่ง (Castor bean) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Ricinus Communis Linn เป็นพืชที่ถูกจัดอยู่ใน Family Euphorbiaceae ต่างชนิดกับพืชตระกูลถั่ว ชาวอังกฤษเรียกละหุ่งว่า "Caster" ชาวสเปนและโปรตุเกสเรียกว่า "Ricinus" ส่วนกำเนิดของละหุ่งนั้นยังไม่มีหลักฐานระบุแน่ชัดว่าเป็นอินเดียหรือแอฟริกา แต่เป็นที่ยอมรับว่าทั้งสองแห่งเป็นถิ่นมาของละหุ่ง (35)

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของละหุ่ง

ละหุ่งเป็นพืชที่มีความอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมมาก ปัจจุบันมีการปลูกกันทั่วไปแต่ที่ผลิตได้มากคือ บราซิล, อินเดีย, จีน, โซเวียต, สหรัฐอเมริกา และประเทศไทย หากปลูกในพื้นที่เย็นจะเป็นพืชล้มลุก แต่ในแถบร้อนเช่นประเทศไทย ต้นละหุ่งจะมีขนาดใหญ่และมีอายุหลายปี ละหุ่งที่ปลูกเพื่ออุตสาหกรรมจะเป็นชนิดฤดูเดียวเพราะให้ผลผลิตสูงกว่าชนิดหลายฤดู ละหุ่งสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่เหนือระดับน้ำทะเล 1,000 เมตรจนถึง 2,750 เมตร และต้องการอุณหภูมิในการเจริญเติบโตได้ดีประมาณ 20-25 องศาเซลเซียส (17)

ใบของละหุ่งมีลักษณะเป็นใบเดี่ยวและขอบใบหยักคล้ายใบมันสำปะหลัง มีลำต้นตั้งตรง สีของลำต้นแตกต่างกันตามพันธุ์ และบางครั้งแตกต่างกันตามสิ่งแวดล้อมสีที่จะพบจะมี สีเขียวแดง, น้ำตาล หรือสีเหลือง เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่แยกดอกบนช่อดอกเดียวกัน ช่อดอกจะอยู่ร่วมกันเป็น Cluster ผลของละหุ่งจะแบ่งเป็น 3 พูแต่ละพูมีเพียงหนึ่งเมล็ด เมื่อแก่เต็มที่เปลือกของผลจะแตกออก เปลือกหุ้มเมล็ดมีสีน้ำตาลปนเทา เนื้อในของเมล็ด (Kernel) มีสีขาวขุ่น ส่วนของเมล็ดเป็นส่วนสำคัญที่สุดของละหุ่ง เพราะให้ประโยชน์

ในทางเศรษฐกิจ คือการสกัดน้ำมันจากเมล็ด ที่เหลือเป็นกากละหุ่งใช้เป็นปุ๋ย สำหรับพืชได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันได้นำกากละหุ่งมาใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบ อาหารสัตว์ด้วย (7)

2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดละหุ่ง

1. น้ำมัน (castor oil) มีอยู่ประมาณ 50% ในเมล็ดแบ่งได้ 2 ชนิดตามขั้นตอนการบีบน้ำมัน คือได้จากการบีบเย็น (cold process) มีสีใสใช้ทางการแพทย์และน้ำมันที่ได้จากการนำส่วนที่เหลือไปสกัดด้วยตัวทำละลาย (chemical extraction) จะได้คุณภาพที่รองลงมาสีเข้มกว่าชนิดแรก ใช้เป็น น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์และอุตสาหกรรมประเภทอื่น

2. โปรตีน (protein) เมล็ดละหุ่งมีโปรตีนชนิดต่างๆรวมกันประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ด ได้แก่ โกลบูลิน (globulin), อัลบูมิน (albumin) และไรซิน (ricin) ซึ่งเป็นพิษต่อกลูมิน (toxalbumin)

3. สารพวกอัลคาลอยด์ (alkaloid) คือไรซินิน (ricinine) ซึ่งมีพิษระดับปานกลางมีปริมาณ 0.3 เปอร์เซ็นต์ของกากเมล็ด หรือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของเปลือกแข็งของเมล็ด

นอกจากนี้เมล็ดละหุ่งยังมีสารอื่น เช่น กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) โพแทสเซียม (potassium) กากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันออกแล้วมีลักษณะเป็นผงละเอียด (เรียกว่า pulp bran, dust, pomace หรือ meal) เมื่อทำลายพิษแล้วมีคุณสมบัติและส่วนประกอบที่เหมาะสมสำหรับเป็นอาหารสัตว์และทำปุ๋ยช่วยปรับปรุงคุณภาพของดินให้ดีขึ้น (9)

2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของกากละหุ่ง

ละหุ่งเมื่อนำมากระเทาะเปลือกออกจะมีส่วนของเปลือกอยู่ประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผลทั้งหมด ในกากละหุ่งที่สกัดน้ำมันออกไปแล้วประกอบด้วยโปรตีนรวมประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์และไขมัน 2.0-3.0 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้กากละหุ่งยังมีเยื่อใย (Fiber) เป็นองค์ประกอบสูงถึงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองซึ่งมีเยื่อใยประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ (17)

ส่วนประกอบทางเคมีของกากละหุ่งแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของกากเมล็ดละหุ่งเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักวัตถุดิบ

ส่วนประกอบ	เมล็ดละหุ่ง (กระเทาะเปลือก)	กากเมล็ดละหุ่ง ¹ (สกัดด้วยเอทิล อีเธอร์)	กากเมล็ดละหุ่ง ² (สกัดด้วยเฮกเซน)
วัตถุแห้ง	93.64	91.90	92.28
โปรตีนรวม	19.06	38.30	37.49
น้ำมัน	50.19	1.03	2.78
เยื่อใย ²	7.14	14.53	12.24
เถ้า	2.57	5.60	5.47

หมายเหตุ

1. การสกัดน้ำมันละหุ่งนิยมใช้ 2 วิธี คือ สกัดด้วย เอทิล อีเธอร์ (Ethyl ether) และเฮกเซน (Hexane)
2. เยื่อใย ของกากละหุ่งที่กระเทาะเปลือกแล้ว (เปลือกของผล)

ที่มา:

ดัดแปลงจาก Pablo และ Vademiro (1976)

กากละหุ่งมีโปรตีนประกอบอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง (ประมาณ 37.0 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักวัตถุแห้ง) เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบอาหารเสริมโปรตีนชนิดอื่น เช่น กากมะพร้าว กากปาล์ม, กากถั่วลิสง, กากถั่วเขียว แต่โปรตีนของกากละหุ่งมีกรดอะมิโน ที่จำเป็นบางชนิดอยู่ในปริมาณต่ำโดยเฉพาะไลซีน และเมทไธโอนีน ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์



ตารางที่ 2 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์เปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์
โดยน้ำหนัก (วัตถุดิบแห้ง)

วัตถุดิบ	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	ไนโตรเจน ฟรีแอกแทรก	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
กากถั่วเหลือง	9.50	47.00	3.32	6.34	7.13	26.71	0.39	0.68
กากถั่วลิสง	7.59	45.91	5.79	3.95	8.18	28.58	0.14	0.65
กากถั่วดำ	11.04	45.07	1.34	6.16	7.86	28.53	0.38	0.52
กากเมล็ดคั่วฝอย	10.20	42.00	1.30	15.10	7.80	-	0.40	0.40
กากเมล็ดทานตะวัน	10.00	37.00	1.50	18.00	7.00	-	0.03	0.03
กากเมล็ดคั่วหุง	8.00	36.80	1.00	30.90	6.80	20.20	0.70	0.80
กากงาคั่ว	7.46	33.84	16.40	7.57	12.23	22.48	2.52	1.22
กากเมล็ดงา	10.24	32.58	2.38	21.62	7.22	25.96	0.40	1.03
กากกระเจียว	6.98	29.82	5.44	18.70	12.22	26.84	0.44	0.81
กากกะทังทั้งเปลือก	8.10	26.50	2.00	28.80	6.40	28.20	0.50	0.60
กากเมล็ดขางพารา	8.82	24.64	9.56	26.32	2.64	27.98	0.52	0.20
กากถั่วเขียว	10.22	23.52	0.58	19.84	2.95	43.25	0.52	0.30
กากถั่วแดง	9.16	22.06	2.06	10.09	5.54	50.45	0.84	0.41
กากมะพร้าว	8.84	18.05	10.10	10.95	6.60	-	0.09	0.48
กากเมล็ดปาล์ม	2.67	10.18	10.12	21.14	4.25	44.54	0.25	0.32

ที่มา : ดัดแปลงจากกองอาหารสัตว์ 2524 .และ Howard G Walker, Jr. 1966

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าวัตถุดิบอาหารสัตว์หลายชนิดมีปริมาณโปรตีนที่สูงใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง แต่การนำวัตถุดิบแต่ละชนิดมาใช้ประโยชน์มีข้อจำกัดในตัวเองอย่างเช่นกากถั่วลิสงมักจะมีเชื้อรา Aspergillus flavus สร้างสารอัลฟาท็อกซิน (Aflatoxin) เป็นอันตรายต่อสัตว์และมนุษย์ (3) กากเมล็ดคั่วผอย, กากเมล็ดทานตะวัน, กากถั่วดำ กากงาดำ ก็ยังมีข้อจำกัดบางประการไม่สามารถทดแทนกากถั่วเหลืองได้หมด สำหรับกากเมล็ดละหุ่ง นอกจากจะมีโปรตีนในปริมาณสูงสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารเสริมโปรตีนในอาหารสัตว์ได้แล้ว กากละหุ่งยังมีราคาไม่แพงจึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาระดับการใช้สูงสุดที่ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโต

กากเมล็ดละหุ่งมีสารพิษ (Toxic Substance) ประกอบอยู่ 2 ชนิด คือไรซิน เป็นโปรตีน และไรซินิน เป็นสารอัลคาลอยด์สามารถทำให้เกิดอันตรายกับสัตว์ นอกจากสารพิษแล้วกากเมล็ดละหุ่งยังมีสารแพ้ (Allergenic substance) คือ CB-1A เป็นองค์ประกอบ (58) ดังนั้นก่อนที่จะนำกากเมล็ดละหุ่งมาเลี้ยงสัตว์ ต้องมีการทำลายสารพิษและสารแพ้เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผู้เลี้ยงสัตว์ ตัวสัตว์และผู้บริโภคด้วย

Mottola (43) รายงานว่าปริมาณกรดอะมิโน ที่มีอยู่ในกากเมล็ดละหุ่งมีความผันแปรตามกรรมวิธีในการสกัดสารพิษในกากเมล็ดละหุ่ง ในตารางที่ 3 แสดงปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น (Essential amino acid) ในกากเมล็ดละหุ่งที่สกัดสารพิษด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3 กรดอะมิโนที่จำเป็น ในกากเมล็ดละหุ่งที่ผ่านการจัดสารพิษและ
สารแก้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับกากเมล็ดละหุ่งที่
ยังไม่จัดสารพิษและสารแก้ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของกาก
เมล็ดละหุ่ง)

กรดอะมิโน ¹ ที่จำเป็น	ไม่ผ่านการ จัดสารพิษสารแก้	จัดสารพิษ ² สารแก้ด้วยไอน้ำ	จัดสารพิษ ³ สารแก้ด้วยแอมโมเนีย	จัดสารพิษ ⁴ สารแก้ด้วยปูนขาว
ไลซีน (Lysine)	0.999	0.752	0.867	0.736
เมทไธโอนีน (Methionine)	0.617	0.491	0.656	0.534
ฮิสติดีน (Histidine)	0.677	0.563	0.755	0.658
ทรีโอนีน (Threonine)	1.151	0.972	1.228	0.656
ลูซีน (Leucine)	2.201	1.752	2.222	2.070
ไอโซลูซีน (Isoleucine)	1.673	1.363	1.695	1.540
ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine)	1.314	1.079	1.407	1.216
วาเลีน (Valine)	1.955	1.685	2.012	1.848

- หมายเหตุ :**
- คิดเป็นกรัม/กากเมล็ดละหุ่ง 100 กรัม
 - นึ่งด้วยความดัน 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว 60 นาที. น้ำ:กากละหุ่ง = 2:1
 - 6 M แอมโมเนีย 1 ส่วน/กากละหุ่ง 4 ส่วน, 80 °C., 45 นาที
 - 4% ปูนขาว, 100 °C, 15 นาที, น้ำ : กากละหุ่ง = 2:1

ที่มา : คัดแปลงจาก Mottola และคณะ (1970)

นอกจากนี้การใช้สารเคมีพวกต่างที่แตกต่างกันเพื่อกำจัดสารพิษและสารแก้จะทำให้
ปริมาณกรดอะมิโน ต่างกันเล็กน้อย ตารางที่ 4 แสดงปริมาณกรดอะมิโน ที่สกัดสารพิษด้วย
สารเคมีที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ปริมาณกรดอะมิโนในกากละหุ่งที่ผ่านการสกัดด้วยสารเคมีที่แตกต่างกันและไม่ใช้สารเคมี (% ของโปรตีน)

กรดอะมิโน	ชนิดของกากละหุ่งที่ผ่านการสกัดด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ					Control ¹⁾
	กากละหุ่งดิบ	2% NaOH	1% NaOH+ 1% NaOCl	2% NaHCO ₃	2% Ca(OH) ₂	
Lysine (ไลซีน)	3.53	3.21	4.35	3.46	3.17	3.86
Histidine (ฮิสติดีน)	2.30	2.27	2.45	2.34	2.13	2.19
Ammonia (แอมโมเนีย)	2.27	2.67	2.34	2.16	2.16	2.25
Arginine (อาร์จินีน)	12.40	11.68	12.97	11.78	11.72	12.21
Aspartic acid (แอสปาร์ติกแอซิด)	9.67	9.79	9.46	9.66	9.81	9.60
Threonine (ทรีโอนีน)	3.40	3.27	3.35	3.38	3.34	3.35
Serine (เซอรีน)	5.65	5.32	5.49	5.67	5.71	5.60
Glutamic acid (กลูตามิก แอซิด)	19.67	20.34	19.17	19.74	20.18	19.48
Proline (โพรลีน)	3.40	3.93	3.93	3.83	3.48	4.02
Glycine (ไกลซีน)	4.26	4.44	4.21	4.34	4.36	4.22
Alanine (อะลานีน)	4.34	4.47	4.27	4.43	4.42	4.31
Valine (วาลีน)	5.70	5.72	5.00	5.64	5.59	5.53

ตารางที่ 4 (ต่อ)

กรดอะมิโน	ชนิดของกากละหุ่งที่ผ่านการขจัดสารแพ้ด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ					Control ⁿ
	กากละหุ่ง ดิบ	2% NaOH	1% NaOH+ 1% NaOCl	2% NaHCO ₃	2% Ca(OH) ₂	
Methionine (เมทไธโอนีน)	1.74	1.79	1.50	1.73	1.76	1.65
Idoleucine (ไอโซลูซีน)	4.58	4.64	4.48	4.57	4.62	4.48
Leucine (ลูซีน)	6.43	6.52	6.36	6.47	6.53	6.27
Tyrosine (ไทโรซีน)	2.54	1.76	2.39	2.61	2.72	2.65
Phenylalanine (ฟีนิลอะลานีน)	4.04	4.21	3.87	4.15	4.19	4.04
Cystaic acid (ซิสเตอิก แอซิด)	1.25	0.57	1.28	0.85	1.31	1.42
Tryptophan (ทริปโตเฟน)	0.50	0.47	0.48	0.67	0.45	0.52
Total (รวม)	97.67	97.67	97.68	97.66	97.65	97.65

ก. สกัดสารพิษโดยไม่ใช้สารเคมี

ที่มา : Gardner et al. 1987

2.4 สารพิษและสารแพ้ในกากเมล็ดละหุ่ง

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าในกากเมล็ดละหุ่งมีสารพิษ คือไรซิน และ ไรซินิน เป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย

ไรซิน เป็นสารประกอบประเภทโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีปริมาณประมาณ 1.0-1.5 เปอร์เซ็นต์ในกากละหุ่งสกัดน้ำมัน (57) มีความเป็นพิษต่อสัตว์อย่างรุนแรงเมื่อสัตว์ได้รับไรซินเข้าสู่ร่างกาย เนื่องจากไรซินทำให้เม็ดเลือดแดงจับตัวกันและมีการตกตะกอน ในสัตว์กระเพาะเดียวสัตว์จะตายได้ แม้ว่าได้รับไรซิน เข้าไปเพียงเล็กน้อย (29) แต่ระดับความเป็นพิษจะมีความรุนแรงเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ ม้าและหนูตะเภาจะมีความต้านทานต่อพิษที่ทนจะมีความต้านทานต่อไรซินได้สูงกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (33) สัตว์กระเพาะรวมที่ได้รับไรซินในระดับสูง ($> 47,500$ ppm) มีผลให้สัตว์กินอาหารลดลง อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงด้วย (58) ไรซินเป็นสารพิษที่สามารถทำลายให้หมดได้ง่ายด้วยความร้อนชื้น (heat and moisture in combination) ในขบวนการสกัดน้ำมันละหุ่ง กากละหุ่งจะผ่านการทำลายไรซิน ด้วยความร้อนได้หมด (29)

ไรซินิน เป็นสารอัลคาลอยด์ มีอยู่ประมาณ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ของกากเมล็ดละหุ่ง มีความเป็นสารพิษน้อย แต่ถ้าสัตว์ได้รับในปริมาณที่สูงจะทำให้ชะงักการเจริญเติบโตได้เช่นกัน (25) แต่ยังไม่พบว่ามียารักษาถึงระดับของไรซินิน ที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของสุกรแต่ประการใด

นอกจากสารพิษทั้งสองชนิดแล้วกากเมล็ดละหุ่งยังมีสารแพ้ที่เรียกว่า CB-1A ซึ่งเป็นสารประเภทโปรตีนที่มีความคงทนในสารละลายกรดมากกว่าสารละลายด่าง CB-1A มีประมาณ 12.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของกากละหุ่ง (32) Gardner และคณะ (30) รายงานว่าการต้มกากละหุ่งด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCL) และอะซีโตน ที่ pH 3.9 ไม่สามารถลดปริมาณสารแพ้ CB-1A ในกากละหุ่งลงได้ ในขบวนการผลิตกากละหุ่งโดยทั่วไปความร้อนสามารถทำลาย

ไรซิน ได้ แต่ไม่สามารถทำลาย CB-1A ได้หมด เมื่อสัตว์ได้รับสารแพ้ CB-1A เข้าสู่ร่างกายสัตว์ไม่แสดงอาการแพ้หรือไม่ทำให้เกิดอันตรายกับสัตว์ แต่สารแพ้มักมีการสะสมในร่างกายสัตว์ได้ ผู้บริโภคที่มีปฏิกิริยาไวต่อสารนี้เมื่อบริโภคเนื้อที่มีการสะสมสารแพ้ CB-1A จะแสดงอาการแพ้อย่างรุนแรง (23) ผู้ที่เกิดอาการแพ้จะแสดงอาการคลื่นไส้ อาเจียน เจ็บคอ ท้องเดิน ชีกกระตุก และอาจถึงตาย (9)

จากการศึกษาของ Rao et al. (49) รายงานว่าการทดลองให้อาหารวันละ 250 กรัม ที่มีส่วนผสมของกากกะหล่ำที่ผ่านการนึ่งที่ 20 ปอนด์/ตร.นิ้ว เป็นเวลา 60 นาที ระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เป็นเวลา 150 วันในแกะพบว่าแกะไม่แสดงอาการผิดปกติเมื่อดูด้วยสายตา แต่เมื่อผ่าซากพบว่าแกะที่ได้รับอาหารผสมกากกะหล่ำระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีเนื้อตายที่ตับเม็ดเลือดขาวไม่สามารถผ่านได้ มีเลือดตกตะกอนในเส้นเลือด, ไต, ต่อมไทรอยด์ ที่ผนังฟอลลิเคิล (follicle) ของต่อมไทรอยด์ มีไฟบรัส (Fibrous) สะสมทำให้ผนังฟอลลิเคิล (follicle) หนาขึ้น และจากการศึกษาของ Layton (36) นำกากกะหล่ำมาเป็นอาหารปลาดุกพบว่าสามารถใช้อาหารผสมกากกะหล่ำได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีอาการผิดปกติ แต่ปลาดุกมีการสะสมสารแพ้ CB-1A ในกล้ามเนื้อและทางเดินอาหาร ซึ่งสารแพ้จะถูกขับออกใน 7 วัน ดังนั้นก่อนบริโภคปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากกะหล่ำ ควรหยุดให้อาหารผสมกากกะหล่ำอย่างน้อย 7 วัน จึงจะปลอดภัยจากสารแพ้

2.5 การทำลายสารพิษและสารแพ้ในกากกะหล่ำ

สารพิษและสารแพ้ในกากกะหล่ำสามารถทำลายได้ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

คือ

2.5.1 การต้มในขั้นตอนการสกัดน้ำมัน (Moist Cooking)

Pablo and Valdimiro (47) รายงานว่าในขั้นตอนการสกัดน้ำมันละหุ่งโดยการต้มเมล็ดละหุ่งที่สะอาดในสารละลายเอ็กเซน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมงสามารถทำลายไรซินได้ ส่วนสาร CB-1A จะถูกทำลายได้สมบูรณ์เมื่อใช้อุณหภูมิในการต้ม 405 องศาฟาเรนไฮต์ (207 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 125 นาทีซึ่งจะทำให้เมล็ดละหุ่งไหม้เกรียม (30)

2.5.2 การอบแห้ง Gardner et al. (30) รายงานว่า

การให้ความร้อนแห้งหรือการอบที่อุณหภูมิ 405 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเวลา 125 นาที จะทำลาย CB-1A ได้สมบูรณ์แต่ทำให้องค์ประกอบของกากละหุ่งเสียหาย

2.5.3 การใช้สารละลายต่าง การต้มกากละหุ่งด้วยโซเดียม

ไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (1% NaOH) ที่อุณหภูมิ 100-102 องศาเซลเซียส 12-15 นาที จะสามารถลดสารพิษ CB-1A ได้ 97-98.4 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับการต้มในขั้นตอนการสกัดน้ำมันซึ่งสามารถลดสารพิษได้เพียง 50-75 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นและการนำกากละหุ่งมานึ่งด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ความดัน 20 ปอนด์/ตร.นิ้ว (Psi) อุณหภูมิ 302 องศาฟาเรนไฮต์เป็นเวลา 58 นาที สามารถทำลายสารพิษได้ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ทำให้กากละหุ่งไหม้ (30) จากการศึกษาของ Mottola et al. (40) ใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ให้ความร้อน 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที สามารถทำลายสารพิษได้แต่ทำให้กรดอะมิโน ที่จำเป็นบางอย่างสูญเสียไปมากกว่าการใช้แอมโมเนีย (NH_3) นอกจากนี้การใช้โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ความดัน 20 ปอนด์/ตร.นิ้ว จะมีประสิทธิภาพในการลดสารพิษต่ำกว่าใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์

2.5.4 การอบด้วยไอน้ำ Jenkins (32) ทดลองนำกาก

ละหุ่งมานึ่งด้วยความร้อน 15 psi เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะสามารถทำลายสารพิษและสารพิษได้หมดโดยไม่ทำให้คุณค่าทางโภชนาของกากละหุ่งเสียไป

Mottola et al. (41) แนะนำว่ากากละหุ่งที่นึ่งด้วยหม้อนึ่งความดันเหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนราคาถูกในอาหารสัตว์ปีกและสุกร โดยใช้ปลาป่นเป็นแหล่งเสริมไลซีน

2.5.5 การใช้แอมโมเนีย ต้มกากละหุ่งในสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 6M อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 45 นาที สามารถลดไรซินและ CB-1A ให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตราย (42) การทำลายสารพิษด้วยวิธีนี้จะทำให้ไรซินิน เปลี่ยนเป็นอะมิโนไนไตรด์ (aminonitrile), อะมิโนเอไมด์ และ ไรซินิก แอซิด (ricinic acid) ซึ่งสารประกอบทั้ง 3 ชนิดไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์ (31)

2.5.6 การใช้สารเคมีและชีววิทยา วิธีการที่ได้ผลดีคือการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ (HCHO) ผสมในการทำลายสารพิษและสารแพ้ คือ ฟอร์มาลดีไฮด์เข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์และโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ หรือ ฟอร์มาลดีไฮด์เข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.9 หรือฟอร์มาลดีไฮด์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์และโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์สามารถทำลายสารแพ้ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (30) นอกจากนี้ยังสามารถใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl)เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ หรือใช้โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จะทำลายสารพิษและสารแพ้ได้เช่นเดียวกัน (27) ซึ่งเกี่ยวกับการทำลายสารพิษและสารแพ้ Khee et al. (27) สรุปไว้ว่า

(1) ไรซินสามารถทำลายได้อย่างสมบูรณ์ระหว่างกระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดละหุ่ง

(2) โซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับโซเดียมไฮโปคลอไรต์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮโปคลอไรต์จะมีประสิทธิภาพในการทำลาย CB-1A ได้ดีเมื่อใช้ร่วมกับความร้อนที่มีความชื้น สารเคมีเพียงอย่างเดียวจะไม่มีประสิทธิภาพใน

การทำลาย CB-1A เพียงพอ

(3) ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของ CB-1A ที่มีในกากละหุ่ง จะถูกทำลายได้เมื่อมีความเข้มข้นของสารเคมีรวม 1.5 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำลาย CB-1A เกือบทั้งหมด (มากกว่า 98 เปอร์เซ็นต์)

(4) การสกัดน้ำมันด้วยสารเคมีที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาสั้นจะทำลาย CB-1A ได้ถ้าใช้สารเคมีอย่างเหมาะสม แต่การสกัดน้ำมันแบบธรรมดาไม่มีประสิทธิภาพในการทำลาย CB-1A

(5) อุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันต่ำสุดประมาณ 130 องศาเซลเซียสแต่อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 150 องศาเซลเซียส

(6) วิธีการผสมสารเคมีกับกากละหุ่งที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญในการทำลาย CB-1A

2.6 การนำกากเมล็ดละหุ่งมาใช้เป็นอาหารสัตว์

2.6.1 การใช้กากเมล็ดละหุ่งเป็นอาหารโค

Marion (37) รายงานว่าการนำกากเมล็ดละหุ่งที่ไม่ผ่านการกำจัดสารพิษ CB-1A มาเลี้ยงโคเนื้อน้ำหนักประมาณ 138.0 กิโลกรัม ผลการทดลองปรากฏว่าไม่พบอาการผิดปกติหรือเจ็บป่วยตลอดระยะเวลาทำการทดลอง 2 สัปดาห์ และพบว่าโคทดลองที่ได้รับอาหารที่มีกากละหุ่งผสมระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากเมล็ดฝ้ายและเมล็ดฝ้ายระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่คุณภาพซากของโคทดลองทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน

Walker (58) แนะนำว่าการใช้กากละหุ่งเพื่อเป็นอาหารเสริมโปรตีนในอาหารข้นของโคมากกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหาร ควรเสริมอาหารพลังงานเช่นไขมันลงในสูตรอาหารเพื่อให้อัตราการเจริญเติบโตของโคดีขึ้น

Albin et al. (20) รายงานว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีสัดส่วนของไรซิน 1:200 จะมีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับอาหารสูตรเปรียบเทียบ (ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งเสริมโปรตีน) และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไรซินในอาหารมีผลทำให้โคทดลองมีปริมาณการกินอาหาร อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงสอดคล้องกับรายงานของ Assis et al. (23) ในการใช้อาหารผสมกากละหุ่งเปรียบเทียบกับอาหารผสมกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วลิสงในโคนม พบว่าอัตราการเจริญเติบโตและการให้นมของโคทดลองไม่แตกต่างกัน

2.6.2 การใช้กากละหุ่งเป็นอาหารแกะ

Purushotham et al. (48) รายงานว่ากากละหุ่งที่ผ่านการขจัดสารพิษและสารแพ้ด้วยการนึ่งด้วยหม้อนึ่งความดัน เป็นเวลา 60 นาที ความดัน 20 ปอนด์/ตร.นิ้ว สามารถใช้เป็นอาหารผสมในอาหารชั้นของแกะได้ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารโดยที่แกะไม่แสดงอาการผิดปกติ สอดคล้องกับรายงานของ Rao et al. (49) ทดลองให้อาหารผสมกากละหุ่งระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ในอาหารและโดยแกะมีการเจริญเติบโตตามปกติ

2.6.3 การใช้กากละหุ่งเป็นอาหารไก่

Okamoto et al. (37) และ Laufey and Hens (56) รายงานว่าสามารถใช้กากละหุ่งที่ผ่านขบวนการทำลายสารพิษและสารแพ้แล้วในสูตรอาหารไก่ ระยะเจริญเติบโตได้ในระดับสูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร แต่ต้องเสริมไลซีนและเมทไธโอนีนลงในสูตรอาหาร หรืออาหารนี้ควรมีปลาป่นประกอบอยู่ด้วยประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ กษิติศและคณะ (1) ทำการทดลองใช้กากละหุ่งที่ไม่ผ่านการทำลายสารพิษและสารแพ้เลี้ยงไก่ระยะเจริญเติบโตที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์และ 8 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารเปรียบเทียบกับใช้อาหารสูตรเปรียบเทียบ (สูตรข้าวโพด+กากถั่วเหลือง) ผลการทดลอง

พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารทดลองที่มีกากละหุ่งผ่านการขจัดสารพิษและสารแพ้ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าไก่ทดลองกลุ่มอื่น ๆ และไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งที่ไม่กำจัดสารพิษและสารแพ้ มีอัตราการตายสูงที่สุดเท่ากับ 89.17 เปอร์เซ็นต์ ไก่ที่เหลือเจริญเติบโตช้า และแตรแกร็นตรงข้ามกับ Okoric and Anuguwa (46) ใช้กากละหุ่งระดับ 0, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่ระยะเจริญเติบโต พบว่าปริมาณการกินอาหารและประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่ทดลองที่ได้รับกากละหุ่งทุกระดับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($\alpha = 0.05$) แต่ไก่ทดลองที่ได้รับอาหารที่มีกากละหุ่งระดับ 10 เปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพซากดีกว่าไก่ทดลองกลุ่มอื่น ๆ

2.6.4 การใช้กากเมล็ดละหุ่งเป็นอาหารสุกร

Fuller et al. (29) รายงานว่าการเสริมไลซีน เมทไธโอนีน และไขมันลงในสูตรอาหารผสมกากละหุ่งที่ขจัดสารพิษและสารแพ้แล้ว มีผลให้สุกรมีการเจริญเติบโตดีขึ้นกว่า ไม่เสริมไลซีนและเมทไธโอนีนในอาหารชนิดนี้ (1) ทำการทดลองใช้กากละหุ่งที่ผ่านการขจัดสารพิษและสารแพ้และกากเมล็ดละหุ่งที่ไม่ผ่านการขจัดสารพิษและสารแพ้เลี้ยงสุกรระยะหย่านมถึงระยะขุนโดยใช้กากละหุ่งทั้ง 2 ชนิดในระดับ 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารเปรียบเทียบกับสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง อาหารทดลองทุกสูตรปรับองค์ประกอบทางเคมีให้มีคุณภาพใกล้เคียงกัน โดยการเสริมไขมัน ไลซีนและเมทไธโอนีน ผลการทดลองปรากฏว่า สุกรที่ได้รับอาหารสูตรกากเมล็ดละหุ่งที่ผ่านการขจัดสารพิษและสารแพ้ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหารมีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีที่สุด ในระยะ 30 วันแรกของการทดลองสุกร ที่ได้รับอาหารสูตรผสมกากละหุ่งไม่ผ่านการขจัดสารพิษและสารแพ้ทั้งระดับ 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำกว่าสุกร

ในกลุ่มอื่น แต่ระยะหลัง 30 วันถึงสิ้นสุดการทดลองปรากฏว่า สุกรทั้ง 2 กลุ่มมีการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ไม่แตกต่างกับสุกรทดลองกลุ่มอื่น ทั้งนี้เพราะสุกรมีการปรับตัวขจัดสารพิษและสารขับออกจากร่างกายได้ แต่การใช้กากเมล็ดละหุ่งที่ขจัดสารพิษและสารขับแล้วจะให้ความปลอดภัยต่อสัตว์มากกว่า และแนวโน้มการใช้กากละหุ่งเป็นส่วนผสมในอาหารสุกรควรมีระดับสูงกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการทดลองสอดคล้องกับ Khee et al. (27) ที่กล่าวว่ากากละหุ่งที่ผ่านการขจัดสารพิษและสารขับแล้วสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้อย่างปลอดภัยในการศึกษาจากอาหารไก่และสุกร แต่การทดลองนำกากละหุ่งผสมในอาหารหนูทดลองพบว่าอาหารหนูมีคุณค่าของโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้ต่ำ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ากากละหุ่งที่ผ่านการขจัดสารพิษและสารขับแล้วไม่สามารถใช้เป็นแหล่งอาหารเสริมโปรตีนในอาหารสัตว์เพียงอย่างเดียวได้จำเป็นต้องใช้ผสมกับแหล่งอาหารเสริมโปรตีนชนิดอื่นที่มีคุณภาพดี จึงจะทำให้สัตว์เจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดี

บทที่ 3
วิธีการศึกษาวิจัย

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

3.1.1 รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน จากผลการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ
กากละหุ่ง คือ คุณสมบัติทางเคมี ปริมาณกรดอะมิโน (amino acid) ที่จำเป็น
ต่อการเจริญเติบโตของสัตว์และอื่นๆ

3.1.2 การเตรียมอาหารเพื่อใช้ในการทดลอง

3.1.2.1 คำนวนสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีเพียร์
สันสแควร์ (pearson's square) และพีชคณิต

3.1.2.2 เตรียมอาหารทดลองตามสูตรจากการคำนวณปรับ
สัดส่วนของโภชนะให้มีคุณภาพใกล้เคียงกัน จำนวน 4 สูตร คือ

สูตรที่ 1 สูตรอาหารเปรียบเทียบไม่เสริมกากละหุ่ง

สูตรที่ 2 สูตรอาหารผสมกากละหุ่งจัดสารพิษและสารแพ้ 8
เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 สูตรอาหารผสมกากละหุ่งจัดสารพิษและสารแพ้ 12
เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 4 สูตรอาหารผสมกากละหุ่งจัดสารพิษและสารแพ้ 16
เปอร์เซ็นต์

ส่วนประกอบของสูตรอาหารได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค.

3.1.3 เก็บตัวอย่างอาหารทุกสูตรและทุกครั้งของการผสมอาหารเพื่อ
นำไป วิเคราะห์หาปริมาณโภชนะในอาหารทดลอง

3.1.4 การทดลอง แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ใช้สุกรลูกผสมสามสายเลือด ดูริคคาลาร์จ
ไวท์แอนด์เรช จำนวน 40 ตัวเริ่มต้นเข้าทดลองอายุประมาณ 4 สัปดาห์ มี

น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 6 กิโลกรัม ทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์

การทดลองที่ 2 ใช้สุกรลูกผสมสามสายเลือด ดุริยคชาจารย์ ไวกซ์แลนด์เรช จำนวน 40 ตัว เริ่มต้นเข้าทดลองอายุประมาณ 3.5 เดือน มีน้ำหนักประมาณ 34 กิโลกรัม ทดลองเป็นเวลา 3 เดือน

3.1.4.1 แผนการทดลอง การทดลองทั้ง 2 การทดลองใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block design or RCB) มีสูตรอาหารเป็นปัจจัย (Treatment) จำนวน 4 สูตร แต่ละสูตรของอาหารทำการทดลอง 5 ซ้ำ (Replication or Block) โดยในแต่ละซ้ำใช้สุกร 2 ตัว เพศผู้ตอนและเพศเมียชนิดละ 1 ตัวของอาหารแต่ละสูตร ดังนั้นใน 1 ซ้ำของการทดลอง ประกอบด้วยสุกรจำนวน 8 ตัว ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างกันตามผังการทดลอง ดังนี้

ผังการทดลอง

Block

Treatment	R T	R1	R2	R3	R4	R5
T1		T1R1	T1R2	T1R3	T1R4	T1R5
T2		T2R1	T2R2	T2R3	T2R4	T2R5
T3		T3R1	T3R2	T3R3	T3R4	T3R5
T4		T4R1	T4R2	T4R3	T4R4	T4R5

R = Replication (Block)

T = Treatment

3.1.4.2 การให้อาหาร สุนัขทดลองได้รับอาหารและน้ำตลอดเวลา (Ad lib) โดยให้อาหารในถังอัตโนมัติแบบถ่วงกลมหมุนได้ และให้น้ำด้วยจุกน้ำอัตโนมัติแบบปากกัก

3.1.4.3 การเก็บข้อมูล

- บันทึกน้ำหนักเริ่มต้นของสุนัขทดลองทุกตัวและการทดลองที่ 1 มีการชั่งน้ำหนักระหว่างทดลอง 2 สัปดาห์/ครั้ง ส่วนการทดลองที่ 2 ชั่งน้ำหนักระหว่างการทดลอง 1 เดือน และชั่งน้ำหนักในวันสิ้นสุดการทดลอง เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงด้านการเจริญเติบโตของสุนัขทดลอง
- บันทึกน้ำหนักอาหารที่ใช้เลี้ยงสุนัข ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง
- บันทึกลักษณะผิดปกติของสุนัขทดลอง โดยพิจารณาจากการแสดงออกของร่างกาย ได้แก่ ผิวหนัง การขับถ่าย ทางเดินหายใจ

3.1.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1.5.1 การวัดข้อมูลของการเจริญเติบโตและการให้อาหารของสุนัขโดยวัดในรูปของอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการให้อาหารและปริมาณอาหารที่กิน ซึ่งค่าต่าง ๆ คำนวณได้ดังนี้

- น้ำหนักเฉลี่ยของสุนัขที่เพิ่มขึ้นต่อตัวต่อวันคำนวณได้จาก
 อัตราการเจริญเติบโต = $\frac{\text{น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{จำนวนวันทดลอง}}$

- ประสิทธิภาพการให้อาหารของสุนัขทดลองเป็นอัตราส่วนของอาหารที่สุนัขกินกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคำนวณได้จาก

ประสิทธิภาพการให้อาหาร
 = $\frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินของสุนัขตลอดระยะเวลาทำการทดลอง}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาทำการทดลอง}}$

- ปริมาณอาหารที่กินเป็นปริมาณอาหารเฉลี่ยที่สุนัขกินต่อตัวต่อวัน
 ปริมาณอาหารที่กิน = $\frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินตลอดการทดลอง}}{\text{จำนวนวันทดลอง}}$

3.1.5.2 การวัดข้อมูลซาก ในส่วนของการทดลองที่ 2 กระทำโดยหลังจากสิ้นสุดการทดลองจะสุ่มตัวอย่างสุกรทดลองเพศผู้ตอนจากทุกสูตรของอาหารสูตรละ 5 ตัว รวม 20 ตัวฆ่าและชำแหละเพื่อวัดซาก ได้แก่ วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ซาก ความยาวซาก ความหนาแน่นสันหลัง ปริมาณเนื้อแดง ฯลฯ เปรียบเทียบกันระหว่างอาหารแต่ละสูตร

3.1.5.3 การวัดต้นทุนค่าอาหาร

- คำนวณมูลค่าอาหารผสมต่อกิโลกรัมจากน้ำหนักและราคาวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ใช้ผสมในสูตรอาหาร เปรียบเทียบกันระหว่างอาหารแต่ละสูตร
- คำนวณมูลค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสุกร 1 กิโลกรัม เปรียบเทียบกันระหว่างอาหารผสมแต่ละสูตร

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติทดสอบความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสูตรอาหารโดยวิธี Duncan's new multiple range test

3.1.5.4 การวิเคราะห์หาส่วนประกอบของอาหารทดลอง

- วิเคราะห์ปริมาณโภชนะในสูตรอาหารด้วยวิธี proximate analysis
- วิเคราะห์หาปริมาณสารแพ้ด้วยวิธี immunodiffusion technique

3.2 สถานที่ทำการทดลอง การทดลองนี้ทำการศึกษาทดลอง ณ.ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ทดลองภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร วิเคราะห์หาส่วนประกอบอาหารที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ภาควิชาสัตวบาล ม.เกษตรศาสตร์ และวิเคราะห์หาปริมาณสารแพ้ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์หาสารแพ้ของบริษัทสยามน้ำมันละหุ่ง จำกัด อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ

3.3 ระยะเวลาที่ใช้ทำการทดลอง เริ่มทำการทดลองเมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ.2533 และสิ้นสุดการทดลองในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2533

บทที่ 4

ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการนำกากเมล็ดละหุ่งขจัดสารพิษและสารแพ้ผสมในสูตรอาหารสุกร

4.1 ผลการทดลองที่ 1

จากการศึกษาทดลองนำกากเมล็ดละหุ่งขจัดสารพิษและสารแพ้ผสมในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงสุกรเปรียบเทียบกับสูตรอาหารที่ใช้กันตามปกติไม่ผสมกากละหุ่ง ผลการทดลองในสุกรหลังหย่านมแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และ 4.2

4.1.1 อัตราการเจริญเติบโต ผลการทดลองปรากฏว่าสุกรที่ได้รับอาหารผสมกากเมล็ดละหุ่งขจัดสารพิษและสารแพ้ในระดับ 0, 8, 12 และ 16 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร สุกรมีการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 354, 349, 341, 303 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าการเจริญเติบโตของสุกรที่ได้รับอาหารแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$)

4.1.2 ปริมาณการกินอาหาร สุกรหย่านมที่ได้รับอาหารสูตร 1, 2, 3 และ 4 มีปริมาณการกินอาหารเฉลี่ยเท่ากับ 882, 870, 850, 874 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าปริมาณการกินอาหารแต่ละสูตรของสุกรมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$)

4.1.3 ประสิทธิภาพการใช้อาหารสุกรหย่านมที่ได้รับอาหารผสมสูตร 1, 2, 3 และ 4 มีประสิทธิภาพการใช้อาหารเฉลี่ยเท่ากับ 2.47, 2.53, 2.54 และ 2.94 ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับอาหารสูตร 1, 2 และ 3 แต่สูตรที่ 4 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสูตรอื่น

4.1.4 จากราคาการเตรียมอาหารทดลองสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่ามีราคาอาหารเท่ากับ 8.17, 7.91, 7.77 และ 7.62 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ และมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมเท่ากับ 20.19, 20.05, 19.75 และ 22.39 บาทตามลำดับ จากผลการทดลองของสุกรหย่านมที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ และ 12 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่ำกว่าสูตรอาหารเปรียบเทียบ แต่สุกรที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งระดับ 16 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมสูงกว่าอาหารสูตรเปรียบเทียบ

4.1.5 สุขภาพของสุกรทดลอง ตลอดระยะเวลาทำการทดลองสุกรทดลองทุกกลุ่มไม่มีแสดงอาการผิดปกติทางร่างกายแต่อย่างใด

4.2 ผลการทดลองที่ 2

จากการศึกษาการนำกากละหุ่งขจัดสารพิษและสารแพ้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสุกรระยะเจริญเติบโตน้ำหนัก 34 ถึง 90 กิโลกรัมอายุประมาณ 3.5 เดือน จนถึง 6.5 เดือนเพื่อศึกษาลักษณะและคุณภาพซากของสุกร โดยให้สุกรได้รับอาหาร 4 สูตรคืออาหารสูตรปกติสำหรับเปรียบเทียบ (สูตร 1) เป็นสูตรที่ไม่มีกากเมล็ดละหุ่งผสมส่วนสูตรอาหารที่ 2, 3, และ 4 ผสมกากละหุ่ง 8, 12 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 7, 8 และ 9

4.2.1 อัตราการเจริญเติบโต สุกรที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 669, 653, 661 และ 618 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$)

4.2.2 ปริมาณการกินอาหาร สุนัขที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีปริมาณการกินอาหารเฉลี่ยเท่ากับ 2.48, 2.42, 2.57 และ 2.47 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าค่าเฉลี่ยดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

4.2.3 ประสิทธิภาพการใช้อาหาร สุนัขที่ได้รับอาหารผสมสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีประสิทธิภาพการใช้อาหารเฉลี่ยเท่ากับ 3.71, 3.72, 3.89 และ 4.02 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าค่าเฉลี่ยดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$)

4.2.4 จาการาคาของการเตรียมอาหารทดลองสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีราคาอาหารเท่ากับ 6.71, 6.56, 6.44 และ 6.30 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ และมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมเท่ากับ 24.87, 24.42, 25.06 และ 25.33 บาท ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองของต้นทุนต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสุนัขที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่ง 8 เปอร์เซ็นต์จะต่ำกว่าสูตรเปรียบเทียบกับอาหารผสมกากละหุ่ง 12 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าสูตรอาหารเปรียบเทียบกับเล็กน้อย ส่วนสูตรที่มีกากละหุ่งผสม 16 เปอร์เซ็นต์เช็นต์จะมีต้นทุนต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวสูงกว่าสูตรเปรียบเทียบกับ และเมื่อดำเนินการเลี้ยงสุนัขจากมูลค่าอาหารที่กินของสุนัขเปรียบเทียบกับราคาจำหน่ายสุนัขมีชีวิตจะได้ผลตอบแทนจากการใช้อาหารแต่ละสูตรเท่ากับ 68.92, 92.70, 55.95 และ 37.27 บาท ตามลำดับ

4.2.5 สุขภาพของสุนัขทดลอง ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง สุนัขทดลองทุกกลุ่มไม่แสดงอาการผิดปกติทางร่างกายแต่อย่างใด

ตารางที่ 5 ผลการใช้กากละหุ่งขจัดสารพิษสารแพ้ในสูตรอาหารสุกรอายุ 4 ถึง 10 สัปดาห์

ลักษณะ ¹	ระดับกากละหุ่ง (DDCM) ในสูตรอาหาร			
	สูตร1(0%)	สูตร2(8%)	สูตร3(12%)	สูตร4(16%)
น้ำหนักเริ่มทดลอง (กก.)	6.05	5.99	6.03	6.02
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	21.19	20.66	20.34	18.73
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	354	349	341	303
ปริมาณการกินอาหาร (กรัม/วัน)	882	870	850	874
ประสิทธิภาพการใช้ อาหาร ²	2.47 ^{''}	2.53 ^{''}	2.54 ^{''}	2.94 ^{''}

หมายเหตุ : ¹ เป็นค่าเฉลี่ยของสุกร 10 ตัว (2 ตัว/คอก)

² ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันที่มีอักษรต่างกัน หมายถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$)

ตารางที่ 6 ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสุกร 1 กิโลกรัม ของการทดลองที่ 1

ระดับกากละหุ่ง (DDCM) ในสูตรอาหาร				
	สูตร 1 (0%)	สูตร 2 (8%)	สูตร 3 (12%)	สูตร 4 (16%)
ราคาอาหาร (บาท/กก.)	8.17	7.91	7.77	7.62
ปริมาณอาหารที่สุกรกิน (กก./ตัว)	37.15	36.58	35.67	36.62
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กก./ตัว)	15.14	14.67	14.31	12.71
ต้นทุนค่าอาหารต่อการ เพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (บาท)	20.19	20.05	19.75	22.39

หมายเหตุ : ราคาวัตถุดิบแสดงในภาคผนวก ค.

ตารางที่ 7 ผลการใช้กากละหุ่งขจัดสารพิษสารแพ้ในสูตรอาหารสุกรขุน
น้ำหนัก 34 ถึงประมาณ 90 กิโลกรัม หรืออายุ 3.5 ถึง
6.5 เดือน

ลักษณะ ¹	ระดับกากละหุ่ง (DDCM) ในสูตรอาหาร			
	สูตร1 (0%)	สูตร2 (8%)	สูตร3 (12%)	สูตร4 (16%)
น้ำหนักเริ่มทดลอง (กก.)	33.12	34.04	34.32	34.01
น้ำหนักสิ้นสุดการ ทดลอง (กก.)	94.11	92.71	93.84	89.63
อัตราการเจริญ เติบโต (กรัม/วัน)	669	653	661	618
ปริมาณการกินอาหาร (กก./วัน)	2.48	2.42	2.57	2.47
ประสิทธิภาพการใช้ อาหาร ²	3.71	3.72	3.89	4.02

หมายเหตุ :¹ เป็นค่าเฉลี่ยของสุกร 10 ตัว (2 ตัว/คอก)

² ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันที่มีอักษรต่างกัน หมายถึงข้อมูลมีความ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$)

ตารางที่ 8

ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสุกร 1 กิโลกรัม
ในสุกรขุนน้ำหนัก 34 ถึง ประมาณ 90 กิโลกรัม และ
ผลตอบแทนจากการเลี้ยงสุกร ของการทดของการทดลองที่ 2



ระดับปากละหุ้ง (DDCM) ในสูตรอาหาร

	สูตร1(0%)	สูตร2(8%)	สูตร3(12%)	สูตร4(16%)
ราคาอาหาร (บาท/กก.)	6.71	6.56	6.44	6.30
ปริมาณอาหารที่ สุกรกิน(กก./ตัว)	223.03	218.22	231.35	222.49
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กก./ตัว)	60.99	58.67	59.52	55.62
ต้นทุนค่าอาหารต่อ การเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (บาท)	24.87	24.42	25.06	25.33
ต้นทุนค่าอาหารใน การเลี้ยงสุกร จากน้ำหนักเพิ่ม ¹	1516.82	1432.72	1491.57	1408.85
มูลค่าสุกรจาก น้ำหนักที่เพิ่ม ²	1585.74	1525.42	1547.52	1446.12
ผลตอบแทนที่ได้รับ	68.92	92.70	55.95	37.27

หมายเหตุ : ราคาวัตถุดิบแสดงในภาคผนวก ค.

¹คำนวณจาก ราคาอาหาร * ปริมาณอาหารที่สุกรกิน

²คำนวณจาก ราคาสุกรมีชีวิต * น้ำหนักสุกรที่เพิ่มขึ้นของสุกรทดลอง
คิดราคาสุกรมีชีวิตเท่ากับ 26.0 บาท/กก.

115985574

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพซากและน้ำหนักตับ

ลักษณะคุณภาพซาก ³	ระดับกาละหุ่งในสูตรอาหาร			
	สูตร1 (0%)	สูตร2 (8%)	สูตร3 (12%)	สูตร4 (16%)
น้ำหนักก่อนฆ่า				
(อดอาหาร24ชม.) ²	97.20	99.20	101.70	98.20
น้ำหนักซากอ่อน (กก.)	76.22	76.94	79.22	76.13
น้ำหนักซากเย็น (กก.)	74.28	75.10	77.22	74.30
เปอร์เซ็นต์ซาก	76.17	75.64	75.98	75.67
ความยาวซาก (ชม.)	77.20	79.30	80.80	79.00
ความหนาไขมันสันหลัง				
(นิ้ว)	1.25	1.17	1.17	1.17
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	14.98	15.83	15.16	15.92
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน				
(ตร.ชม.)	37.35	35.88	37.98	37.88
เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง	37.74	35.92	37.20	36.59
เปอร์เซ็นต์เนื้อสันนอก	8.67	7.90	8.47	8.19

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลักษณะคุณภาพซาก ³	ระดับกากละหุ่งในสูตรอาหาร			
	สูตร1 (0%)	สูตร2 (8%)	สูตร3 (12%)	สูตร4 (16%)
เปอร์เซ็นต์เนื้อสันใน ¹	1.59 ^ก	1.44 ^ข	1.66 ^ก	1.55 ^{กข}
เปอร์เซ็นต์เนื้อสามชั้น	15.58	15.38	15.71	15.83
น้ำหนักตับ ¹	1.30 ^ค	1.50 ^{คง}	1.60 ^ง	1.60 ^ง

หมายเหตุ : ¹ ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันที่มีอักษรต่างกัน ก, ข แสดงว่าค่าของข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.01$ ส่วน กข ค่าของข้อมูลไม่ต่างจากทั้ง ก และ ข และอักษร ค, ง แสดงว่าค่าของข้อมูลแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.05$ ส่วน คง แสดงว่าค่าของข้อมูลไม่ต่างจากทั้ง ค และ ง ข้อมูลที่ไม่มีอักษรกำกับแสดงว่าค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

² เป็นน้ำหนักที่เลี้ยงต่อจากการวัดข้อมูลการเจริญเติบโตโดยยังคงใช้อาหารสูตรเดิม

³ การคำนวณวัดซากแสดงในภาคผนวก ค.

4.2.6 ผลการวิเคราะห์ซากและน้ำหนักตับ

4.2.6.1 น้ำหนักสุกรก่อนฆ่า น้ำหนักซากอ่อน และน้ำหนักซากเย็น สุกรที่ได้รับอาหารผสมสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีน้ำหนักก่อนฆ่าเฉลี่ยเท่ากับ 97.20, 99.22, 101.70 และ 98.20 กิโลกรัม ตามลำดับ และมีน้ำหนักซากอ่อนเฉลี่ยเท่ากับ 76.22, 76.94, 79.22 และ 76.13 กิโลกรัม ตามลำดับ และมีน้ำหนักซากเย็นเฉลี่ยเท่ากับ 74.28, 75.10, 77.22 และ 74.30 กิโลกรัม ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลปรากฏว่าน้ำหนักสุกรก่อนฆ่า น้ำหนักซากอ่อนและน้ำหนักซากเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแต่ละสูตรของอาหารผสม ($\alpha=0.05$)

4.2.6.2 เปอร์เซ็นต์ซากและความยาวซาก สุกรที่ได้รับอาหารผสมสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีเปอร์เซ็นต์ซากเฉลี่ยเท่ากับ 78.43, 77.48, 77.90 และ 77.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีความยาวซากเฉลี่ยเท่ากับ 77.20, 79.30, 80.80 และ 79.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่า สุกรที่ได้รับอาหารผสมทั้ง 4 สูตรมีเปอร์เซ็นต์ซากและความยาวซากแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$)

4.2.6.3 ความหนาแน่นสันหลังและเปอร์เซ็นต์ไขมัน สุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีความหนาแน่นสันหลังเฉลี่ยเท่ากับ 1.25, 1.17, 1.17 และ 1.17 นิ้ว ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์ไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 14.98, 15.83, 15.16 และ 15.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมทั้ง 4 สูตร มีความหนาแน่นสันหลังและเปอร์เซ็นต์ไขมันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$)

4.2.6.4 เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน สุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเฉลี่ยเท่ากับ 37.74, 35.92, 37.20 และ 36.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมทั้ง 4 สูตร

มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$)

4.2.6.5 เปอร์เซ็นต์เนื้อสันนอกและเปอร์เซ็นต์เนื้อสันใน สุกกรที่ทดลองที่ได้รับอาหารผสมสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีเปอร์เซ็นต์เนื้อสันนอกเฉลี่ยเท่ากับ 8.67, 7.90, 8.47 และ 8.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าสุกรที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร มีเปอร์เซ็นต์เนื้อสันนอกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีเปอร์เซ็นต์เนื้อสันในเฉลี่ยเท่ากับ 1.59, 1.44, 1.66 และ 1.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยดังกล่าวมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($\alpha=0.01$) โดยสุกรที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์เนื้อสันในแตกต่างจากสุกรที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและแตกต่างจากสุกรทดลองที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สุกกรที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 แตกต่างจากสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ และสูตรที่ 4 แตกต่างจากสูตรที่ 2 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.01$)

4.2.6.6 เปอร์เซ็นต์เนื้อสามชั้น สุกกรทดลองที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีเปอร์เซ็นต์เนื้อสามชั้นเฉลี่ยเท่ากับ 15.58, 15.38, 15.17 และ 15.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$)

4.2.6.7 น้ำหนักตับ สุกกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีน้ำหนักตับเฉลี่ยเท่ากับ 1.3, 1.5, 1.6 และ 1.6 กิโลกรัม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าค่าเฉลี่ยดังกล่าวมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($\alpha=0.05$) โดยสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมสูตรที่ 3 และ 4 มีน้ำหนักตับแตกต่างจากสุกรที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมสูตรที่ 2 มีน้ำหนักตับต่างจากสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมสูตรที่ 1 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$)

4.2.7 ระดับสารพิษในอาหาร อาหารผสมกากละหุ่งระดับ 0,8, 12 และ 16 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีปริมาณสารพืตกค้างในช่วง 0,15-20, 20-25 และ 25-30 ppm ตามลำดับ

4.3 วิจารณ์ผลการทดลองที่ 1

จากการทดลองที่ 1 พบว่าสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งแทนกากถั่วเหลืองทุกระดับในสูตรอาหารมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสุกรทดลองที่ได้รับอาหารสูตรเปรียบเทียบ (สูตร 1) แต่มีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตลดลงตามปริมาณของกากละหุ่งที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารสูตรที่ 4 ซึ่งมีละหุ่งผสมระดับ 16 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารทำให้สุกรทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงมากกว่าร้อยละ 14 เมื่อเปรียบเทียบกับสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมสูตรเปรียบเทียบ (สูตร 1) ส่วนประสิทธิภาพการใช้อาหารนั้น จากผลการทดลองพบว่าสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารระดับ 8 และ 12 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอาหารเปรียบเทียบ (สูตร 1) แต่สูตรที่ 4 ซึ่งมีส่วนผสมของกากละหุ่ง 16 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($\alpha=0.05$) กับอาหารสูตรเปรียบเทียบ และมีความแตกต่างทางสถิติกับอาหารผสมสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ซึ่งมีกากละหุ่งผสมอยู่ระดับ 8 และ 12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ คืออาหารสูตรที่ 4 จะให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยกว่าสูตรอาหารทั้ง 3 สูตร การที่อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรทดลองเลวลง เมื่อใช้กากละหุ่งผสมในสูตรอาหารมากขึ้นเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการใช้อาหารเสริมโปรตีนชนิดอื่นที่มาจากพืช เช่น กากเมล็ดยางพารา กากเมล็ดทานตะวัน และกากเมล็ดปาล์ม เป็นต้น เพราะกากพืชน้ำมันส่วนใหญ่จะมีปัญหาที่สำคัญ 2 ประการคือ

(1) ปริมาณของเยื่อใย เยื่อใยเป็นส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ด ส่วนใหญ่เป็นพวกเซลลูโลสและลิกนิน ซึ่งสัตว์กระเพาะเดี่ยวย่อยไปใช้ได้ยาก กากละหุ่งเป็นกากเมล็ดพืชน้ำมันที่มีเยื่อใยสูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่รำละเอียดซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารสัตว์มาเป็นเวลานานและมีเยื่อใยสูงก็มีเยื่อใยเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ดังที่ทราบกันดีว่าปริมาณของเยื่อใยที่มีในอาหารสูงจะมีผลทำให้การย่อยได้ของอาหารลดลง (24) แต่ปริมาณการย่อยได้ของเยื่อใยขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ เพราะสุกรสามารถย่อยเยื่อใยในวัตถุดิบต่างชนิดได้ไม่เท่ากันแล้วแต่องค์ประกอบในวัตถุดิบ (21) เป็นผลทำให้ร่างกายได้พลังงานจากอาหารมาใช้ประโยชน์ลดลงด้วย และยังมีผลกระทบต่อการย่อยได้ของโปรตีนและอะมิโนแอซิด โดยปริมาณของเยื่อใยที่สูงขึ้นทำให้ระดับการย่อยได้ของโปรตีนและอะมิโนแอซิดลดลง (34) แต่เซลลูโลสไม่มีผลต่อการย่อยของอะมิโนแอซิด (21)

(2) กรดอะมิโน ปริมาณของกรดอะมิโนในกากละหุ่งบางตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งไลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่เป็นตัวจำกัดตัวแรกในอาหาร (limiting amino acid) มีปริมาณต่ำกว่าในกากถั่วเหลือง แม้ว่าจะมีการเสริมไลซีนสังเคราะห์ทดแทนเพื่อความสมดุลก็ตาม แต่การย่อยได้ของกรดอะมิโนในกากละหุ่งซึ่งยังไม่ปรากฏพบในรายงานใด ๆ นั้น อาจเป็นลักษณะเดียวกันกับกากพืชน้ำมันชนิดอื่น คือ มีกรดอะมิโนที่ย่อยได้ต่ำกว่ากากถั่วเหลือง เช่น กากเมล็ดฝ้าย มีไลซีน ย่อยได้ 65 เปอร์เซ็นต์ กากเมล็ดทานตะวันมีไลซีนย่อยได้ 72 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กากถั่วเหลืองมีไลซีนย่อยได้ 85 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลการย่อยได้ของกรดอะมิโนในกากเมล็ดพืชบางชนิดแสดงในตารางที่ 10 (45) และการย่อยได้ของไลซีนเป็นการย่อยได้ของไลซีนที่มีอยู่ตามธรรมชาติในอาหารไม่ใช่ไลซีนสังเคราะห์ นอกจากนี้สัดส่วนของกรดอะมิโนในสูตรอาหารที่อาจจะไม่ได้สัดส่วนตามความต้องการของสุกรเทียบกับทริปโตเฟน ก็น่าจะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนในสูตรอาหารผสมกากละหุ่งด้อยลง (52) สัดส่วนของกรดอะมิโนในสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อความต้องการของสุกรแสดงในตารางที่ 11 (45)

ตารางที่ 10 กรดอะมิโนที่สุกรย่อยได้ในวัตถุดิบบางชนิด

วัตถุดิบ	อัตราการย่อยได้ของกรดอะมิโน (%)			
	ไลซีน	ทรีปโตเฟน	ทรีโอนีน	เมทไธโอนีน
ข้าวบาเลย์	73	73	70	82
เลือด	81	-	82	-
ข้าวโพด	80	70	73	89
กากเมล็ดฝ้าย	65	73	63	70
ปลาป่น	80	-	76	84
ข้าวไรย์	68	62	62	80
กากถั่วเหลือง	85	78	74	88
กากเมล็ดทานตะวัน	72	-	71	84

ที่มา : ความต้องการโภชนะของสุกร จาก NRC (National Research Council 1988.)

สำหรับในส่วนของสูตรอาหารนั้นอาหารสูตรเปรียบเทียบมีส่วนผสมของรำละเอียด แต่สูตรที่ 2,3 และ 4 ไม่มีรำละเอียดเป็นส่วนผสมอยู่ด้วยเนื่องจากต้องการปรับปริมาณเยื่อใยในสูตรอาหารให้ใกล้เคียงกัน และรำละเอียดในสูตรอาหารมีส่วนช่วยเพิ่มพลังงาน จึงอาจเป็นผลให้สุกรทดลองสูตรอาหารเปรียบเทียบมีการเจริญเติบโตดีกว่าอาหารสูตรอื่น ดังนั้นการทดลองต่อไปควรมีการปรับพลังงานให้ใกล้เคียงกันด้วย

ตารางที่ 11 แบบแสดงความสัมพันธ์ของกรดอะมิโนกับทริปโตเฟน

	National Research Council (1988)	Agricultural Research Council (1981)
กรดอะมิโน		
อาร์จินีน (Arginine)	3.0-1.0	
ฮิสติดีน (Histidine)	1.8	2.3
ไอโซลิวซีน (Isoleucine)	3.8	3.8
ลูซีน (Leucine)	5.0	7.0
ไลซีน (Lysine)	7.0-6.0	7.0
เมทไธโอนีน+ซิสทีน (Methionine+Cystine)	3.4	3.5
ฟีนิลอะลานีน+ไทโรซีน (Phenylalanine+Tyrosine)	5.5	6.7
ทรีโอนีน (Threonine)	4.0	4.2
ทริปโตเฟน (Tryptophan)	1.0	1.0
วาลีน (Valine)	4.0	4.9

ที่มา : ความต้องการโภชนะของสุกร 1988.

ส่วนปริมาณการกินอาหารของสุกรนั้น จากผลการทดลองพบว่าสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งแทนกากถั่วเหลืองทุกระดับมีปริมาณการกินอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมสูตรเปรียบเทียบ (สูตร 1) หรือสุกรทดลองทุกสูตรของอาหารมีปริมาณการกินอาหารที่ไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่ากากละหุ่งนั้นเป็นวัตถุดิบที่มีความน่ากินดีเช่นเดียวกับวัตถุดิบอาหารสัตว์อื่น ๆ ทั่วไป

สำหรับต้นทุนต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสุกรทดลอง 1 กิโลกรัมนั้น จากการคำนวณต้นทุนค่าอาหารซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 ปรากฏว่าสูตรอาหารที่ผสมกากกะหล่ำแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารระดับ 8 และ 12 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่มีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่ำกว่าสูตรอาหารเปรียบเทียบกับคือ 20.05 และ 19.75 บาท ตามลำดับ (สูตรเปรียบเทียบกับมีต้นทุนต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม เท่ากับ 20.19 บาท) ทั้งนี้เนื่องมาจากราคาต้นทุนของสูตรอาหารผสมกากกะหล่ำระดับ 8 และ 12 เปอร์เซ็นต์มีราคาต้นทุนเท่ากับ 7.91 บาท/กิโลกรัม และ 7.77 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่อาหารผสมสูตรเปรียบเทียบกับ (สูตร 1) มีราคาต้นทุนเท่ากับ 8.17 บาท/กิโลกรัม ด้วยเหตุผลที่ว่าราคาของกากถั่วเหลืองซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบเสริมโปรตีนในสูตรอาหารมีราคาสูงกว่ากากกะหล่ำ การลดสัดส่วนกากถั่วเหลืองลงโดยใช้กากกะหล่ำเข้าไปเสริมทดแทนจึงทำให้ต้นทุนต่อกิโลกรัมของอาหารผสมลดลงด้วย และเมื่อประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมทั้ง 3 สูตรไม่ต่างกันมากนัก จึงทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสุกรทดลองสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ต่ำกว่าสูตรอาหารเปรียบเทียบกับ (สูตร 1) ส่วนอาหารผสมสูตรที่ 4 ซึ่งมีกากกะหล่ำผสมอยู่ในระดับ 16 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวเท่ากับ 22.39 บาท ซึ่งสูงกว่าสูตรอาหารเปรียบเทียบกับ (สูตรเปรียบเทียบกับเท่ากับ 20.19 บาท) ทั้งนี้ เนื่องจากประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรทดลองสูตรที่ 4 ต่ำกว่าสุกรทดลองสูตรเปรียบเทียบกับมาก แม้ว่าต้นทุนต่อกิโลกรัมของอาหารผสมของสูตรที่ 4 จะต่ำกว่าสูตรเปรียบเทียบกับ (7.62 บาท/กิโลกรัม) ก็ตามจึงทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมยังคงสูงกว่าสุกรทดลองสูตรเปรียบเทียบกับเพราะต้องใช้ปริมาณอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวสูงขึ้น

สำหรับด้านสุขภาพของสุกรทดลองนั้น ไม่พบความผิดปกติให้เห็นไม่ว่าจะเป็นอาการแพ้หรืออาการอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าการใช้กากกะหล่ำขจัดสารพิษและสารปนเปื้อนในสูตรอาหารทดลองในระดับ 8-16 เปอร์เซ็นต์ ไม่ทำให้สุกรมีความผิดปกติด้านสุขภาพแต่ประการใด

4.4 วิจารณ์ผลการทดลองที่ 2

4.4.1 การเจริญเติบโต

จากการทดลองเลี้ยงสุกรอายุประมาณ 3.5 เดือนจนถึงอายุประมาณ 6.5 เดือน มีน้ำหนักประมาณ 34 กิโลกรัมจนถึงน้ำหนัก 90 กิโลกรัม พบว่าสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งแทนกากถั่วเหลืองทุกระดับในสูตรอาหารมีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสุกรทดลองที่ได้รับอาหารสูตรเปรียบเทียบกับ แต่มีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตลดลงตามปริมาณของกากละหุ่งที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ซึ่งผลการทดลองนี้เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการทดลองที่ 1 โดยเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของกากละหุ่งในสูตรอาหารทำให้อัตราการเจริญเติบโตของสุกรทดลองลดลง และในเรื่องประสิทธิภาพการใช้อาหารนั้นก็เช่นเดียวกันสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งทุกระดับในสูตรอาหารแทนกากถั่วเหลืองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญกับสุกรทดลองที่ได้รับอาหารสูตรเปรียบเทียบกับและมีแนวโน้มของประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยลงตามการเพิ่มปริมาณกากละหุ่งในสูตรอาหารลักษณะเดียวกันกับการทดลองที่ 1 เช่นกัน

สำหรับปริมาณการกินอาหารนั้น จากการทดลองพบว่าปริมาณการกินอาหารของสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งแทนกากถั่วเหลืองทุกระดับในสูตรอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมสูตรเปรียบเทียบกับ (สูตร 1) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการใช้กากละหุ่งผสมอาหารสุกรในช่วงระดับ 16 เปอร์เซ็นต์นี้ไม่มีผลต่อการกินอาหารของสุกรขุนแต่อย่างใด

ส่วนในเรื่องต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสุกรทดลอง จากผลการทดลองที่ 2 ปรากฏว่าสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารเท่านั้นที่มีต้นทุนต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมเท่ากับ 24.42 บาท ซึ่งต่ำกว่าสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมสูตรเปรียบเทียบกับ

(สูตร 1) ส่วนสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งระดับ 12 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารจะมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เท่ากับ 25.06 บาท สูงกว่าสูตรเปรียบเทียบกับเล็กน้อย (สูตรเปรียบเทียบกับมีต้นทุนค่าอาหารเท่ากับ 24.87 บาท) และอาหารผสมกากละหุ่งระดับ 16 เปอร์เซ็นต์มีต้นทุนค่าอาหารสูงกว่าสูตรเปรียบเทียบกับมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากต้นทุนต่อกิโลกรัมของอาหารผสมลดลงตามสัดส่วนของกากละหุ่งที่เพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรทดลองก็ด้อยลงด้วย ซึ่งต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวนี้ก็เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการทดลองที่ 1 เมื่อมีการคำนวณผลตอบแทนที่ได้จากการเลี้ยงสุกรพบว่า สุกรทดลองอาหารสูตรที่ 2 จะให้กำไรสูงสุดรองลงมาคืออาหารสูตรเปรียบเทียบกับที่ยังคงให้ผลตอบแทนสูงกว่าสูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 แต่ผลตอบแทนที่ได้รับค่อนข้างน้อยเนื่องจากในช่วงของการทดลอง สุกรมีราคาตกต่ำในขณะที่ราคาวัตถุดิบไม่เปลี่ยนแปลง

ในเรื่องสุขภาพของสุกรทดลองของการทดลองที่ 2 นี้ ไม่มีอาการผิดปกติให้เห็นเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

4.4.2 วิเคราะห์ผลการวิเคราะห์ซากและน้ำหนักตัว

จากผลการวิเคราะห์น้ำหนักก่อนฆ่า น้ำหนักซากอุ่นและน้ำหนักซากเย็นของสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งทุกระดับแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสุกรทดลองที่ได้รับอาหารสูตรเปรียบเทียบกับแสดงให้เห็นว่าการเสริมกากละหุ่งในสูตรอาหารไม่มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักซากของสุกรแต่อย่างใด

ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ซากและความยาวซากของสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งทุกระดับแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับสุกรทดลองที่ได้รับอาหารสูตรเปรียบเทียบกับ แสดงให้เห็นว่าการใช้กากละหุ่งเสริมในสูตรอาหารเลี้ยงสุกรในระดับที่ทำการทดลองไม่ทำให้ความยาวซากและเปอร์เซ็นต์ซากแตกต่างไปจากสุกรทดลองที่ใช้สูตรอาหารตามปกติ

ความหนาแน่นสันหลังซากและเปอร์เซ็นต์ไขมันจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติของสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งทุกระดับแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสุกรทดลองสูตรอาหารเปรียบเทียบกับ แต่แนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ไขมันในสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งสูงกว่าสุกรทดลองอาหารสูตรเปรียบเทียบกับ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเสริมไขมันในสูตรอาหารผสมกากละหุ่งแต่ไม่เสริมในอาหารสูตรเปรียบเทียบกับทำให้สุกรมีการสะสมไขมันต่างจากสุกรทดลองอาหารสูตรเปรียบเทียบกับเพราะสุกรที่มีการเจริญเติบโตสมบูรณ์แล้วจะมีการสะสมไขมันที่ได้จากอาหารมากกว่าการสร้างเนื้อเยื่อของร่างกาย

สำหรับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันจากผลการวิเคราะห์พบว่าสุกรทดลองแต่ละกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งแทนกากถั่วเหลืองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสุกรทดลองอาหารสูตรเปรียบเทียบกับแต่แนวโน้มของเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของสุกรทดลองอาหารผสมกากละหุ่งทุกระดับลดลงเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปริมาณของเยื่อใยที่มีในอาหารผสม ดังที่กล่าวมาแล้วจากการทดลองที่ 1 ทำให้สุกรทดลองได้พลังงานและโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของร่างกายและการเพิ่มเนื้อเยื่อในร่างกายลดลงและเปอร์เซ็นต์เนื้อสันนอกเนื้อสันในและเนื้อสามชั้นของสุกรทดลอง จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งทุกระดับในสูตรอาหารแทนกากถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์เนื้อสันนอกและเปอร์เซ็นต์เนื้อสามชั้น แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับสุกรทดลองสูตรอาหารเปรียบเทียบกับแต่ปริมาณเนื้อสันนอกมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มของปริมาณกากละหุ่ง น่าจะเป็นผลมาจากประสิทธิภาพการใช้อาหารที่เลวลงในการใช้อาหารที่เท่ากันสามารถสร้างเนื้อเยื่อได้น้อยลง ส่วนเปอร์เซ็นต์เนื้อสามชั้นมีแนวโน้มสูงขึ้นจากการสะสมไขมันที่เพิ่มขึ้น สำหรับเปอร์เซ็นต์เนื้อสันในจากการวิเคราะห์พบว่ามีเพียงอาหารสูตรที่ 2 เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับสุกรทดลองสูตรอื่นซึ่งน่าจะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของสุกรทดลองมากกว่าที่จะเป็นผลเนื่องมา

จากอาหารเพราะเนื้อสันในของสุกรทดลองอาหารสูตร 3 และสูตร 4 ไม่ต่างจากสูตรที่ 1

อีกลักษณะที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลคือน้ำหนักตับ จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งระดับ 12 และ 16 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารมีน้ำหนักที่แตกต่างกันทางสถิติกับสุกรทดลองอาหารสูตรเปรียบเทียบ ส่วนสุกรทดลองอาหารผสมกากละหุ่งระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสุกรทดลองอาหารสูตรเปรียบเทียบ คือ น้ำหนักตับของสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งในระดับที่สูงขึ้นจะทำให้น้ำหนักตับเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากตามปกติตับจะมีหน้าที่ในการกำจัดสารพิษและสารแพ้ที่จะเป็นอันตรายต่อร่างกายสัตว์และกากละหุ่งซึ่งนำมาผสมในอาหารสัตว์เป็นวัตถุดิบที่มีทั้งสารพิษและสารแพ้ที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ แม้ว่าการนำกากละหุ่งมาใช้จะสามารถจะขจัดปริมาณของสารพิษและสารแพ้ได้มากที่สุดเพื่อความปลอดภัยต่อสัตว์ก็ตาม แต่ปริมาณสารพิษและสารแพ้มีการตกค้างบ้าง จากการวิเคราะห์ปริมาณสารแพ้ CB-1A ในสูตรอาหาร พบว่า ปริมาณสารแพ้เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มกากละหุ่ง ทำให้ตับซึ่งมีหน้าที่ในการกำจัดสารพิษสารแพ้มีการเพิ่มพื้นที่เพื่อการกำจัดสารพิษสารแพ้จึงทำให้น้ำหนักตับของสุกรทดลองซึ่งได้รับอาหารผสมกากละหุ่งระดับที่สูงเพิ่มขึ้นด้วย

จากการวิเคราะห์คุณภาพซากสามารถเปรียบเทียบกับมาตรฐานได้ว่าการใช้กากละหุ่งผสมในอาหารยังคงทำให้คุณภาพซากอยู่ในมาตรฐาน (51)

ปริมาณสารแพ้ที่ได้จากการวิเคราะห์ในสูตรอาหารมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของกากละหุ่งในสูตรอาหาร แสดงว่า การขจัดสารแพ้ในกากละหุ่งยังไม่สามารถขจัดได้ทั้งหมด จึงทำให้พบสารแพ้ในสูตรอาหารผสมกากละหุ่ง

5.1 สรุปการวิจัย

ในการศึกษาการนำกากละหุ่งขจัดสารพิษและสารแพ้ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันจากเมล็ดละหุ่งในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันละหุ่งมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารเสริมโปรตีน ในอาหารสำหรับเลี้ยงสุกรระยะรุ่นและขุนแทนกากถั่วเหลืองนั้น แม้จะสามารถใช้ประโยชน์ได้โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ และไม่มีผลกระทบต่อภาระเพื่อก่อนการเจริญเติบโตของสัตว์ก็ตาม แต่จากผลการทดลองทั้ง 2 การทดลองจะชี้ให้เห็นว่าสามารถนำกากละหุ่งขจัดสารพิษและสารแพ้ผสมในอาหารสำหรับเลี้ยงสุกรระยะรุ่นและขุน เพื่อเป็นแหล่งเสริมโปรตีนได้ในระดับไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร หรือสามารถใช้กากละหุ่งทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารได้ประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ในสุกรระยะรุ่นโดยไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตและสามารถใช้กากละหุ่งทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารของสุกรขุนได้ประมาณ 49 เปอร์เซ็นต์โดยไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับสุกรรุ่น ทั้งนี้จากการเปรียบเทียบสัดส่วนของกากละหุ่งและกากถั่วเหลืองที่ใช้ผสมในสูตรอาหาร ซึ่งข้อจำกัดในการใช้กากละหุ่งเป็นอาหารเสริมโปรตีนในสูตรอาหารก็เนื่องจากปริมาณเยื่อใยในกากละหุ่งซึ่งมีปริมาณสูงทำให้อาหารผสมกากละหุ่งมีเยื่อใยสูงขึ้นด้วย และเยื่อใยเป็นข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ของโปรตีนและพลังงานในอาหารซึ่งได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4

ส่วนต้นทุนต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสุกรทดลอง 1 กิโลกรัมในสุกรรุ่นนั้น ในสภาพราคาวัตถุดิบในตารางภาคผนวก ค. ตารางที่ 3 การใช้กากละหุ่งเสริมโปรตีนในสูตรอาหารระดับ 8 และ 12 เปอร์เซ็นต์จะทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่ำกว่าสูตรอาหารที่ไม่ผสมกากละหุ่งที่

ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากต้นทุนต่อกิโลกรัมของอาหารผสมกากละหุ่งต่ำกว่า สูตรอาหารปกติ แต่ต้นทุนต่อการเพิ่มน้ำหนักสุกร 1 กิโลกรัมในสุกรขุนของการใช้กากละหุ่งผสมในสูตรอาหารระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ต่ำกว่าสูตรเปรียบเทียบ ส่วนอาหารผสมกากละหุ่งระดับ 12 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารมีค่าใกล้เคียงกับสูตรเปรียบเทียบ แสดงว่าการใช้กากละหุ่งจัดสารพิษและสารแพ้ในระดับ 12 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารสามารถใช้ประโยชน์ได้ไม่ต่างจากอาหารสุกรที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เมื่อมีการคำนวณมูลค่าสุกรจากราคาจำหน่ายเปรียบเทียบกับต้นทุนค่าอาหารแล้ว อาหารสูตรที่ 2 จะให้ผลตอบแทนสูงสุด รองลงมาคือสูตรเปรียบเทียบ และสูตรที่ 3 มีผลตอบแทนใกล้เคียงกับสูตรเปรียบเทียบสำหรับการวิเคราะห์ซากของสุกรขุน พบว่าลักษณะและคุณภาพซากของสุกรทุกลักษณะไม่มีสิ่งใดผิดปกติไปจากลักษณะและคุณภาพปกติของซากที่จะเป็นสาเหตุของกากละหุ่งในสูตรอาหาร นอกจากลักษณะเฉพาะตัวของสุกรที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ของเนื้อสันในของสุกรทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากละหุ่งระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารแตกต่างจากสุกรทดลองกลุ่มอื่น และที่นอกเหนือออกไปจากลักษณะซากของสุกรคือ น้ำหนักของตับที่สูงขึ้น เมื่อมีการเพิ่มปริมาณกากละหุ่งในสูตรอาหาร ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าปริมาณของสารพิษสารแพ้ในกากละหุ่งที่ยังอาจเหลือตกค้างอยู่มีปริมาณมากขึ้นในสูตรอาหารทำให้สุกรทดลองต้องมีการสะสมสารพิษและสารแพ้ในตับเพิ่มขึ้นด้วย

ดังนั้นกากละหุ่งที่ผ่านการขจัดสารพิษและสารแพ้แล้วนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบอาหารสุกรรุ่น-ขุนได้ โดยการปรับสัดส่วนของโภชนะในสูตรอาหารให้มีความเหมาะสมตามสูตรที่ใช้ในการทดลอง กากละหุ่งจึงเป็นวัตถุดิบอีกตัวหนึ่งที่น่าพิจารณาในการนำมาใช้ นอกจากนี้สารพิษและสารแพ้ในกากละหุ่งที่ใช้ทำปุ๋ยซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ใช้และมีการแพร่กระจายได้ในสภาพแวดล้อม เมื่อนำมาใช้ในอาหารสัตว์จะลดปัญหานี้ไป เพราะสารพิษและสารแพ้ถูกทำลายลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากผลสรุปของการทดลองสามารถใช้กากละหุ่งขจัดสารพิษและสารปนเปื้อนในการเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับเลี้ยงสุกรได้ในระดับที่เหมาะสมคือ 12 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองได้อย่างปลอดภัย ซึ่งควรมีการศึกษาต่อไปว่าอาจจะสามารถใช้กากละหุ่งขจัดสารพิษและสารปนเปื้อนได้สูงขึ้นกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ หากมีการปรับสัดส่วนของโภชนะในสูตรอาหารให้มีความสมดุลย์ใหม่โดยต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมต้องไม่สูงกว่าต้นทุนของสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรอยู่เป็นปกติ

5.2.2 ควรมีการนำกากละหุ่งที่ขจัดสารพิษและสารปนเปื้อนทดลองใช้ผสมในอาหารชั้นของโคด้วยเพื่อการใช้ประโยชน์ให้ได้กว้างขึ้นจากการที่จะใช้เฉพาะสัตว์กระเพาะเคี้ยวเท่านั้น

5.2.3 จากการเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของกากละหุ่งกับกากถั่วเหลืองด้วยปริมาณไขมัน ราคาของไขมันที่ใช้ประโยชน์ได้ของกากละหุ่งจะต้องไม่สูงกว่าไขมันของกากถั่วเหลืองจึงจะเป็นการใช้ประโยชน์จากกากละหุ่งได้อย่างเหมาะสม

5.2.4 ในการใช้กากละหุ่งเพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้นต้องมีการหาค่าการย่อยของอาหารที่แท้จริงในตัวสัตว์เพื่อจะสามารถนำกากละหุ่งมาใช้ประโยชน์ได้เหมาะสมยิ่งขึ้น

5.2.5 การเพิ่มสัดส่วนของกากละหุ่งขจัดสารพิษและสารปนเปื้อนในสูตรอาหารทดลอง พบว่าน้ำหนักของตับของสุกรทดลองเพิ่มขึ้น จึงควรนำตับไปวิเคราะห์สารพิษสารปนเปื้อนและทำการตรวจวัดสารพิษสารปนเปื้อนในอวัยวะและเนื้อเยื่อส่วนอื่นด้วยเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค



บรรณานุกรม

1. กษิติศัพท์ อื้อเขียวชาญกิจ. ผลการใช้กากมะหุ้งขจัดสารพิษและสารแพ้เป็นอาหารสุกร. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ , 2532 : 137-147.
2. กรมพัฒนาที่ดิน. แนวนโยบายการใช้ที่ดินเพื่อผลิตมะหุ้ง. กรุงเทพฯ : เอกสารเผยแพร่ของกรมพัฒนาที่ดิน 2525 : 4-25.
3. เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ. ผลของอายุ การเก็บและระดับการใช้กากกล้วยตากทดแทนกากกล้วยเหลืองในสูตรอาหารไก่กระตัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาการผลิตสัตว์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2532 : 7.
4. จรัญ จันทลักษณ์. สถิติ : วิธีวิเคราะห์และการวางแผนการทดลอง.4. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช จำกัด 2523 : 136-141, 165-179.
5. จารุรัตน์ เศรษฐภักดี. อาหารสัตว์เศรษฐกิจ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ : 2528 : ภาคผนวกที่ 1.
6. ชัยณรงค์ คันทพนิต. เทคนิคการตัดแต่งเนื้อสัตว์. ใน : เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม : 2530 : 15 หน้า.
7. ดุสิต ศิริพงษ์, อารีย์ อรัญญวัฒน์, ไสว พงษ์เก่า, พิระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, วัชรินทร์ บุญวัฒน์ และสุรพล อุดิสสกุล. พืชเศรษฐกิจ (เล่ม 1). กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2525 : 256-287.
8. บริษัทสยามน้ำมันมะหุ้งจำกัด. อุตสาหกรรมน้ำมันมะหุ้งของไทย. กรุงเทพฯ : เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ 2530 : 1-32.
9. ประทุม สุริหาร และสมบูรณ์ ศุภเจียรพันธ์. การเป็นพิษของมะหุ้ง. วารสารกสิกร 2527 ; ปีที่ 57, ฉบับที่ 5 : 323-325.

10. โรลิต สมิทธิสวัสดิ์. ละหุ่งและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง. วารสารเศรษฐกิจ 2531 ; ปีที่ 20, ฉบับที่ 8 : 448-452.
11. วินัย ประลัมภ์กาญจน์. การผลิตสุกร. 1. กรุงเทพมหานครการพิมพ์. เกษตรไทย 2527 ; 176-181, 252-273.
12. สาโรช คำเจริญ. อาหารและการให้อาหารสัตว์เลี้ยง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2523. 280 หน้า.
13. สุรพล อุปติสสกุล. การตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย. 1. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 2528 ; 7-17.
14. สุรพล อุปติสสกุล. สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แอ็สแอสการพิมพ์, 2529 : 12-52.
15. สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค. พืชจากกากละหุ่ง. ใน : 30 เมษายน วันคุ้มครองผู้บริโภค. ทำเนียบรัฐบาล, 2525 : 82-83.
16. สำนักงานเสริมสร้างเอกลักษณ์ของชาติ. เพื่อชีวิตที่ดีขึ้น. กรุงเทพฯ : สำนักงานเลขาธิการนายกรัฐมนตรี ทำเนียบรัฐบาล 2527 : 54-56.
17. อนันต์ พลธานี. งา ละหุ่ง และการปลูกพืชแซม. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2526 : 61-101.
18. อุทัย คັນโช. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ กำแพงแสน 2529 ; 244-253.
19. A dictionary of the economic products of the Malay peninsula. RICINUS. Malaysia, Vol II (I-Z) : 1940-1945.
20. Albin R.C., Davis W., Zinn D.W. The Utilization of Castor Meal in Livestock Rations. Department of Animal Husbandry. Texas Technological Collage 1968 : 1-12.

21. Anusasananant Nongyao. Influence of Fiber sources and levels on amino acid digestibility in cannulated pigs. Ph.D. Thesis in Animal Science. Division of Nutrition Department of Animal Science, Graduate School, Seoul National University, 1990: 99-102.
22. Apen E.M., Jr, Cooper W.C., Horton R.J.M., and Scheel L.D. Health Aspects of Castor bean dust. In. Review and Bibliography. U.S. of Department of Health, Education and Welfare. Public Health Service Bureau of Disease Prevention and Environmental Control Cincinnati, Ohio : 1967 : 5-20.
23. Assis, Francisco de Paulo, Puad Naufel, Alfonso G.A. Tundisi, Geraldo Leme Da Rocha, T.Siguerira Branco, Monod Becker and Benjamin Cintra. The value of the detoxicated castor seed meal in the diet of diary cows, compared to cotton-seed and peanus meal. Bio Chem Ani 1962 ; 20 : 35-38. Abstracts.
24. Boland J.P., Bickel H., Pfirter H.P., Wenk C.P. and Schurch A. Respiration calorimetry studies with growing pigs fed diets containing from three to twelve percent crude fiber. J Anim Sci 1970 ; 39 : 494-525.
25. Bris, E.J. and Algeo, J.N. Castor bean byproducts for cattle rations. Feedstufts 1970 ; 42(20) : 26-28.

26. Eggum B.O., Thorbek G., Beames R.M., Chwalibog A. and Henckel S. Influence of diet and microbial activity in the digestive tract on digestivity, and nitrogen and energy metabolism in rat and pigs. Br J Nutr 1982 ; 48 : 161-175.
27. Food Protein Research and Development Center. The production of non toxic castor meal free of allergen. 1. Texas 1986 ; 16-18, 72, 109-110.
28. Frank G.R., Aherne F.X. and Jensen A.H. A study of the relationship between performance and dietary component digestibilities by swine fed different levels of dietary fiber. J Anim Sci 1983 ; 57(3) : 645-653.
29. Fuller G., Walker H.G, Jr., Mottola A.C., Kuzmicky D.D. and Kohler G.O. Potential for Detoxified Castor Meal. J Am Oil Chem Soc 1970 ; 37 : 142-148.
30. Gardner, H.K. Jr, D' Aguin E.L, Koltun S.P, Mc Courtney E.J., Vise H.L.E and Gastrock E.A. Detoxification and Deallerginization of Castor bean. J am Oil Chem Soc 1960 ; 37 : 142-148.
31. Hinkson J.W., Elliger C.A. and Fuller G. The Efect of Ammoniation Upon Ricinine in Castor Meal. J Am Oil Chem Soc 1972 ; 49 : 196-199.
32. Jenkins, F.P. Allergenic and Toxic components of castor bean meal Review of the literature and studies of the inactivation of these components. J Sci Food Agri 1963 ; 14 : 773-780.

33. Jones, D.B. Proteins of the Castor Bean. Their preparation, Properties and Utilization. J Am oil Chem Soc 1974 ; 24 : 247.
34. Kass M.L., Van Soest P.J., and Pond W.G. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. II. Volatile fatty acid concentrations in and disappearance from the gastrointestinal Tract. J Anim Sci 1980 ; 50(1) : 192-196.
35. Kulkarni L.G. and Ramanamurthy G.V. Castor. NEW DELHI : Indian council of agricultural research, 1977 : 1-20.
36. Layton L.L. Castorbean Allergens in Tissues of Catfish Reared on a Diet Containing Castorbean Pomace. J Sci Food Agric 1977; 28 : 399-404.
37. Marion P.T. Castor Meal. A New protein supplement. Am Soc Ani Sci. 1967 ; 18 : 153-160.
38. Mcward G.W., Becker D.E., Norton H.W., Terrill H.W. and Jensen A. H. The lysine requirement of weanling swine at two levels of dietary protein. J Anim Sci 1959 ; 18 : 1059-1066.
39. Meade R.J. and Teter W.S. The Influence of L-lysine supplementation of 12, 14 and 16 perent protcin corn-soybean oil meal diets upon nitrogen balance of growing swine J Nutr 1956 ; 60 : 609-617.
40. Mottola A.C., Hendrickson A.p., O' Connell D.E., Paltern R., and Kohler G.O. Polot Plant Deactivation of Castor Meal Antigan Lime Process. J Agric Food Chem 1968 ; 16(5) : 725-729.

41. Mottola A.C., Mackey B. and Herring V. Castor Meal Antigen Deactivation Pilot Plant Steam Process. J Am Oil Chem Soc 1971 ; 48 : 510-513.
42. Mottola A.C., Mackey B., Herring V. and Kohler G. Castor Meal Antigen Deactivation Pilot Plant Ammonia Process. J Am oil Chem Soc 1972 a ; 49 : 101-105.
43. Mottola A.C., Mackey B., Walker H.G., and Kohler G.O. Caster Meal Antigen Deactioation Pilot Plant Lime Process. J am Oil Chem Soc 1972 b; 49 : 662-664.
44. Murase, Katsuhiko, Kusakawa S.et al. On the Toxicity of ricinine contained in Castor meal. J Agri Chem Soc. Japan 1966 ; 40(2) : 61-66. Illus. Biological Abstracts.
45. National Research Council. Nutrient Requirements of swine. Ninth Revised Edition. National Academy Press Washington, D.C. 1988.
46. Okoye J.O.A., Enunwaonye C.A., Okaric A.U. and Anugwa F.O.I. The feeding value of roasted Castor oil bean (Ricinus Communis) to growing chicks. Qualitas plant arum : Plant Foods for Human Nutrition 1987 ; 37(2) : 97-102.
47. Polit P.F. and Sgarbieri V.C. Some physiochemical and Nutritional Properties of Castor Bean (Ricinus Communis) Protein J Agric Food Chem 1976 ; 24(4) : 795-798.

48. Purushotham N.P., RAO M.S. and Raghavan G.V.
Utilization of castor bean meal in the concentrate mixture of sheep. Tndian J Ani Sci 1986 ; 56(10) : 1090-1093.
49. Rao. MS, Raghavon G.V., Reddy M.R. and Mahendar M. Studies on the pathology of experimental feeding of detoxified castor bean meal (Ricinus Communis) in sheep. J Tndlian Vet 1986 ; 63(11) : 944-946.
50. Spies J.R. and Coulsan E.J. Antigenic specificity relationships of castor bean meal, pollen, and allergenic fraction, CB-1A, of Ricinus communis. J Allergy 1965 ; 36(5) : 423-432.
51. TAE-Young Thak. Integrated Systems of swine production in Korea. Livestock Experiment Station. Rural Development Administration. Korea. 1989 ; 1-19.
52. Taylor A.J., Cole D.J.A., and Levis D. Amino acid requirements of growing pig.1. Effects of reducing protein level in diets containing high levels of lysine. J Anim Proc. 1979 ; 29 : 327-338.
53. Taylor A.J., D.J.A. and Lewis D. Amino acid requirements of growing pigs 2. Identification of the limiting amino acid(s) in a low-protein diet supplemented with lysine. J Anim. Prod 1981 ; 33 : 87-97.
54. Tomme'M.F., Makhaew E.A., Lepnova V.I. Eeffect of fibre content on growth and productivity of fattening pigs USSR. Biological Abstracts 1966 ; 47 (1).

55. United Nations. Castor oil production and processing.
New York, 1974 : 1-20.
56. Vilhjalmsdottir L. and Fisher H. Castor Bean Meal
as a Protein Source for Chickens : Detoxification
and Determination of Limiting Amino Acids.
J Nutrition 1971 ; 101 : 1185-1192.
57. Waller, G.R and Negi, S.S. Isolation of Ricin, Ricinine,
and the Allergenic Fraction from Castor Seed Pomace
from Two Different Sources. J Am oil Chem Soc 1958 ;
35 : 409.
58. Walker H.G., Jr. Feed use of Castor meal. Western
Regional Research Laboratory, Agricultural Research
Service, U.S. Department of Agriculture, Albany,
California : 1966 :: 1-7.



ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทดลองที่ 1 ตามแผนการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCB) จากสุกกระทดลอง

ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตของสุกกระทดลอง (กรัม/ตัว/วัน)

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	461	326	332	265	388	1772	354
2	433	478	277	264	293	1745	349
3	446	269	270	318	400	1703	341
4	401	326	263	259	264	1513	303
Block Total	1741	1399	1142	1106	1345	6733	1347

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโตของสุกรหย่านม

SOV	df	ss	MS	F
Block	4	64512.25	16128.06	5.23**
Treatment	3	8212.90	2737.63	0.89 ^{ns}
Error	12	36971.35	3080.95	
Total	19	109696.50		

** = significance at 0.01

ns = non significance

ตารางที่ 3 ปริมาณการกินอาหารของสุกรหย่านม (กรัม/ตัว/วัน)

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	1000	900	780	750	980	4410	882
2	1000	1120	720	680	830	4350	870
3	1030	780	780	720	940	4250	850
4	1020	980	770	710	890	4370	874
Block Total	4050	3780	3050	2860	3640	17380	3476

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จริงจากการทดลอง

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณการกินอาหารของสุกรหย่านม

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	261536.25	65384.06	11.63**
Treatment	3	2780.00	926.67	0.165 ^{ns}
Error	12	67463.75	5621.98	
Total	19	331780		

** = significance at 0.01

ns = non significance

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรหย่านม

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	2.18	2.77	2.35	2.54	2.53	12.37	2.47 ⁿ
2	2.30	2.35	2.60	2.59	2.83	12.67	2.53 ⁿ
3	2.30	2.91	2.90	2.26	2.34	12.71	2.54 ⁿ
4	2.68	3.01	2.91	2.72	3.37	14.69	2.94 ⁿ
Block Total	9.46	11.04	10.76	10.11	11.07	52.44	10.48

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จริงจากการทดลอง

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการใช้อาหาร

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	0.48	0.120	2.26 ^{ns}
Treatment	3	0.68	0.227	4.28 [*]
Error	12	0.64	0.053	
Total	19	1.80		

* = significance at 0.05

ns = non significance

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้อาหารระหว่างสูตรโดยวิธีของ
Duncan's New multiple range test.

	X1	X2	X3	X4
X1		0.06	0.07	0.47*
X2			0.01	0.41*
X3				0.47*
X4				

X1 X2 X3 X4

ตารางที่ 8 ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของสุกรหย่านม (บาท)

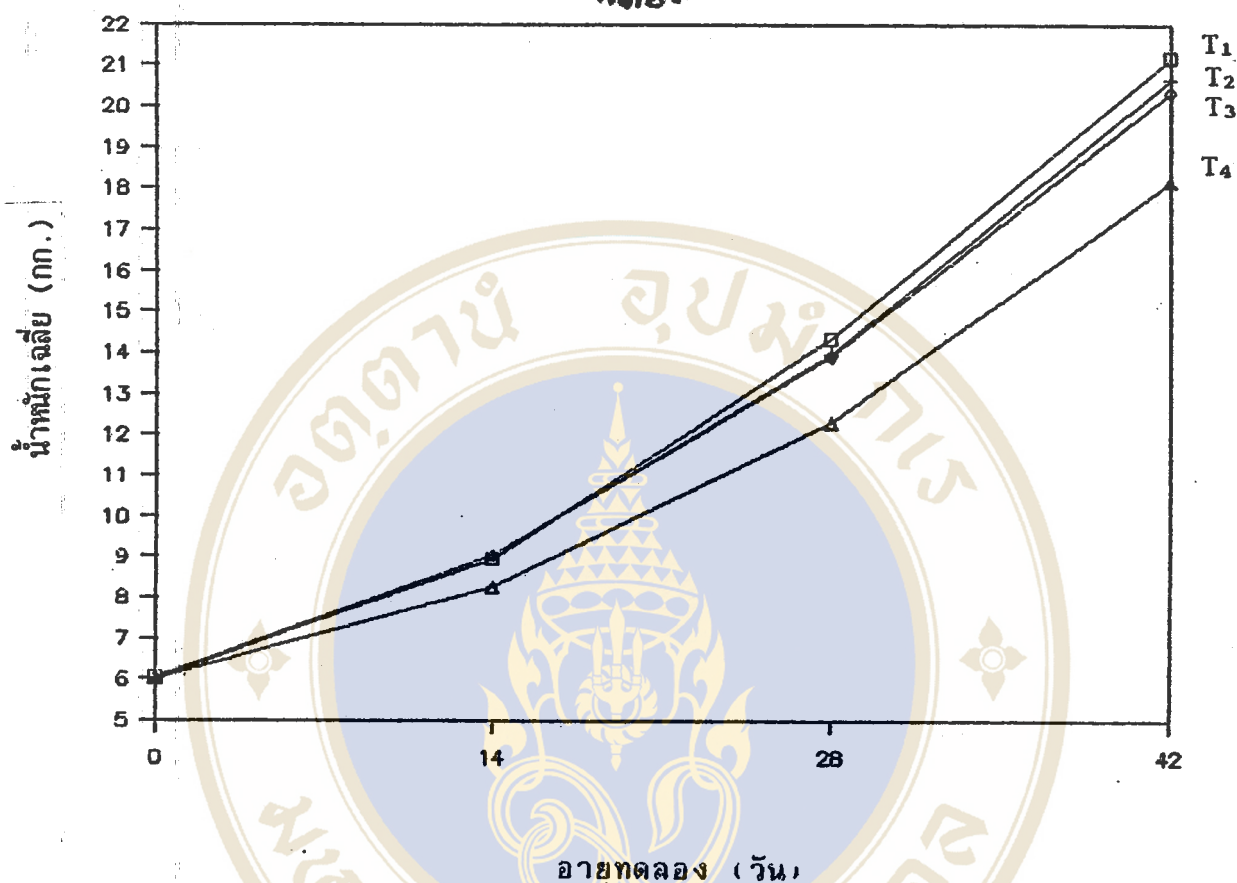
Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	17.79	22.60	19.18	20.73	20.65	100.95	20.19
2	18.18	18.59	20.57	20.49	22.39	100.23	20.05
3	17.87	22.61	22.53	17.56	18.18	98.75	19.75
4	20.42	22.94	22.17	20.73	25.68	111.94	22.39
Block Total	74.27	86.74	84.45	79.51	86.90	411.87	63.20

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสุกรหย่านม

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	29.43	7.36	2.22 ^{ns}
Treatment	3	21.97	7.32	2.21 ^{ns}
Error	12	39.70	3.31	
Total	19	91.10		

ns = non significance



ภาพผนวกที่ 1 น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยของสุกรหย่านม

นน. เริ่มต้น

นน. เมื่ออายุทดลอง 14 วัน

$$T_1 = 6.05$$

$$T_1 = 8.95$$

$$T_2 = 5.99$$

$$T_2 = 9.03$$

$$T_3 = 6.03$$

$$T_3 = 9.04$$

$$T_4 = 6.02$$

$$T_4 = 8.25$$

นน. เมื่ออายุทดลอง 28 วัน

นน. เมื่ออายุทดลอง 42 วัน

$$T_1 = 14.32$$

$$T_1 = 21.19$$

$$T_2 = 13.94$$

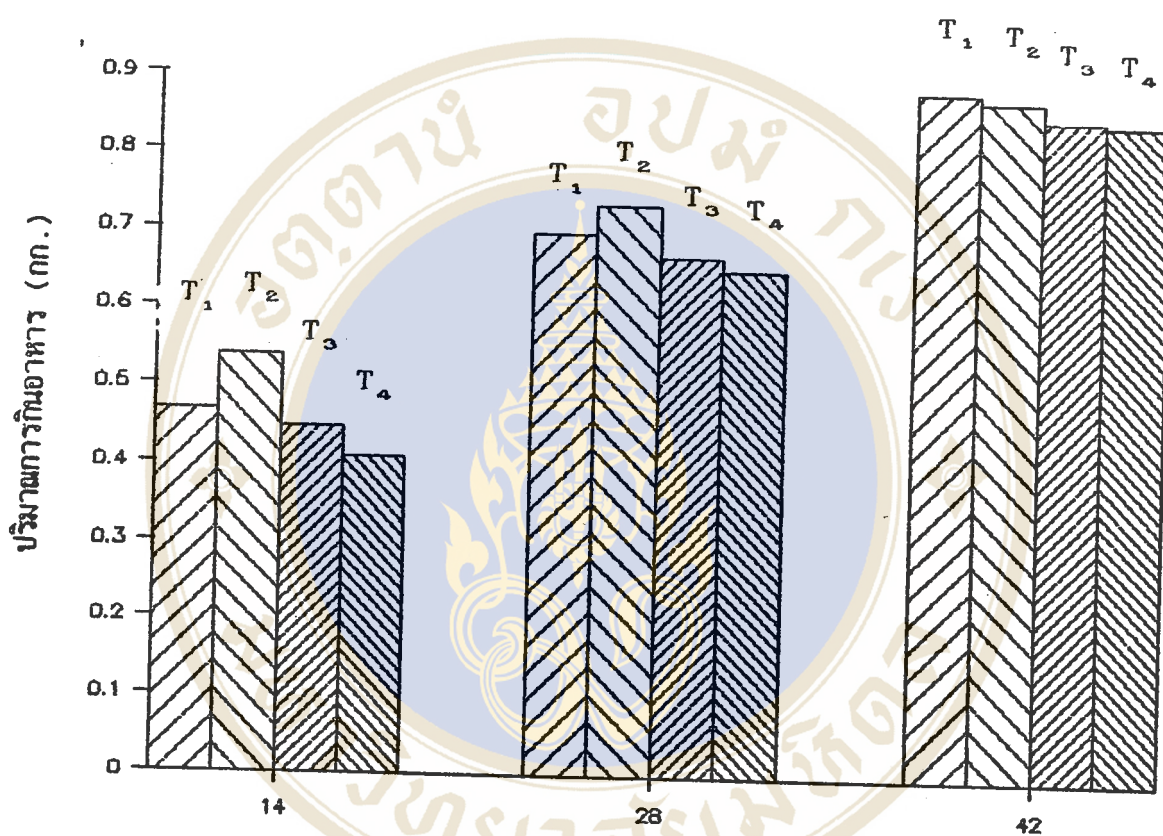
$$T_2 = 20.66$$

$$T_3 = 13.89$$

$$T_3 = 20.34$$

$$T_4 = 12.30$$

$$T_4 = 18.14$$



อายุทดลอง (วัน)

ภาพผนวกที่ 2 แสดงปริมาณการกินอาหารเฉลี่ย (กิโลกรัม/ตัว/วัน)

อายุทดลอง 14 วัน

$$T_1 = 0.468$$

$$T_2 = 0.539$$

$$T_3 = 0.447$$

$$T_4 = 0.409$$

อายุทดลอง 28 วัน

$$T_1 = 0.698$$

$$T_2 = 0.733$$

$$T_3 = 0.668$$

$$T_4 = 0.652$$

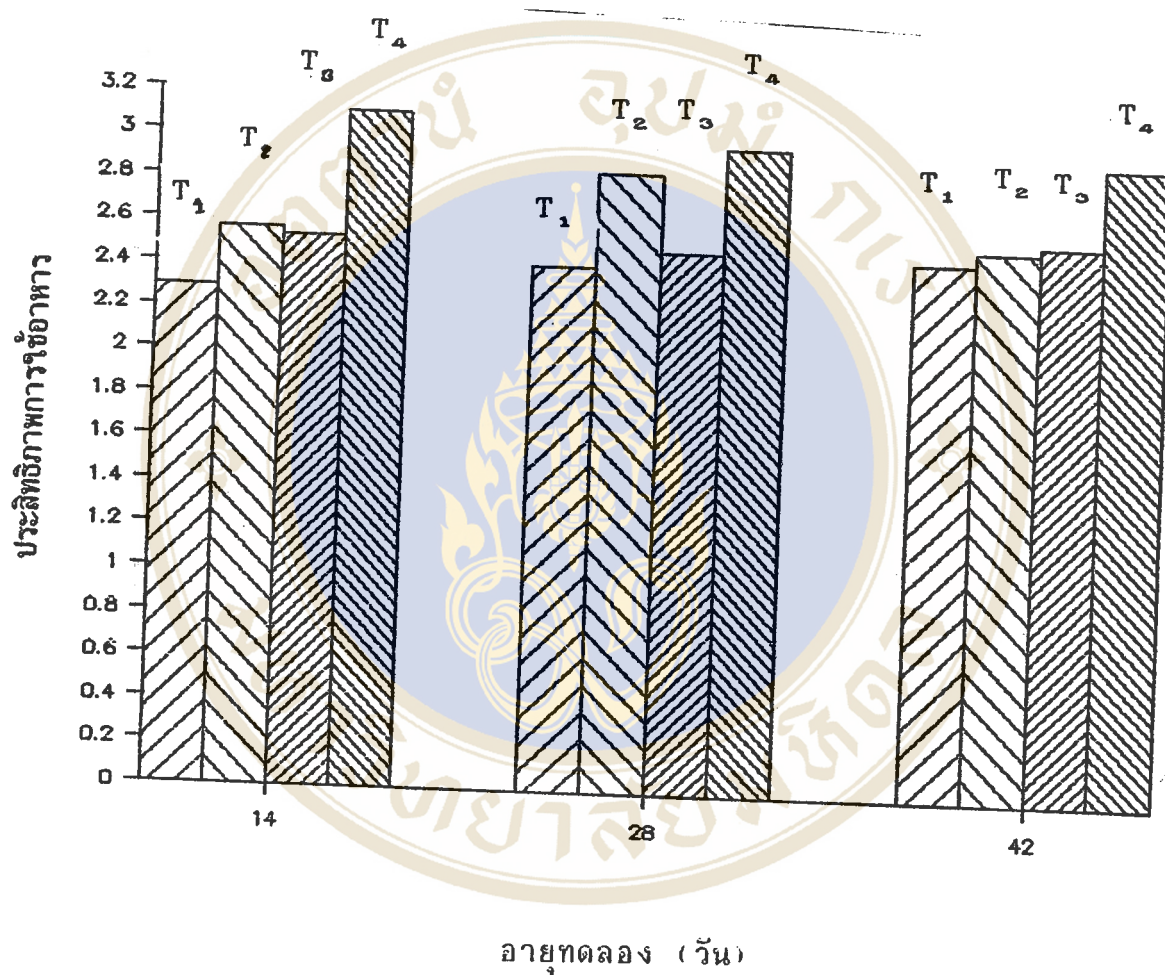
อายุทดลอง 42 วัน

$$T_1 = 0.882$$

$$T_2 = 0.872$$

$$T_3 = 0.849$$

$$T_4 = 0.845$$



ภาพผนวกที่ 3 แสดงประสิทธิภาพการใช้อาหาร

อายุทดลอง 14 วัน

$$T_1 = 2.29$$

$$T_2 = 2.56$$

$$T_3 = 2.53$$

$$T_4 = 3.10$$

อายุทดลอง 28 วัน

$$T_1 = 2.41$$

$$T_2 = 2.85$$

$$T_3 = 2.49$$

$$T_4 = 2.97$$

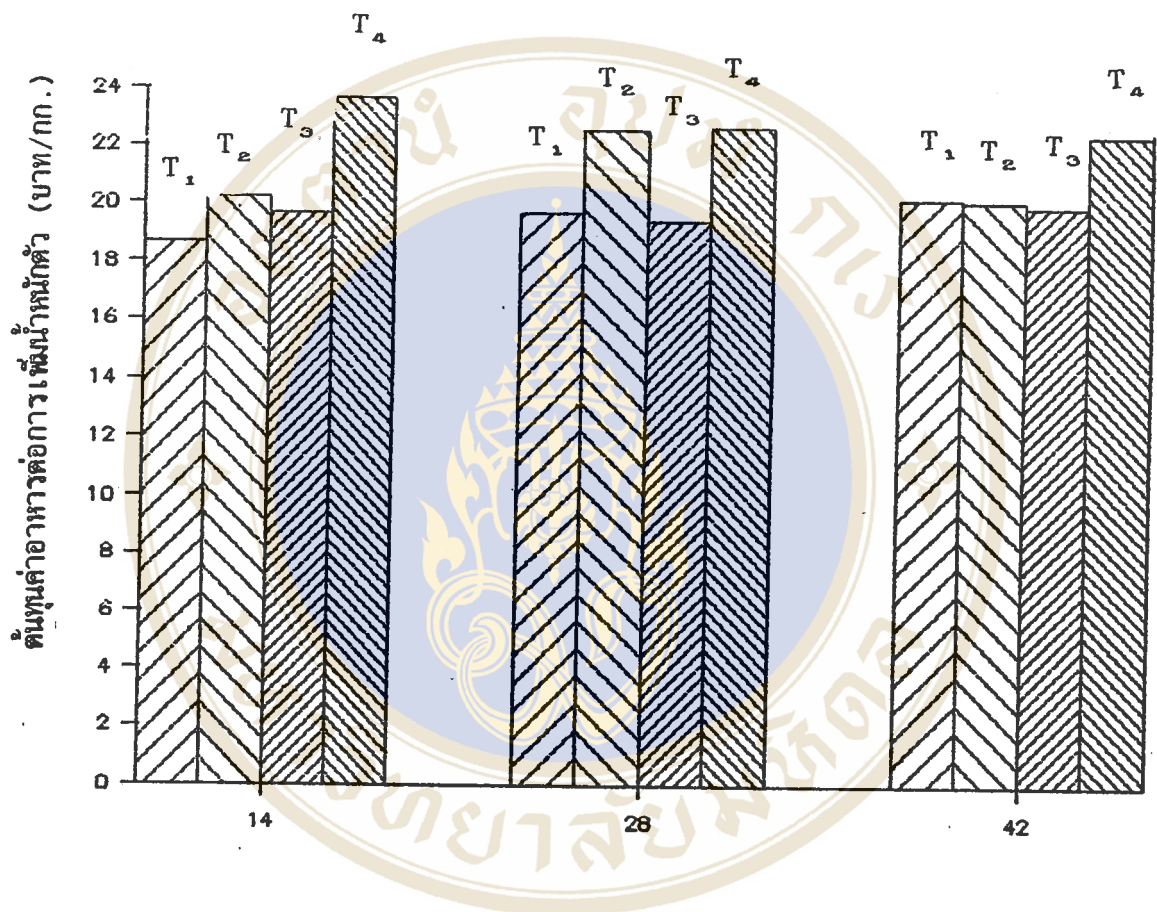
อายุทดลอง 42 วัน

$$T_1 = 2.47$$

$$T_2 = 2.53$$

$$T_3 = 2.56$$

$$T_4 = 2.93$$



อายุทดลอง (วัน)

ภาพผนวกที่ 4 แสดงต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (บาท/กก.)

อายุทดลอง 14 วัน

$$T_1 = 18.67$$

$$T_2 = 20.22$$

$$T_3 = 19.67$$

$$T_4 = 23.64$$

อายุทดลอง 28 วัน

$$T_1 = 19.67$$

$$T_2 = 22.53$$

$$T_3 = 19.38$$

$$T_4 = 22.60$$

อายุทดลอง 42 วัน

$$T_1 = 20.19$$

$$T_2 = 20.05$$

$$T_3 = 19.89$$

$$T_4 = 22.31$$



ภาคผนวก ข.

ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตของสุกรขุนจากการทดลองที่ 2 (กรัม/ตัว/วัน)

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	689	694	660	648	653	3344	669
2	638	655	559	658	753	3263	653
3	636	652	612	663	744	3307	661
4	580	583	590	691	646	3090	618
Block Total	2543	2584	2421	2660	2796	13004	2601

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	0.02	0.005	3.125 ^{ns}
Treatment	3	0.008	0.003	1.875 ^{ns}
Error	12	0.02	0.0016	
Total	19	0.048		

ns = non significance

ตารางที่ 3 ปริมาณการกินอาหารของสุกรขุนจากการทดลองที่ 2 (กก./ตัว/วัน)

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	2.66	2.37	2.55	2.13	2.68	12.39	2.48
2	2.52	2.39	2.12	2.20	2.89	12.12	2.42
3	2.60	2.50	2.47	2.39	2.88	12.84	2.57
4	2.55	2.43	2.44	2.39	2.55	12.36	2.47
Block Total	10.33	9.69	9.58	9.11	11.00	49.71	9.94

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณการกินอาหารจากการทดลองที่ 2

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	0.54	0.14	70 ^{**}
Treatment	3	0.05	0.02	1.0 ^{ns}
Error	12	0.22	0.02	
Total	19	0.81		

** = significance at 0.01

ns = non significance

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการใช้อาหารสุกรขุน

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	3.86	3.41	3.86	3.29	4.11	18.53	3.71
2	3.97	3.66	3.79	3.34	3.85	18.61	3.72
3	4.09	3.85	4.04	3.61	3.87	19.46	3.89
4	4.40	4.17	4.12	3.46	3.95	20.10	4.02
Block Total	16.32	15.05	15.81	13.70	15.78	76.70	15.34

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรขุน

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	0.73	0.18	3.39*
Treatment	3	0.32	0.107	2.02 ^{ns}
Error	12	0.63	0.053	
Total	19	1.68		

ns = non significance

ตารางที่ 7 ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสุกรขุน 1 กก. (บาท)

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	25.90	22.88	25.90	22.08	27.58	124.34	24.87
2	26.04	24.01	24.86	21.91	25.26	122.08	24.42
3	26.34	24.79	26.02	23.25	24.92	125.32	25.06
4	27.72	26.27	25.96	21.80	24.89	126.64	25.33
Block Total	106.00	97.95	102.74	89.04	102.66	498.38	99.68

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก
ของสุกรขุน

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	44.10	11.03	10.41**
Treatment	3	2.22	0.74	0.70 ^{ns}
Error	12	12.68	1.06	
Total	19	59.00		

** = significance at 0.01

ns = non significance

ตารางที่ 9 น้ำหนักก่อนฆ่าของสุกรขุน (อดอาหาร 24 ชม.) (กก.)

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	105.0	98.0	92.0	97.0	94.0	486.0	97.2
2	93.0	101.0	93.0	107.0	102.0	496.0	99.2
3	105.0	101.5	98.0	100.0	104.0	508.5	101.7
4	97.0	95.0	100.0	96.5	102.5	491.0	98.2
Block Total	400.0	395.5	383.0	400.5	402.5	1981.5	396.2

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง
 ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักก่อนฆ่า

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	61.83	15.46	0.73 ^{ns}
Treatment	3	55.94	18.65	0.88 ^{ns}
Error	12	254.87	21.24	
Total	19	372.64		

ns = non significance

ตารางที่ 11 น้ำหนักซากอ่อนของสุกรขุน (กก.)

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	81.70	76.70	72.50	76.50	73.70	381.10	76.22
2	69.70	79.30	71.20	84.50	80.00	384.70	76.94
3	78.50	79.90	74.70	79.70	83.30	396.10	79.22
4	74.25	76.50	77.70	72.70	79.50	380.65	76.13
Block Total	304.15	312.4	296.1	313.4	316.5	1542.55	308.51

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง
 ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักซากอ่อน

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	68.97	17.24	1.002 ^{ns}
Treatment	3	31.16	10.39	0.604 ^{ns}
Error	12	206.55	17.21	
Total	19	306.68		

ns = non significance

ตารางที่ 13 น้ำหนักซากเย็นของสุกรขุน (กก.)

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	79.80	74.70	70.70	74.80	71.40	371.40	74.28
2	68.30	77.60	69.50	81.60	78.50	375.50	75.10
3	76.50	77.90	72.50	77.50	81.70	386.10	77.22
4	72.50	74.70	75.50	70.80	78.00	371.50	74.30
Block Total	297.10	304.90	288.20	304.70	309.60	1504.50	300.90

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักซากเย็น

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	70.47	17.62	1.093 ^{ns}
Treatment	3	28.72	9.57	0.594 ^{ns}
Error	12	193.41	16.12	
Total	19	292.60		

ns = non significance

ตารางที่ 15 เปอร์เซ็นต์ซากของสุกรขุน

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	76.00	76.22	75.54	77.11	75.96	380.83	76.17
2	73.44	76.83	74.73	76.26	76.96	378.22	75.64
3	72.86	76.75	73.98	77.50	78.56	379.65	75.93
4	74.74	78.63	75.50	73.34	76.10	378.34	75.67
Block Total	297.0	304.43	299.75	304.24	307.58	1517.04	311.35

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ซากสุกรขุน

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	24.31	6.08	2.95 ^{ns}
Treatment	3	0.907	0.30	0.15 ^{ns}
Error	12	24.67	2.06	
Total	19	51.24		

ns = non significance

ตารางที่ 17 ความยาวซากของสุกรขุน (ซม.)

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	85.0	81.0	70.0	80.0	75.0	386.0	77.2
2	78.0	80.0	80.0	80.0	78.5	396.5	79.3
3	82.0	82.0	80.0	80.0	80.0	404.0	80.8
4	77.0	79.0	79.0	80.0	80.0	395.0	79.0
Block Total	317.0	322.0	309.0	320.0	313.5	1581.5	316.3

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวซากสุกรขุน

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	26.94	6.74	1.085 ^{ns}
Treatment	3	32.73	10.91	1.757 ^{ns}
Error	12	74.46	6.21	
Total	19	134.13		

ns = non significance

ตารางที่ 19 ความหนาแน่นสันหลังซาก (นิ้ว)

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	1.27	1.27	1.30	1.20	1.13	6.27	1.25
2	0.77	1.10	1.30	1.33	1.36	5.86	1.17
3	1.07	0.93	1.20	1.37	1.27	5.84	1.17
4	1.30	0.97	1.20	1.17	1.23	5.87	1.17
Block Total	4.51	4.27	5.00	5.07	4.99	23.84	4.76

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง
 ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนาแน่นสันหลังซาก

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	0.12	0.03	1.07 ^{ns}
Treatment	3	0.02	0.0067	0.239 ^{ns}
Error	12	0.34	0.028	
Total	19	0.48		

ns = non significance

ตารางที่ 21 เปอร์เซ็นต์ไขมันซากสุกรขุน

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	13.53	13.92	14.57	18.05	14.85	74.92	14.98
2	9.00	15.59	17.34	18.38	18.85	79.16	15.83
3	11.76	11.68	13.66	19.87	18.24	75.82	15.16
4	15.59	16.00	16.69	18.64	12.69	79.61	15.92
Block Total	49.88	57.19	62.26	74.94	64.63	309.51	61.89

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ไขมันซาก

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	67.193	16.798	2.97 ^{ns}
Treatment	3	3.325	1.108	0.196 ^{ns}
Error	12	67.888	5.657	
Total	19	138.406		

ns = non significance

ตารางที่ 23 เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงซาก

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	38.35	38.42	38.90	34.63	38.38	188.68	37.74
2	42.24	36.21	34.60	34.44	32.10	179.59	35.92
3	39.08	40.18	37.79	33.68	35.25	185.98	37.20
4	40.21	35.27	37.22	32.42	37.82	182.94	36.59
Block Total	159.88	150.08	148.51	135.17	143.55	737.19	147.45

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงซาก

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	82.79	20.70	4.79 ^{ns}
Treatment	3	9.20	3.07	0.71 ^{ns}
Error	12	51.79	4.32	
Total	19	143.78		

ns = non significance

ตารางที่ 25 พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.)

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	42.50	31.63	40.50	34.88	37.25	186.76	37.35
2	40.13	34.13	33.00	35.38	36.75	179.39	35.88
3	38.63	47.25	36.38	33.25	34.38	189.89	37.98
4	45.00	40.50	31.88	30.00	42.00	189.38	37.88
Block Total	166.26	153.51	141.76	133.51	150.38	745.42	149.09

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	153.13	38.28	1.84 ^{ns}
Treatment	3	14.06	4.69	0.23 ^{ns}
Error	12	249.45	20.79	
Total	19	416.64		

ns = non significance

ตารางที่ 27 เปอร์เซ็นต์เนื้อสันนอก

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	8.90	8.43	8.91	8.16	8.96	43.36	8.67
2	9.22	7.99	7.63	7.72	6.94	39.50	7.90
3	8.89	9.50	8.55	7.35	8.08	42.37	8.47
4	9.45	8.03	7.68	7.06	8.72	40.94	8.19
Block Total	36.46	33.95	32.77	30.29	32.70	166.17	33.23

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์เนื้อสันนอก

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	5.03	1.26	3.50 *
Treatment	3	1.71	0.57	1.58 ^{ns}
Error	12	4.34	0.36	
Total	19	11.08		

* = significance at 0.05

ns = non significance

ตารางที่ 29 เปอร์เซนต์เน้อสนใน

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	1.50	1.61	1.70	1.60	1.54	7.95	1.59 ^๗
2	1.46	1.42	1.44	1.47	1.40	7.19	1.44 ^๗
3	1.70	1.67	1.66	1.68	1.59	8.30	1.66 ^๗
4	1.66	1.54	1.59	1.41	1.54	7.74	1.55 ^{๗๗}
Block Total	6.32	6.24	6.39	6.16	6.07	31.18	6.24

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซนต์เน้อสนใน

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	0.02	0.005	1.25
Treatment	3	0.12	0.043	10.75 ^{**}
Error	12	0.05	0.004	
Total	19	0.20		

** = significance at 0.01

ns = non significance

ตารางที่ 31 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เนื้อสัณในระหว่างสูตรอาหารโดย
Duncan's New multiple range test.

	X2	X4	X1	X3
	1.44	1.55	1.59	1.66
X2	-	0.11	0.15**	0.22**
X4		-	0.04	0.11
X1			-	0.07
X3				-

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	15.59	16.87	15.26	14.84	15.13	77.89	15.58
2	14.85	15.85	15.11	15.93	15.67	76.91	15.38
3	14.77	15.40	15.86	16.13	16.40	78.56	15.71
4	16.14	15.80	16.03	15.82	15.38	79.17	15.83
Block Total	61.05	62.92	62.26	62.72	62.58	312.53	62.50

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์เนื้อสามชั้น

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	1.06	0.27	0.614 ^{ns}
Treatment	3	0.56	0.19	0.432 ^{ns}
Error	12	5.24	0.44	
Total	19	6.86		

ns = non significance

ตารางที่ 34 น้ำหนักตัวของสุกรขุน (กก.)

Block Treatment	Block					Treatment Total	Average
	1	2	3	4	5		
1	1.6	1.2	1.3	1.1	1.2	6.4	1.3 ⁿ
2	1.4	1.6	1.5	1.5	1.5	7.5	1.5 ^{ns}
3	2.0	1.6	1.6	1.7	1.3	8.2	1.6 ^{ns}
4	1.5	1.5	1.9	1.5	1.8	8.2	1.6 ^{ns}
Block Total	6.5	5.9	6.3	5.8	5.8	30.3	6.0

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักตับ

SOV	df	SS	MS	F
Block	4	0.11	0.028	0.737 ^{ns}
Treatment	3	0.44	0.147	3.87 ^{ns}
Error	12	0.46	0.038	
Total	19	1.01		

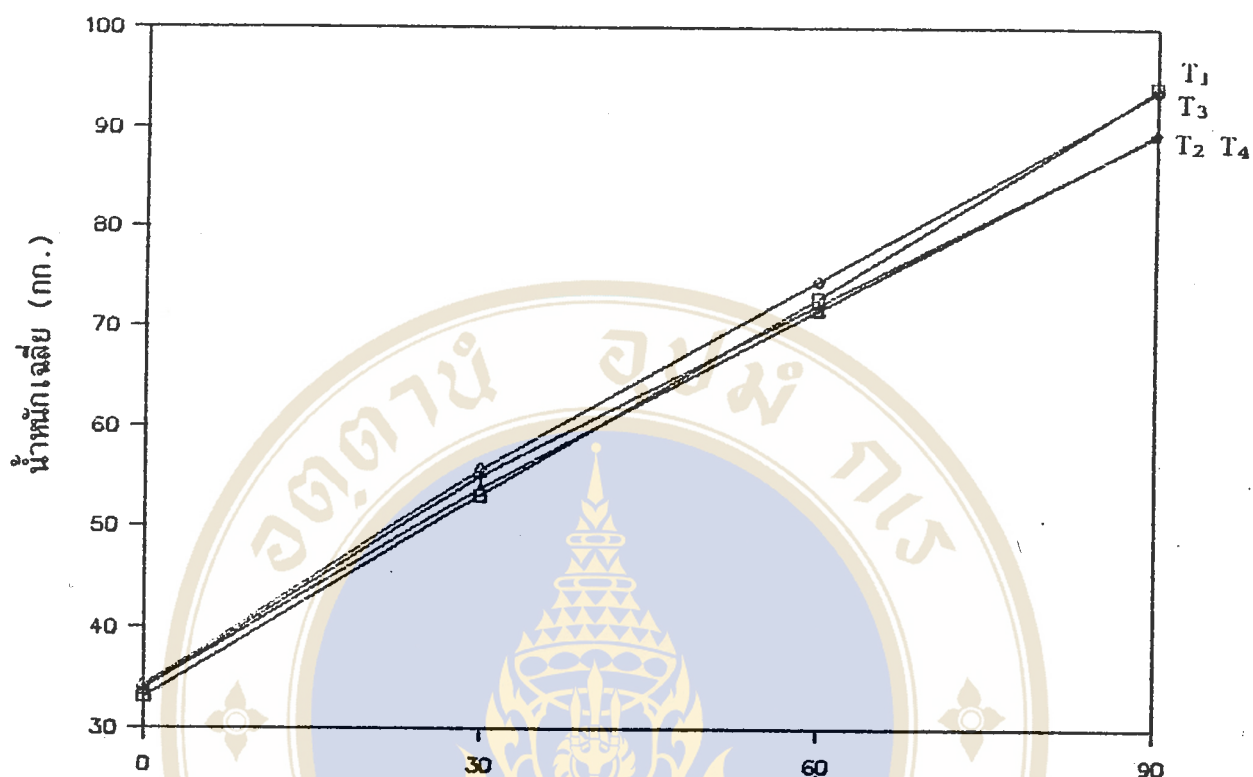
* = significance at 0.05

ns = non significance

ตารางที่ 36 เปรียบเทียบน้ำหนักตับระหว่างสูตรอาหารโดยวิธี Duncan's New multiple range test.

	X1	X2	X3	X4
	1.3	1.5	1.6	1.6
X1	-	0.2	0.3 *	0.3 *
X2		-	0.1	0.1
X3			-	-
X4				-

X1 X2 X3 X4



ภาพผนวกที่ 5 น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย ของสุกรขุน

นน. เริ่มต้น

นน. เมื่ออายุทดลอง 30 วัน

T₁ = 33.12

T₁ = 53.03

T₂ = 34.04

T₂ = 54.94

T₃ = 34.32

T₃ = 55.72

T₄ = 34.01

T₄ = 53.73

นน. เมื่ออายุทดลอง 60 วัน

นน. เมื่ออายุทดลอง 90 วัน

T₁ = 72.80

T₁ = 94.11

T₂ = 72.15

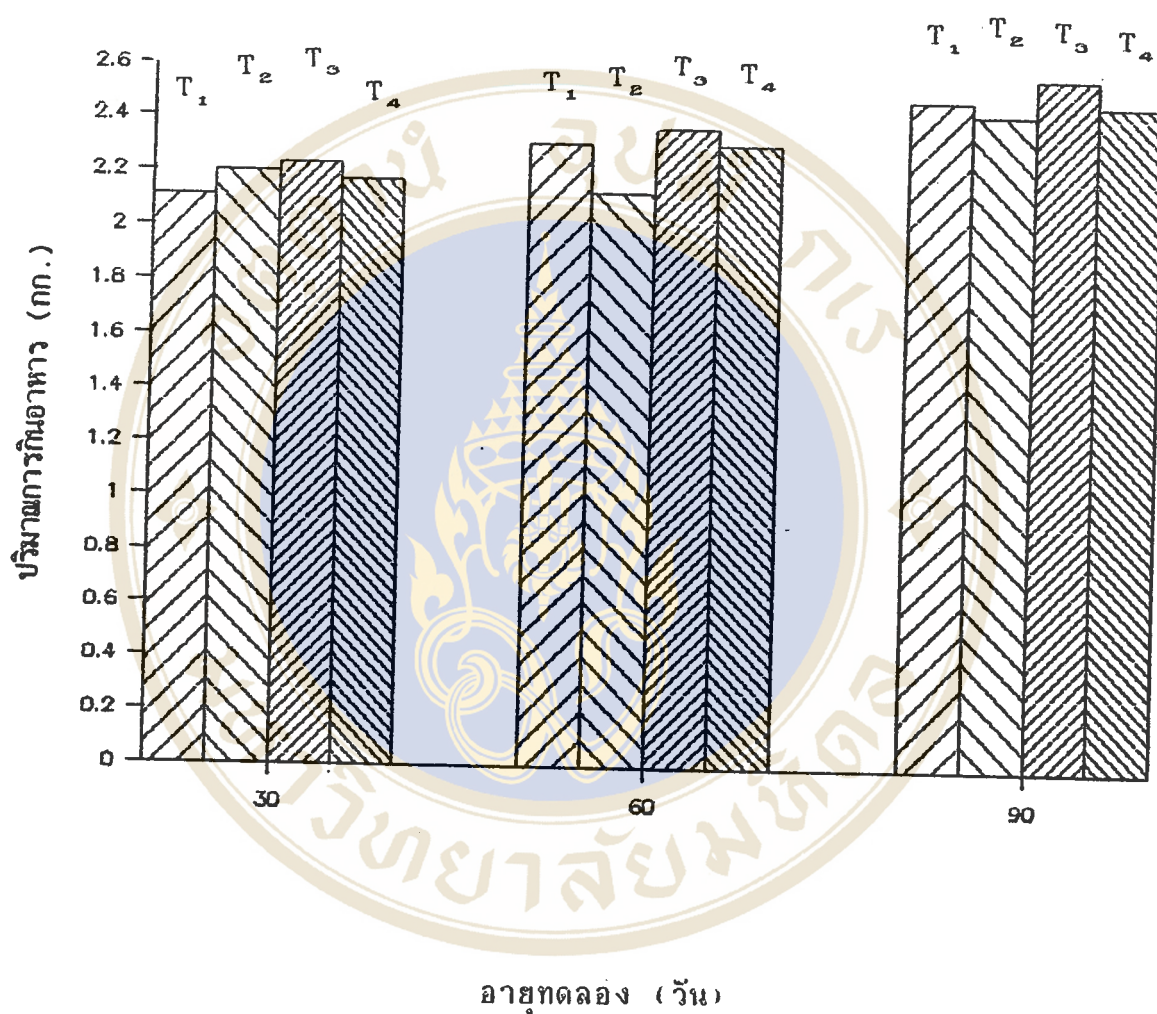
T₂ = 89.51

T₃ = 74.53

T₃ = 93.84

T₄ = 71.64

T₄ = 89.63



ภาพผนวกที่ 6 แสดงปริมาณการกินอาหารเฉลี่ยของสุกรขุน (กก./ตัว/วัน)

อายุทดลอง 30 วัน

$$T_1 = 2.11$$

$$T_2 = 2.20$$

$$T_3 = 2.23$$

$$T_4 = 2.17$$

อายุทดลอง 60 วัน

$$T_1 = 2.31$$

$$T_2 = 2.13$$

$$T_3 = 2.37$$

$$T_4 = 2.31$$

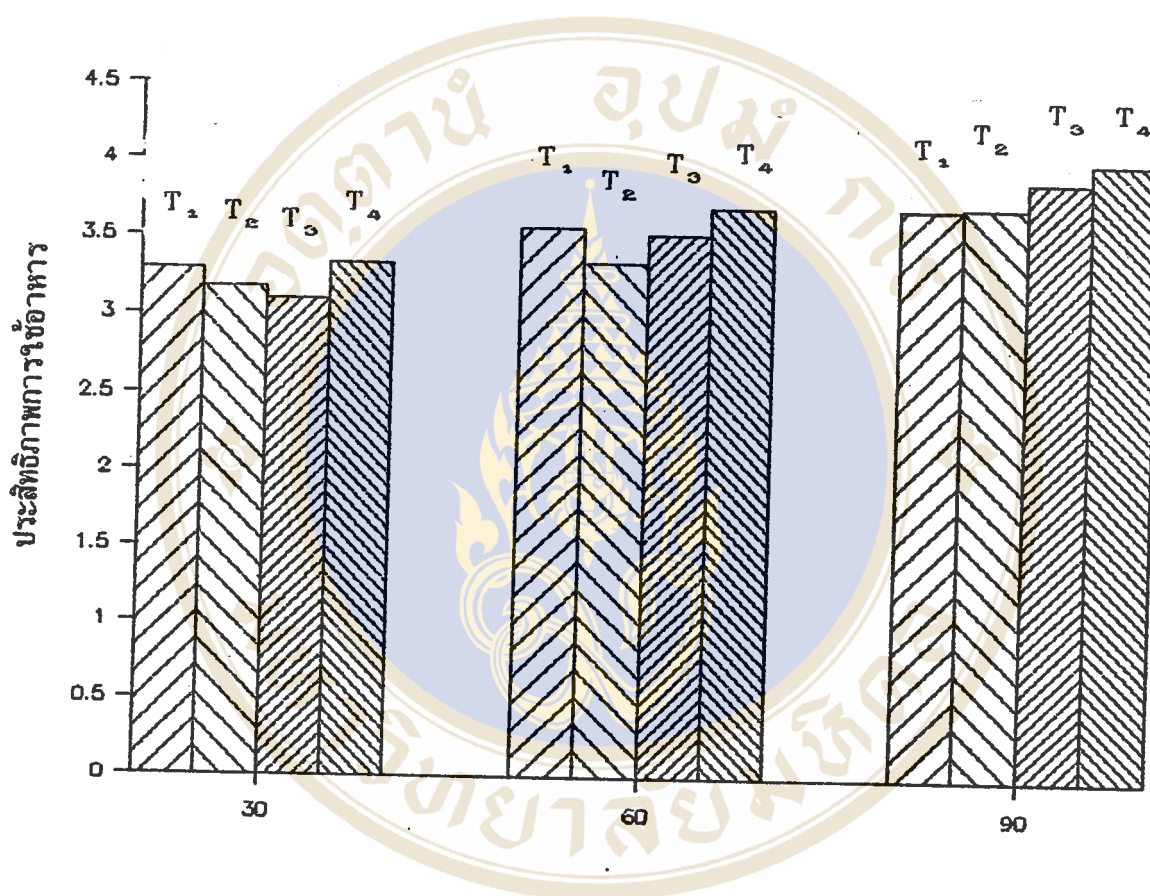
อายุทดลอง 90 วัน

$$T_1 = 2.48$$

$$T_2 = 2.43$$

$$T_3 = 2.57$$

$$T_4 = 2.47$$



อายุทดลอง (วัน)

ภาพผนวกที่ 7 แสดงประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรขุน

อายุทดลอง 30 วัน

$$T_1 = 3.29$$

$$T_2 = 3.18$$

$$T_3 = 3.10$$

$$T_4 = 3.33$$

อายุทดลอง 60 วัน

$$T_1 = 3.57$$

$$T_2 = 3.34$$

$$T_3 = 3.53$$

$$T_4 = 3.71$$

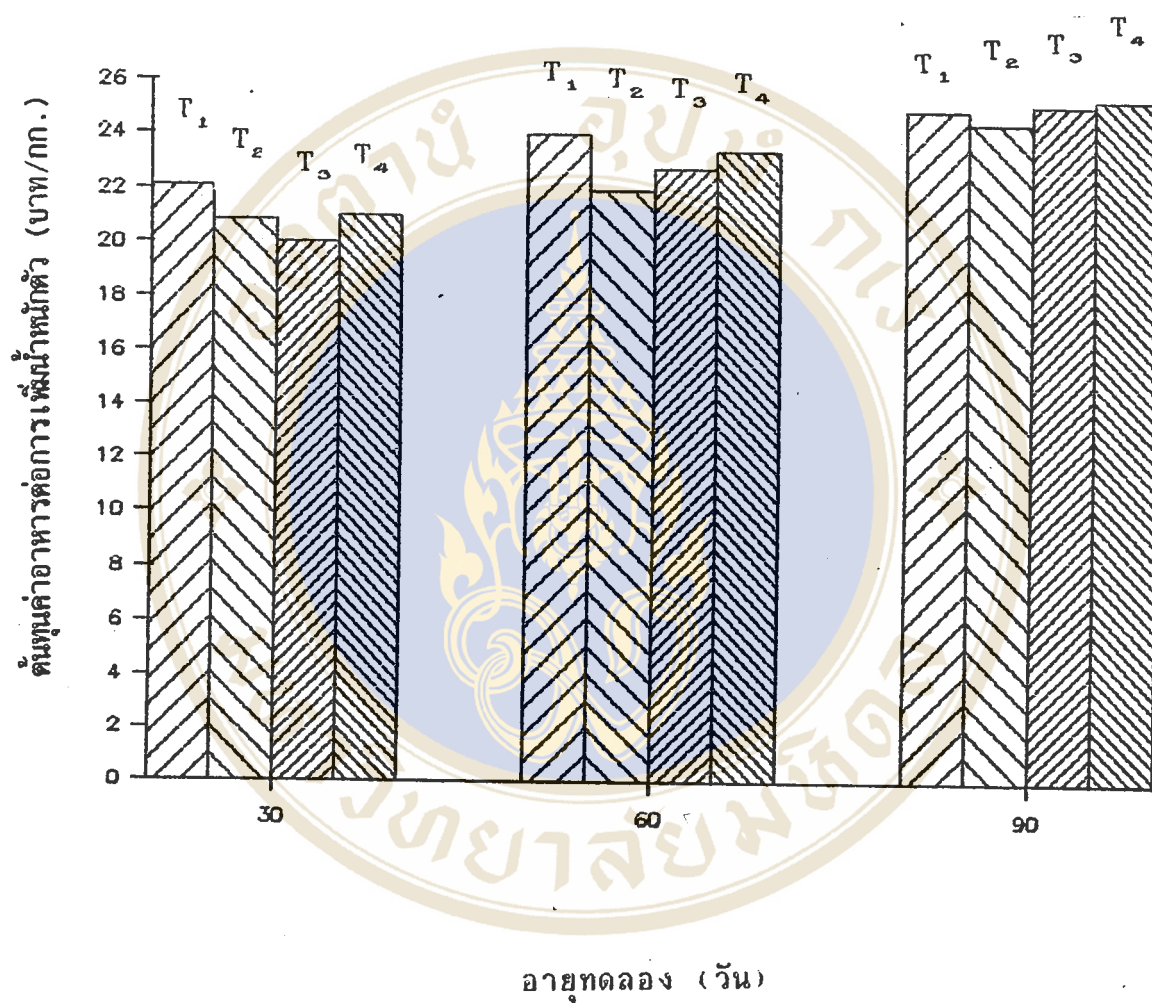
อายุทดลอง 90 วัน

$$T_1 = 3.71$$

$$T_2 = 3.72$$

$$T_3 = 3.89$$

$$T_4 = 4.02$$



ภาพผนวกที่ 8 แสดงต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (บาท/กก.)

อายุทดลอง 30 วัน	อายุทดลอง 60 วัน	อายุทดลอง 90 วัน
$T_1 = 22.08$	$T_1 = 23.97$	$T_1 = 24.87$
$T_2 = 20.85$	$T_2 = 21.92$	$T_2 = 24.42$
$T_3 = 19.98$	$T_3 = 22.76$	$T_3 = 25.06$
$T_4 = 20.99$	$T_4 = 23.39$	$T_4 = 25.33$



ภาคผนวก ค.

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 1 สำหรับสูตร
อายุ 4 ถึง 10 สัปดาห์

วัตถุดิบ	ระดับกากละหุ่ง			
	สูตร1 (0%)	สูตร2 (8%)	สูตร3 (12%)	สูตร4 (16%)
ข้าวโพด	54.40	65.41	64.46	63.52
รำละเอียด ³	15.00			
กากถั่วเหลือง	20.60	16.40	13.30	10.20
ปลาป่น	5.00	5.00	5.00	5.00
กากละหุ่ง	-	8.00	12.00	16.00
ไคคลอซีมฟอสเฟต	1.30	1.70	1.70	1.70
เปลือกหอยป่น	0.60	0.30	0.30	0.30
แร่ธาตุพรีเม็กซ์ ¹	0.30	0.30	0.30	0.30
วิตามินพรีเม็กซ์ ²	0.50	0.50	0.50	0.50
น้ำมันหมู	2.00	2.00	2.00	2.00
เกลือป่น	0.30	0.30	0.30	0.30
ไลซีน	-	0.09	0.14	0.18
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วัตถุดิบ	ระดับกากละหุ่ง			
	สูตร1 (0%)	สูตร2 (8%)	สูตร3 (12%)	สูตร4 (16%)
<u>โภชนะโดยการคำนวณ</u>				
โปรตีน	18.02	18.05	18.02	18.02
พลังงาน(ME)Kcal/kg	3232	3087	2987	2884
แคลเซียม (%)	0.90	0.90	0.91	0.91
ฟอสฟอรัส (%)	0.57	0.58	0.58	0.58
ไลซีน (%)	0.98	0.98	0.98	0.98
เมทไธโอนีน+ซิสตีน (%)	0.64	0.64	0.63	0.63

¹ อาหาร 1 กิโลกรัม เสริมด้วยวิตามินเอ 30,000 หน่วย วิตามินดี 5,000 หน่วย วิตามินอี 20 หน่วย วิตามินเค 5 มก. วิตามินบี 15 มก. วิตามินบี 2 12.5 มก. วิตามินบี 12 37.5 มก. กรดนิโคตินิก 25 มก. กรดโฟลิก 2.5 มก. และไบโอติน 25 กกก.

² อาหาร 1 กิโลกรัม เสริมด้วยธาตุเหล็ก 80 มก. ทองแดง 150 มก. สังกะสี 100 มก. แมงกานีส 40 มก. ไอโอดีน 0.2 มก. และซีเลเนียม 0.3 มก.

³ การใช้รำละเอียดเฉพาะอาหารสูตรที่ 1 เนื่องจากรำละเอียดเป็นวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง และกากละหุ่งก็มีเยื่อใยสูงเช่นเดียวกัน จึงต้องมีการปรับปริมาณเยื่อใยให้ใกล้เคียงกัน โดยปริมาณของโปรตีนและพลังงานยังคงสมดุลด้วยการปรับปริมาณวัตถุดิบตัวอื่น

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 2 สำหรับสุกร
ระยะรุ่น-ขุน

วัตถุดิบ	ระดับกากละหุ่ง			
	สูตร1 (0%)	สูตร2 (8%)	สูตร3 (12%)	สูตร4 (16%)
ข้าวโพด	65.05	75.21	73.96	72.92
รำละเอียด ³	15.00			
กากถั่วเหลือง	14.40	10.30	7.30	4.30
ปลาป่น	3.00	3.00	3.00	3.00
กากละหุ่ง	-	8.00	12.00	16.00
ไคคล์เซียมฟอสเฟต	0.95	1.20	1.50	1.50
เปลือกหอยป่น	0.70	0.30	0.20	0.20
เกลือป่น	0.30	0.30	0.30	0.30
แร่ธาตุพรีเม็กซ์ ¹	0.30	0.30	0.30	0.30
วิตามินพรีเม็กซ์ ²	0.30	0.30	0.30	0.30
น้ำมันหมู	-	1.00	1.00	1.00
ไลซีน	-	0.09	0.14	0.18
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00

ตารางที่ 2 (ต่อ)

วัตถุดิบ	ระดับการกลั่น			
	สูตร1 (0%)	สูตร2 (8%)	สูตร3 (12%)	สูตร4 (16%)
<u>โภชนาการโดยการคำนวณ</u>				
โปรตีน	15.02	15.02	15.02	15.02
พลังงาน(ME)Kcal/kg	3219	3121	3015	2916
แคลเซียม (%)	0.72	0.72	0.72	0.72
ฟอสฟอรัส (%)	0.43	0.42	0.47	0.47
ไลซีน (%)	0.76	0.76	0.76	0.76
เมทไธโอนีน+ซิสตีน (%)	0.56	0.56	0.55	0.55

หมายเหตุ 1, 2 และ 3 เช่นเดียวกับตารางที่ 1

ตารางที่ 3 ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหาร

วัตถุดิบ	ราคา (บาท/กก.)
ข้าวโพด	4.50
รำละเอียด	5.00
กากถั่วเหลือง	8.25
ปลาป่น	18.00
กากกะทัง	2.50
ไคแคลเซียมฟอสเฟต	12.00
เปลือกหอยป่น	2.00
เกลือป่น	3.00
แร่ธาตุพรีเม็กซ์	30.00
วิตามินพรีเม็กซ์	360.00
ไขมัน	15.00
ไลซีน	115.00

ที่มา : โรงผสมอาหารสัตว์ของฟาร์มเลี้ยงสัตว์ทดลอง ภาควิชาสัตวบาล
คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง

สูตรอาหาร	ร้อยละของโปรตีน
การทดลองที่ 1	
สูตรอาหารเปรียบเทียบกับผสมกากละหุ่ง	19.85
สูตรอาหารผสมกากละหุ่ง 8 เปอร์เซ็นต์	20.42
สูตรอาหารผสมกากละหุ่ง 12 เปอร์เซ็นต์	20.65
สูตรอาหารผสมกากละหุ่ง 16 เปอร์เซ็นต์	20.78
การทดลองที่ 2	
สูตรอาหารเปรียบเทียบกับผสมกากละหุ่ง	15.38
สูตรอาหารผสมกากละหุ่ง 8 เปอร์เซ็นต์	15.74
สูตรอาหารผสมกากละหุ่ง 12 เปอร์เซ็นต์	15.82
สูตรอาหารผสมกากละหุ่ง 16 เปอร์เซ็นต์	15.53

ที่มา : ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
ม.เกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร.

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่ากละหุ้งขจัดสารแพ้ที่ใช้ผสมในสูตรอาหาร

ส่วนประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น	6.83
โปรตีน (N*6.25)	31.60
ไขมัน	0.84
กาก	32.80
แคลเซียม	1.30
ฟอสฟอรัส	0.80
กรดอะมิโน	มิลลิกรัม/กรัม
Aspartic acid	21.24
Threonine	8.31
Serine	14.30

ตารางที่ 5 (ต่อ)

กรดอะมิโน	มิลลิกรัม/กรัม
Glutamic acid	49.48
Proline	10.84
Glycine	10.72
Alanine	10.75
Valine	12.94
Cystine	0.53
Methionine	4.10
Isoleucine	10.98
Leucine	15.52
Tyrosine	5.82
Phenylalanine	9.78
Lysine	8.97
Histidine	5.34
Arginine	33.35
Tryptophan	3.54

ที่มา : ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและการพลังงาน 2534.

การคำนวณการใช้กากละหุ่งแทนกากถั่วเหลืองคิดเป็นร้อยละจากกากถั่วเหลืองใน
สูตรอาหาร

การทดลองที่ 1 สามารถใช้กากละหุ่งแทนกากถั่วเหลืองได้ในระดับ 12 เปอร์เซ็นต์
ในสูตรอาหาร ดังนั้น สามารถใช้กากละหุ่งแทนกากถั่วเหลืองได้เท่ากับ

จากสูตรอาหารใช้กากถั่วเหลือง 20.60 กก. คิดเป็น 100 %

" 13.30 กก. คิดเป็น $\frac{100 \times 13.30}{20.60} = 64.6 \%$

∴ กากละหุ่ง 12 % ในการทดลองที่ 1 = $100 - 64.6 = 35.4 \%$

ดังนั้น ในการทดลองที่ 1 กากละหุ่ง สามารถแทนกากถั่วเหลืองได้ประมาณ 35 %

การทดลองที่ 2 สามารถใช้กากละหุ่งได้ 12 % ในสูตรอาหารเช่นเดียวกัน
แทนกากถั่วเหลือง

จากสูตรอาหารใช้กากถั่วเหลือง 14.40 กก. คิดเป็น 100 %

" 7.30 กก. คิดเป็น $\frac{100 \times 7.30}{14.40} = 50.7 \%$

∴ กากละหุ่ง 12 % ในการทดลองที่ 2 = $100 - 50.7 = 49.3 \%$

ดังนั้น ในการทดลองที่ 2 กากละหุ่งสามารถใช้แทนกากถั่วเหลืองได้ประมาณ 49 %

การวัดซากสุกร วัดเพื่อให้ทราบข้อมูลทางซาก ดังนี้

$$1. \text{ เปอร์เซ็นต์ } = \frac{\text{น้ำหนักซากเย็น}}{\text{น้ำหนักสุกรก่อนฆ่า}} * 100$$

น้ำหนักซาก หมายถึง น้ำหนักสุกรหลังฆ่า ซึ่งไม่รวมเลือด ขน หัว และอวัยวะภายใน นอกจากไตที่ติดอยู่กับซาก การตัดหัวสุกรจะตัดส่วนคางติดอยู่กับซาก

2. ความยาวซาก วัดจากซีกซ้ายหรือขวาของกระดูกซี่โครงซี่แรกที่ติดกับกระดูกสันหลังถึงจุดหน้าสุดของกระดูกสะโพกของซาก

3. ความหนาของมันสันหลัง เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดความหนาของไขมันหุ้มสันหลัง จาก 3 จุด คือ

- ก. ตำแหน่งของมันสันหลังตรงกับกระดูกซี่โครงซี่แรก
- ข. ตำแหน่งของมันสันหลังตรงกับกระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย
- ค. ตำแหน่งของมันสันหลังตรงกับกระดูกหลังช่วงบนเอวข้อสุดท้าย

4. เปอร์เซ็นต์ไขมัน คำนวณจาก น้ำหนักไขมันแห้งและมันเปลงคิดเป็นร้อยละ เทียบกับน้ำหนักซาก

5. พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน วัดจากส่วนหน้าตัดของเนื้อสันหลังตรงตำแหน่งกระดูกซี่โครงที่ 10 และ 11 ใช้กระดาษเขียนแบบทาบแล้วใช้ดินสอลากตามเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อนำไปวัดพื้นที่ด้วยเครื่องมือวัดพื้นที่ใบไม้ พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับเนื้อแดงของซาก

6. เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง คำนวณจากน้ำหนักรวมของเนื้อแดงส่วนไหล่ เนื้อแดงส่วนสะโพกและเนื้อสันนอกและเนื้อสันใน เทียบเป็นร้อยละของน้ำหนักซาก

7. เปอร์เซ็นต์สันนอก เปอร์เซ็นต์สันในและเปอร์เซ็นต์สามชั้น คำนวณจากน้ำหนักของแต่ละส่วนคิดเป็นร้อยละเทียบกับน้ำหนักซาก

8. น้ำหนักตับ ได้จากน้ำหนักตับโดยตรงของสุกรที่ฆ่าแหละ

คุณภาพซากของสุกร สุกรที่มีเปอร์เซ็นต์ซากสูง ปริมาณเนื้อแดงมาก ซากขาว และไขมันน้อยจะเป็นสุกรที่มีคุณภาพดี

ผลการวิเคราะห์การตกค้างของสารแพ้ CB-1A ในสูตรอาหารสัตว์ทดลอง

ระดับกากละหุ่งขจัดสารแพ้ ในสูตรอาหาร	ปริมาณสารแพ้ CB-1A ในสูตรอาหาร ¹ (ppm.)
0% กากละหุ่ง	-
8% กากละหุ่ง	15-20
12% กากละหุ่ง	20-25
16% กากละหุ่ง	25-30
100% กากละหุ่ง	175-200

หมายเหตุ: ¹ เป็นค่าที่อ่านจากวิธีวิเคราะห์แบบ immunodiffusion technique โดย shake ค้างคืน

ที่มา : ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์สารพิษและสารแพ้ บริษัทสยามน้ำมันละหุ่ง จำกัด
อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ

