



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

ภาคผนวก ก  
ภาพแสดงการทดลองและวิจัย



ภาพผนวก 1 เครื่องผสมอาหาร และการผสมอาหารทดลอง



ภาพผนวก 2 เกะ และคอกที่ใช้ในการทดลองการย่อยได้แบบดั้งเดิม



ภาพผนวก 3 การเก็บมูลของแกะ



ภาพผนวก 3 โคทตลงที่ได้เปิดทางเดินอาหารบริเวณกระเพาะรูเมน



ภาพผนวก 4 ถุงในล่อนที่ใช้ในการศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน



ภาพผนวก 5 การศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน โดยวิธี Nylon bag technique



ภาพผนวก 6 หลอดทดลองที่ใช้ในวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น



ภาพผนวก 7 การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงานโดยวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น

## ภาคผนวก ข

### การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

#### การวิเคราะห์หาวัตถุแห้งและเถ้า

##### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องบดตัวอย่างพร้อมตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร
2. เครื่องชั่งละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
3. ตู้อบ
4. เตาเผา
5. ครุชีเบิล
6. โถดูดความชื้น

##### วิธีการทดลองหาวัตถุแห้ง

1. ทำการบดตัวอย่างอาหารผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร
2. ชั่งตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์ 1-2 กรัม ทำ 2 ซ้ำ ลงในครุชีเบิล(ซึ่งครุชีเบิลทำการไล่ความชื้นผ่านการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักครุชีเบิลดังกล่าว)
3. นำครุชีเบิลเข้าในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสค้างคืน
4. นำครุชีเบิลดังกล่าวทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นพร้อมทำการชั่งน้ำหนักวิธีการ

##### ทดลองหาเถ้า

1. หลังจากทำการหาวัตถุแห้งแล้วนำครุชีเบิลที่มีตัวอย่างที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง
2. ขณะที่อุณหภูมิของเตาเผายังร้อนอยู่ ห้ามนำครุชีเบิลออกจากเตาเผา เพราะจะทำให้ครุชีเบิลแตกได้ อาจจะทิ้งไว้ข้ามคืน
3. ในวันรุ่งขึ้นให้นำครุชีเบิลดังกล่าวมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อทำการไล่ความชื้น จากนั้นนำมาทิ้งไว้เย็นในโถดูดความชื้น พร้อมทั้งทำการชั่งน้ำหนัก

## การวิเคราะห์หาโปรตีน

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องย่อยโปรตีน
2. เครื่องกลั่นโปรตีน
3. เครื่องชั่ง
4. บีกเกอร์
5. หลอดตัวอย่าง
6. เครื่องดูดไอกรด
7. เครื่อง magnetic stirrer พร้อม magnetic bar
8. เครื่องไตเตรตอัตโนมัติ
9. เตาให้ความร้อน
10. กาน้ำน้ำ

### สารเคมี

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์
2. กรดบอริก
3. ทาชิโร อินดิเคเตอร์
4. กรดไฮโดรคลอริก
5. ซิลิเนียม มิกเจอร์
6. โซเดียมคาร์บอเนต
7. โบรโมไธมอลบลู อินดิเคเตอร์

### วิธีการทดลองหาโปรตีน

1. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 38 เปอร์เซ็นต์ โดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 380 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 2,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไปให้มี ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนจนละลายหมดตั้งทิ้งไว้จนสารละลายเย็นลงใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง รินสารละลายผ่านกรวยกรองลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 1,000 มิลลิลิตร
2. เตรียมสารละลายกรดบอริก โดยชั่งสารละลายกรดบอริก 40 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 2,000 มิลลิลิตร นำน้ำกลั่นไปต้มให้ร้อนก่อนจากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไปให้มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนจนละลายหมดตั้งทิ้งไว้จนสารละลายเย็นลงใช้เวลา

ประมาณ 3 ชั่วโมง รินสารละลายผ่านกรวยกรองลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 1,000 มิลลิลิตร

3. เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต โดยชั่งสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 600 กรัม ลงในถังพลาสติกขนาด 3,000 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่นลงไปให้มีปริมาตร 2,800 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนจนละลายหมด ชั่งโบรโมไซมอลบลู อินดิเคเตอร์ 0.10 กรัมลงในถังดังกล่าว ใช้แท่งแก้วคนจนละลายหมด จะได้สารละลายสีน้ำเงิน(ช่วงเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ pH 6.0-7.6 เหลืองเป็นน้ำเงิน)จากนั้นเทสารละลายลงในขวดของเครื่องดูดไอกรด
4. การย่อยตัวอย่าง โดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัมลงในหลอดย่อยตัวอย่าง เติมสารเร่งปฏิกิริยาซิลิเนียม มิกเจอร์ ประมาณ 1-2 กรัมลงในแต่ละหลอดย่อยตัวอย่าง เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 15 มิลลิลิตรลงในแต่ละหลอดย่อยตัวอย่างทำการเขย่าหลอดย่อยให้กรดซัลฟูริกทำปฏิกิริยากับตัวอย่างก่อน ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาทีสังเกตสีของสารละลายดังกล่าว จะได้สารละลายสีดำใหม่ นำหลอดย่อยตัวอย่างใส่ลงในเตาย่อยโดยทำการต่อท่อสายยางเชื่อมกับหลอดนำไอกรดเข้ากับเครื่องดูดไอกรดจากนั้นทำการเปิดเครื่องดังกล่าว พร้อมกับเปิด Hood ด้วย เปิดสวิตช์เตาย่อย โดยค่อยๆปรับอุณหภูมิต่ำก่อน แล้วจึงค่อยเพิ่มอุณหภูมิ ต่อจากนั้นรอการย่อยประมาณ 3 ชั่วโมง ในระหว่างรอการย่อยให้สังเกตว่ายังเกิดควันสีขาวอีกหรือไม่ กรณีที่ยังมีควันเรายังคงทำการย่อยต่อไปอีกจนกระทั่งควันสีขาวหายไปหมด จากนั้นค่อยๆลดอุณหภูมิลง แล้วทำการปิดสวิตช์เตาย่อย ต่อจากนั้นรอจนกระทั่งหลอดย่อยเย็นลงใช้เวลา 1-2 ชั่วโมง ยกหลอดย่อยออกจากเตาย่อยสังเกตสีของสารละลายถ้ามีสีใส แสดงว่าการย่อยเกิดขึ้นสมบูรณ์แต่ถ้ายังมีสีเหลืองหรือสีน้ำตาลก็ทำการย่อยต่อไปอีก 30 นาที จากนั้นทำการปิดเครื่องย่อย
5. การกลั่นและการไตเตรต โดยเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อยแต่ละหลอด สังเกตว่าเกิดควันสีขาวและความร้อนขึ้น รอให้หลอดเย็นลงใช้เวลา ประมาณ 10-20 นาทีทำการหยดทาทาซิโร อินดิเคเตอร์ 2-3 หยดลงในหลอดย่อยแต่ละหลอด จะได้สารละลายสีชมพู รินสารละลายกรดบอริก เข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร ทำการหยดทาทาซิโร อินดิเคเตอร์ 2-3 หยดลงในบีกเกอร์ จะได้สารละลายสีชมพู ทำการเปิดสวิตช์เครื่องกลั่นหาโปรตีน โดยทำการกลั่นด้วยน้ำกลั่นประมาณ 2 ครั้ง ก่อนและหลังการหาโปรตีนทุกครั้ง ต่อจากนั้นจึงทำการกลั่นตัวอย่างได้ จากนั้นนำหลอดตัวอย่างมาทำการกลั่น โดยเติมสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์เข้มข้น 38 เปอร์เซ็นต์ สังเกตสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสี



ชมพูเป็นสีเขียว จึงหยุดเติมสารละลายดังกล่าว เมื่อการกลั่นเริ่มต้นสีของสารละลายบอริกจากสีชมพูเป็นสีเขียว กลั่นจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร จึงทำการทดสอบว่าแอมโมเนียที่เกิดขึ้นหมดไปหรือยัง โดยใช้กระดาษลิตมัสทดสอบถ้าสีของกระดาษไม่เปลี่ยนสีแสดงว่าแอมโมเนียหมดแล้ว จึงหยุดการกลั่น นำบีกเกอร์ดังกล่าวมาทำการไตเตรตด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.10 N สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู ทำการบันทึกปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

### การวิเคราะห์หาไขมัน

#### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้อบ
2. ขวดกั้นแบน
3. เครื่องควมแน่น
4. เตาให้ความร้อน
5. โถดูดความร้อน
6. เครื่องชั่ง
7. Soxhlet
8. Thimble

#### สารเคมี

1. Pumice stone
2. ไคคลอโรมีเทน

#### วิธีทำการทดลอง

1. นำขวดกั้นกลมพร้อม Pumice stone เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง
2. นำมาทิ้งให้เย็นในโถดูดความร้อน จนแน่ใจว่าน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนัก
3. ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ลงในกระดาษกรอง ม้วนกระดาษใส่ลงใน thimble
4. นำ thimble ใส่ลงใน Soxhlet
5. เติมไคคลอโรมีเทนลงในขวดกั้นแบนประมาณ 2/3 ของขวดกั้นกลม
6. จากนั้นนำขวดมาตั้งบนเตาให้ความร้อน ต่อปลาย Soxhlet เข้ากับขวดกั้นแบน

7. เปิดเครื่องควบแน่น เตาให้ความร้อน จับเวลาในขณะที่สารละลายเริ่มเดือด (สังเกตดูว่าในช่วงโมงแรก ๆ สารละลายไดคลอโรมีเทนจะชะล้างสารมีสี pigment ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในตัวอย่างอาหาร) นาน 8-12 ชั่วโมง ก็ขึ้นอยู่กับชนิด ปริมาณของตัวอย่าง
8. ค่อย ๆ เทสารละลายไดคลอโรมีเทน และ thimble ออกจาก Soxhlet ให้เหลือในขวดก้นแบนน้อยที่สุด แต่อย่าให้ไขมันที่สกัดได้ใหม่ติดกับก้นขวด
9. ปิดเตาให้ความร้อน ยกขวดก้นแบนออกจากเตาให้ความร้อนด้วย ทำการถอด Soxhlet ออกจากขวดก้นแบน ทำการปิดเครื่องควบแน่นด้วย
10. นำขวดก้นแบนที่มีไขมัน เข้าสู่อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที
11. นำมาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จนแน่ใจว่าน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนัก

#### การวิเคราะห์หาเยื่อใย

##### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. เครื่องย่อยหาเยื่อใย
3. ครูชีเบล
4. กระดาษกรองเบอร์ 40 หรือ 41
5. ตู้อบ
6. เตาเผา
7. เครื่องชั่ง
8. โถดูดความชื้น
9. เครื่องดูดสูญญากาศ
10. กาต้มน้ำ
11. เตาให้ความร้อน

##### สารเคมี

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์
2. กรดซัลฟูริก
3. อะซีโตน

##### วิธีทำการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 3 กรัมลงในบีกเกอร์ทรงสูงขนาด 600 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายกรดซัลฟูริก 3.125 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร

3. นำบีกเกอร์ไปต้มให้ความร้อนบนเครื่องย่อยหาเชื้อไข จับเวลาเมื่อสารละลายเริ่มเดือดนาน 10 นาที
4. นำกาน้ำไปต้มให้ความร้อน เตรียมไว้สำหรับล้างตะกอน
5. เปิดเครื่องดูดสุญญากาศ นำมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 40 ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน ปริมาตร 500 มิลลิลิตร
6. นำตะกอนถ่ายลงบีกเกอร์ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3.125 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร
7. นำบีกเกอร์ไปต้มให้ความร้อนบนเครื่องหาเชื้อไข จับเวลาเมื่อสารละลายเริ่มเดือดนาน 10 นาที
8. เปิดเครื่องดูดสุญญากาศ นำมาผ่านกระดาษกรองเบอร์ 40 ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน ปริมาตร 500 มิลลิลิตร
9. ล้างตะกอนด้วยอะซิโตน เพื่อให้ตะกอนแห้งเร็วขึ้น
10. นำตะกอนไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสค้างคืน
11. นำครุชเชิลไปทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักครุชเชิล
12. นำครุชเชิลเข้าไปในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง
13. นำครุชเชิลไปทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักครุชเชิล

#### การวิเคราะห์หา Neutral Detergent Fiber

##### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือสำหรับการ reflux ประกอบไปด้วยเครื่องให้ความร้อนและเครื่องควบแน่น
2. ครุชเชิลชนิดหยาบ เบอร์ 1
3. ขวดก้นกลม
4. ฝู้อบ
5. เตาเผา
6. เครื่องชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
7. โถดูดความชื้น
8. ช้อนตักสาร
9. ถุงมือป้องกันความร้อน

## สารเคมี

1. Triethylene glycol
2. สารละลาย neutral detergent ทำการเตรียมปริมาตรรวม 10 ลิตร โดยชั่ง EDTA disodium salt dehydrate 186.1 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร ตามด้วย Sodium tetraborate decahydrate (borax) 68.1 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร จากนั้นนำไปให้ความร้อนบน hot plate พร้อมกับใช้ magnetic stirrer คนจนกระทั่งละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นชั่ง Disodium hydrogen phosphate 45.6 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 0.5 ลิตร จากนั้นนำไปให้ความร้อนบน hot plate พร้อมกับใช้ magnetic stirrer คนจนกระทั่งละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ชั่ง Sodium lauryl sulphate 300 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 2 ลิตร จากนั้นนำไปให้ความร้อนบน hot plate พร้อมกับใช้ magnetic stirrer คนจนกระทั่งละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นทำการผสมสารละลายลงในขวดขนาด 10 ลิตร โดยเติมน้ำกลั่น 6 ลิตร Triethylene glycol 100 มิลลิลิตร สารละลาย EDTA borax สารละลาย Sodium lauryl sulphate และสารละลาย Disodium hydrogen phosphate ในการทำการผสม จะต้องทำการผสมสารละลายดังกล่าวให้เข้ากันได้ดี และทำการวัดค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 6.9 ถึง 7.1 สารละลายที่เตรียมได้นี้ อาจเกิดการตกตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ และสามารถละลายได้ถ้านำไปให้ความร้อน โดยนำไปวางในอ่างน้ำร้อนหรือบน hot plate จะเห็นได้ว่า สารละลายจะกลับใสอีกครั้งหนึ่ง แต่ถ้าตั้งทิ้งไว้ก็สามารถตกตะกอนได้อีก เราสามารถละลายโดยใช้วิธีข้างต้นได้

## วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
2. เติมสารละลาย NDF ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวด
3. นำไปให้ความร้อน ปรับความแรงของระดับความร้อน อย่าให้เกิดฟองมาก
4. ทำการ reflux โดยเริ่มจับเวลาเมื่อสารละลายเริ่มเดือด เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง
5. ขณะทำการ reflux ให้นำครุชชีเบิ้ลออกจากตู้อบ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และนำมาทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น จากนั้นทำการชั่งครุชชีเบิ้ล พร้อมกับบันทึกน้ำหนัก
6. นำขวดก้นกลมออกจากเครื่องให้ความร้อน
7. ทำการกรองตัวอย่างผ่านครุชชีเบิ้ล อย่าลืมหักตัวอย่างที่อยู่ภายในขวดก้นกลมผ่านครุชชีเบิ้ลให้หมด โดยใช้ความร้อนช่วยในการล้างตะกอน
8. จะต้องแน่ใจว่า ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนจนสารละลาย NDF หมด

9. นำครุชิวีลใส่ในภาชนะแล้วไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ค้างคืน
10. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นทำการชั่งครุชิวีล พร้อมกับบันทึกน้ำหนัก
11. นำครุชิวีลเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง (เริ่มจับเวลาขณะที่อุณหภูมิถึง 550 องศาเซลเซียส)
12. ขณะที่เตาเผายังคงร้อนอยู่ ห้ามนำเอาครุชิวีลออกจากเตาเผาจนกระทั่งเข้าอีกวันหนึ่ง
13. จากนั้นนำครุชิวีลใส่ในภาชนะแล้วไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นทำการชั่งครุชิวีล พร้อมกับบันทึกน้ำหนัก

#### การวิเคราะห์หา Acid Detergent Fiber

##### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือสำหรับการ reflux ประกอบไปด้วยเครื่องให้ความร้อนและเครื่องควบแน่น
2. ครุชิวีล ชนิดหยาบ เบอร์ 1
3. ขวดก้นกลม
4. ตู้อบ
5. เตาเผา
6. เครื่องชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
7. โถดูดความชื้น
8. ซ้อนตักสาร
9. ถุงมือป้องกันความร้อน

##### สารเคมี

1. สารละลาย Acid detergent เตรียมปริมาตร 10 ลิตร เริ่มโดยทำการชั่ง hexadecyltrimethylammonium 200 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 1.50 ลิตร จากนั้นนำไปให้ความร้อนบน hot plate พร้อมกับใช้ Magnetic stirrer คนจนกระทั่งละลายเข้ากันเป็นเนื้อเดียว ทำในตู้ดูดควัน นำบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.725 ลิตร จากนั้นรินกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98 % ปริมาตร 275 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนจนแน่ใจว่าละลายเข้ากันได้ดี เติมน้ำกลั่นปริมาตร 6.5 ลิตร ลงในขวดเก็บสารละลายขนาด 1 ลิตร จากนั้นเติมสารละลาย CTAB ตามด้วยสารละลาย กรดซัลฟูริก ใช้แท่งแก้วคนจนแน่ใจว่าละลายเข้ากันได้ดี ซึ่งความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกเท่ากับ 1 N

2. Decaline (Decahydronaphthalene)
3. กรดซัลฟูริกเข้มข้น 72 %

#### วิธีทำการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) 0.1-0.2 กรัม ลงในขวดก้นกลม
2. เติมสารละลาย ADF ปริมาตร 50 มล. ลงในแต่ละขวด
3. นำไปให้ความร้อน ปรับความแรงของระดับความร้อน อย่าให้เกิดฟองมาก แต่ถ้าเกิดฟองมากสามารถหยด decaline ลงไปประมาณ 2-3 มิลลิลิตร
4. ทำการ reflux โดยเริ่มจับเวลาเมื่อสารละลายเริ่มเดือด เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง
5. ขณะทำการ reflux ให้นำครุชเบิลออกจากตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และนำมาทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น จากนั้นทำการชั่งครุชเบิล พร้อมกับบันทึกน้ำหนัก
6. นำขวดก้นกลมออกจากเครื่องให้ความร้อน
7. ทำการกรองตัวอย่างผ่านครุชเบิล อย่าสัมผัสตัวอย่างที่อยู่ภายในขวดก้นกลมผ่านครุชเบิลให้หมด โดยใช้ความร้อนช่วยในการล้างตะกอน
8. จะต้องแน่ใจว่า ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนจนสารละลาย ADF หมด
9. นำครุชเบิลใส่ในภาชนะแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ค้างคืน
10. ทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น จากนั้นทำการชั่งครุชเบิล พร้อมกับบันทึกน้ำหนัก

**ภาคผนวก ค**  
**ข้อมูลการวิเคราะห์ผลทางสถิติ**

**ตารางผนวก 1** ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (% วัตถุแห้ง)

	Source	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
DM	Between Groups	0.209	3	0.070	3.205	0.145
	Within Groups	0.087	4	0.022		
	Total	0.296	7			
Ash	Between Groups	0.065	3	0.022	2.378	0.211
	Within Groups	0.036	4	0.009		
	Total	0.101	7			
CP	Between Groups	0.326	3	0.109	1.563	0.330
	Within Groups	0.278	4	0.069		
	Total	0.603	7			
CF	Between Groups	84.374	3	28.125	166.807	0.000
	Within Groups	0.674	4	0.169		
	Total	85.048	7			
EE	Between Groups	0.802	3	0.267	14.395	0.013
	Within Groups	0.074	4	0.019		
	Total	0.876	7			
ความชื้น	Between Groups	0.209	3	0.070	3.205	0.145
	Within Groups	0.087	4	0.022		
	Total	0.296	7			

ตารางผนวก 2 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (dry matter digestibility coefficient ; DDM)

Source	Type III Sum				
	of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	742.484(a)	12	61.874	4.470	.009
Intercept	82107.092	1	82107.092	5931.923	.000
t	50.312	3	16.771	1.212	.351
p	169.816	2	84.908	6.134	.016
i	481.015	7	68.716	4.965	.009
Error	152.257	11	13.842		
Total	83001.834	24			
Corrected Total	894.741	23			

a R Squared = .830 (Adjusted R Squared = .644)

ตารางผนวก 3 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (organic matter digestibility coefficient ; DOM)

Source	Type III Sum				
	of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	664.261(a)	12	55.355	4.587	.008
Intercept	89378.436	1	89378.436	7405.543	.000
t	77.257	3	25.752	2.134	.154
p	136.612	2	68.306	5.660	.020
i	418.507	7	59.787	4.954	.010
Error	132.760	11	12.069		
Total	90175.457	24			
Corrected Total	797.022	23			

a R Squared = .833 (Adjusted R Squared = .652)



ตารางผนวก 4 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนหยาบ (crude protein digestibility coefficient ; DCP)

Source	Type III Sum of				
	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1149.077(a)	12	95.756	3.499	.023
Intercept	70568.415	1	70568.415	2578.916	.000
t	76.641	3	25.547	.934	.457
p	195.925	2	97.962	3.580	.063
i	903.985	7	129.141	4.719	.011
Error	301.000	11	27.364		
Total	72018.492	24			
Corrected Total	1450.077	23			

a R Squared = .792 (Adjusted R Squared = .566)

ตารางผนวก 5 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (ether extract digestibility coefficient ; DEE)

Source	Type III Sum of				
	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	838.250(a)	12	69.854	1.442	.276
Intercept	65016.696	1	65016.696	1342.144	.000
t	15.427	3	5.142	.106	.955
p	228.452	2	114.226	2.358	.141
i	586.076	7	83.725	1.728	.200
Error	532.867	11	48.442		
Total	66387.813	24			
Corrected Total	1371.117	23			

a R Squared = .611 (Adjusted R Squared = .187)

ตารางผนวก 6 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเชื้อใยหยาบ (crude fiber digestibility coefficient ; DCF)

Source	Type III Sum of				
	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2279.711(a)	12	189.976	7.746	.001
Intercept	49807.104	1	49807.104	2030.753	.000
t	720.725	3	240.242	9.795	.002
p	564.687	2	282.344	11.512	.002
i	1155.695	7	165.099	6.731	.003
Error	269.791	11	24.526		
Total	52356.605	24			
Corrected Total	2549.502	23			

a R Squared = .894 (Adjusted R Squared = .779)

ตารางผนวก 7 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเชื้อใยที่ละลายในด่าง (neutral detergent fiber digestibility coefficient ; DNDF)

Source	Type III Sum of				
	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1683.923(a)	12	140.327	6.445	.002
Intercept	60553.270	1	60553.270	2780.931	.000
t	307.779	3	102.593	4.712	.024
p	431.360	2	215.680	9.905	.003
i	776.442	7	110.920	5.094	.009
Error	239.519	11	21.774		
Total	62476.711	24			
Corrected Total	1923.442	23			

a R Squared = .875 (Adjusted R Squared = .740)

ตารางผนวก 8 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในกรด (acid detergent fiber digestibility efficient ; DADF)

Type III Sum of					
Source	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1851.745(a)	12	154.312	6.650	.002
Intercept	45960.253	1	45960.253	1980.739	.000
t	266.765	3	88.922	3.832	.042
p	398.310	2	199.155	8.583	.006
i	1094.062	7	156.295	6.736	.003
Error	255.239	11	23.204		
Total	48067.237	24			
Corrected Total	2106.984	23			

a R Squared = .879 (Adjusted R Squared = .747)

ตารางผนวก 9 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตประเภทที่ย่อยได้ง่าย (nitrogen free extract digestibility ; DNFE)

Type III Sum of					
Source	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	412.939(a)	12	34.412	3.290	.029
Intercept	111442.970	1	111442.970	10653.809	.000
t	28.526	3	9.509	.909	.468
p	69.916	2	34.958	3.342	.073
i	254.931	7	36.419	3.482	.032
Error	115.064	11	10.460		
Total	111970.974	24			
Corrected Total	528.004	23			

a R Squared = .782 (Adjusted R Squared = .544)

ตารางผนวก 10 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณวัตถุดิบแห้งย่อยได้ (dry matter digestible intake; DDMI)

Source	Type III Sum of				
	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	73379.416(a)	12	6114.951	8.924	.000
Intercept	4101680.389	1	4101680.389	5985.799	.000
t	1938.150	3	646.050	.943	.453
p	8015.409	2	4007.705	5.849	.019
i	58617.566	7	8373.938	12.221	.000
Error	7537.588	11	685.235		
Total	4182597.393	24			
Corrected Total	80917.004	23			

a R Squared = .907 (Adjusted R Squared = .805)

ตารางผนวก 11 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรีย์วัตถุดิบย่อยได้ (organic matter digestible intake; DOMI)

Source	Type III Sum of				
	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	60440.611(a)	12	5036.718	9.802	.000
Intercept	3852450.075	1	3852450.075	7497.591	.000
t	2633.203	3	877.734	1.708	.223
p	5486.071	2	2743.036	5.338	.024
i	49011.096	7	7001.585	13.626	.000
Error	5652.075	11	513.825		
Total	3918542.761	24			
Corrected Total	66092.686	23			

a R Squared = .914 (Adjusted R Squared = .821)

ตารางผนวก 12 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ โปรตีนย่อยได้ (protein digestible intake; DCPI)

Source	Type III Sum of				
	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	788.840(a)	12	65.737	3.834	.017
Intercept	42924.350	1	42924.350	2503.638	.000
t	40.349	3	13.450	.784	.527
p	120.637	2	60.319	3.518	.066
i	636.720	7	90.960	5.305	.007
Error	188.593	11	17.145		
Total	43901.783	24			
Corrected Total	977.433	23			

a R Squared = .807 (Adjusted R Squared = .597)

ตารางผนวก 13 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไขมันย่อยได้ (ether extract digestible intake; DEEI)

Source	Type III Sum of				
	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	95.774(a)	12	7.981	2.079	.118
Intercept	5004.615	1	5004.615	1303.450	.000
t	7.945	3	2.648	.690	.577
p	17.114	2	8.557	2.229	.154
i	66.840	7	9.549	2.487	.086
Error	42.235	11	3.840		
Total	5142.624	24			
Corrected Total	138.008	23			

a R Squared = .694 (Adjusted R Squared = .360)

ตารางผนวก 14 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเชื้อใยย่อยได้ (crude fiber digestible intake; DCFI)

Source	Type III Sum of				
	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6111.889(a)	12	509.324	9.115	.000
Intercept	95863.024	1	95863.024	1715.555	.000
t	370.842	3	123.614	2.212	.144
p	986.458	2	493.229	8.827	.005
i	4869.044	7	695.578	12.448	.000
Error	614.666	11	55.879		
Total	102589.579	24			
Corrected Total	6726.555	23			

a R Squared = .909 (Adjusted R Squared = .809)

ตารางผนวก 15 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเชื้อใยที่ละลายในด่างย่อยได้ (neutral detergent fiber digestible; DNDFI)

Source	Type III Sum of				
	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11482.083(a)	12	956.840	9.787	.000
Intercept	168052.870	1	168052.870	1718.931	.000
t	196.188	3	65.396	.669	.589
p	1405.426	2	702.713	7.188	.010
i	8588.642	7	1226.949	12.550	.000
Error	1075.425	11	97.766		
Total	180610.379	24			
Corrected Total	12557.509	23			

a R Squared = .914 (Adjusted R Squared = .821)

ตารางผนวก 16 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเชื้อใยที่ละลายในกรดย่อยได้ (acid detergent fiber digestible intake; DADFI)

Type III Sum of					
Source	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	40857.437(a)	12	3404.786	11.481	.000
Intercept	790868.120	1	790868.120	2666.771	.000
t	4899.494	3	1633.165	5.507	.015
p	5561.563	2	2780.782	9.377	.004
i	25512.516	7	3644.645	12.290	.000
Error	3262.203	11	296.564		
Total	834987.761	24			
Corrected Total	44119.640	23			

a R Squared = .926 (Adjusted R Squared = .845)

ตารางผนวก 17 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคาร์โบไฮเดรตประเภทที่ย่อยได้ง่าย (nitrogen free extract digestible intake; DNFEI)

Type III Sum of					
Source	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	20941.525(a)	12	1745.127	10.080	.000
Intercept	1891210.641	1	1891210.641	10923.437	.000
t	1941.441	3	647.147	3.738	.045
p	1117.834	2	558.917	3.228	.079
i	15695.000	7	2242.143	12.950	.000
Error	1904.466	11	173.133		
Total	1914056.632	24			
Corrected Total	22845.991	23			

a R Squared = .917 (Adjusted R Squared = .826)

ตารางผนวก 18 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของโภชนะรวมย่อยได้ (total digestible nutrient ; TDN) โดยวิธีดั้งเดิม

Type III Sum of					
Source	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	321.730(a)	12	26.811	4.850	.007
Intercept	53286.123	1	53286.123	9638.940	.000
t	89.074	3	29.691	5.371	.016
p	39.446	2	19.723	3.568	.064
i	152.009	7	21.716	3.928	.022
Error	60.810	11	5.528		
Total	53668.664	24			
Corrected Total	382.540	23			

a R Squared = .841 (Adjusted R Squared = .668)

ตารางผนวก 19 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy ; ME) โดยวิธีดั้งเดิม

Type III Sum of					
Source	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11.043(a)	12	.920	6.212	.002
Intercept	2909.282	1	2909.282	19640.273	.000
t	3.110	3	1.037	6.999	.007
p	2.934	2	1.467	9.904	.003
i	5.905	7	.844	5.695	.006
Error	1.629	11	.148		
Total	2921.954	24			
Corrected Total	12.672	23			

a R Squared = .871 (Adjusted R Squared = .731)



ตารางผนวก 20 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานสุทธิเพื่อใช้ในการให้นม (net energy for lactation,  $NE_L$ )

Source	Type III Sum of				
	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9.138(a)	12	.762	5.810	.003
Intercept	701.447	1	701.447	5351.599	.000
t	2.569	3	.856	6.533	.008
p	2.516	2	1.258	9.599	.004
i	4.814	7	.688	5.247	.008
Error	1.442	11	.131		
Total	712.027	24			
Corrected Total	10.580	23			

a. R Squared = .864 (Adjusted R Squared = .715)

ตารางภาคผนวก 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายตัวของวัตถุแห้ง (DM) ของอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่มในกระเพาะรูเมนในชั่วโมงต่าง ๆ ในการทดลองการย่อยได้โดยใช้ถุงไนล่อน

	Source	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
h2	Between Groups	42.000	3	14.000	1.787	0.227
	Within Groups	62.667	8	7.833		
	Total	104.667	11			
h4	Between Groups	6.729	3	2.243	1.709	0.242
	Within Groups	10.500	8	1.313		
	Total	17.229	11			
h8	Between Groups	26.729	3	8.910	4.752	0.035
	Within Groups	15.000	8	1.875		
	Total	41.729	11			
h16	Between Groups	132.250	3	44.083	16.030	0.001
	Within Groups	22.000	8	2.750		
	Total	154.250	11			
h24	Between Groups	413.396	3	137.799	18.632	0.001
	Within Groups	59.167	8	7.396		
	Total	472.563	11			
h48	Between Groups	513.563	3	171.188	9.212	0.006
	Within Groups	148.667	8	18.583		
	Total	662.229	11			
h72	Between Groups	497.833	3	165.944	10.822	0.003
	Within Groups	122.667	8	15.333		
	Total	620.500	11			

ตารางผนวก 22 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าพารามิเตอร์ของการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้ง (DM) ของอาหารทดลองที่ผสมกะลามะลิสดกาแฟทั้ง 4 ระดับ ในการทดลองการย่อยได้โดยใช้ถุงไนล่อน

	Source	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
a	Between Groups	37.847	3	12.616	4.634	.022
	Within Groups	32.667	12	2.722		
	Total	70.514	15			
b	Between Groups	939.207	3	313.069	29.207	.000
	Within Groups	128.628	12	10.719		
	Total	1067.834	15			
c	Between Groups	0.000	3	0.000	1.005	.424
	Within Groups	0.001	12	0.000		
	Total	0.001	15			
A	Between Groups	5.390	3	1.797	41003825 06053362 00000000 0000000. 000	.000
	Within Groups	.000	12	.000		
	Total	5.390	15			
B	Between Groups	566.780	3	188.927	21.658	.000
	Within Groups	104.680	12	8.723		
	Total	671.460	15			
A+B	Between Groups	462.507	3	154.169	17.566	.000
	Within Groups	105.317	12	8.776		
	Total	567.824	15			
ED 0.05	Between Groups	18.885	3	6.295	3.065	.069
	Within Groups	24.645	12	2.054		
	Total	43.530	15			

ตารางผนวก 23 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการทำนายวัตถุดิบที่กินได้ (dry matter intake, DMI) ปริมาณวัตถุดิบที่ย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (digestibility dry matter intake, DDMI) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และค่าดัชนีปั่งชี้ (Index value) ของอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

	Source	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
DMI	Between Groups	4.092	3	1.364	19.547	0.000
	Within Groups	.837	12	0.070		
	Total	4.929	15			
DDMI	Between Groups	2.184	3	0.728	29.172	0.000
	Within Groups	.299	12	0.025		
	Total	2.483	15			
GR	Between Groups	73.306	3	24.435	5928.968	0.000
	Within Groups	.049	12	0.004		
	Total	73.355	15			
IV	Between Groups	257.248	3	85.749	21.425	0.000
	Within Groups	48.029	12	4.002		
	Total	305.277	15			

ตารางผนวก 24 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สที่ชั่วโมงต่างๆ ในการทดลอง Gass production techniques ของอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

	Source	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
h2	Between Groups	42.000	3	14.000	1.787	0.227
	Within Groups	62.667	8	7.833		
	Total	104.667	11			
h4	Between Groups	6.729	3	2.243	1.709	0.242
	Within Groups	10.500	8	1.313		
	Total	17.229	11			
h8	Between Groups	26.729	3	8.910	4.752	0.035
	Within Groups	15.000	8	1.875		
	Total	41.729	11			
h16	Between Groups	132.250	3	44.083	16.030	0.001
	Within Groups	22.000	8	2.750		
	Total	154.250	11			
h24	Between Groups	413.396	3	137.799	18.632	0.001
	Within Groups	59.167	8	7.396		
	Total	472.563	11			
h48	Between Groups	513.563	3	171.188	9.212	0.006
	Within Groups	148.667	8	18.583		
	Total	662.229	11			
h72	Between Groups	497.833	3	165.944	10.822	0.003
	Within Groups	122.667	8	15.333		
	Total	620.500	11			

ตารางผนวก 25 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม ( $NE_L$ ) ในการทดลอง Gass production techniques ของอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

	Source	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
OMD	Between Groups	401.458	3	133.819	19.228	.001
	Within Groups	55.677	8	6.960		
	Total	457.135	11			
ME	Between Groups	11.241	3	3.747	21.687	.000
	Within Groups	1.382	8	0.173		
	Total	12.623	11			
$NE_L$	Between Groups	5.883	3	1.961	21.685	.000
	Within Groups	0.723	8	0.090		
	Total	6.606	11			

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายธนพล วงศ์เอื้อ
วัน เดือน ปีเกิด	24 กันยายน 2527
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้น โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์ วิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2535 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเชียงราย วิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ปีการศึกษา 2538 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนจุฬาภรณราช วิทยาลัย เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ปีการศึกษา 2541 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนจุฬาภรณราช วิทยาลัย เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ปีการศึกษา 2544 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาสัตว ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2548

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved