



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
รหัสโครงการ 2557A11503097

แผนงานวิจัย

การวิจัย และพัฒนาการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาของทางใบปาล์มน้ำมันโดยใช้
การหมักย่อยของจุลินทรีย์เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Research and Development Nutritive Quality Improvement Value of
Oil Palm Frond by Microbial Fermentation as Ruminant Feeds

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่น จันจุฬา

หัวหน้าโครงการย่อย

รองศาสตราจารย์ กำพล ประทีปชัยกูร
รองศาสตราจารย์ ดร. วสันต์ เพชรรัตน์
รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่น จันจุฬา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤต สมนึก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมเกียรติ นาคกุล
นายประยูร ต้วงศิริ
นายนิยม พรหมรัตน์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

- โครงการวิจัยย่อยที่ 1 เครื่องแยกไบโพาล์มน้ำมันและเครื่องสับย่อยไบโพาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง
หัวหน้าโครงการ รองศาสตราจารย์ กำพล ประทีปชัยกูร
- โครงการวิจัยย่อยที่ 2 ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางไบโพาล์มน้ำมัน
หัวหน้าโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร. วสันต์ เพชรรัตน์
- โครงการวิจัยย่อยที่ 3 ผลของ fungal treatment ต่อการย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก และสมรรถภาพการผลิตของแพะขุน
หัวหน้าโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่น จันจุฬา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย แก่โครงการวิจัยเรื่อง “การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาะของทางใบปาล์มน้ำมันโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์ในอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง” ซึ่งดำเนินการวิจัยโดยได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากเงินประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 โดยเริ่มโครงการวิจัยเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 ตลอดจน ภาควิชาสัตวศาสตร์ และภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ได้ให้ความสะดวกในการดำเนินการวิจัยในด้านสถานที่ อุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ และรวมทั้งคณาจารย์ นักศึกษาบัณฑิตศึกษา และบุคลากรทุกท่าน ที่มีส่วนที่ทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดียิ่ง

บทคัดย่อ

ชุดโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อสร้างเครื่องที่สามารถแยกใบปาล์มออกจากแกนทางใบปาล์มน้ำมัน และเครื่องสับย่อยใบปาล์ม หลังจากนั้นจึงศึกษาวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนา และศึกษาการย่อยได้ของทางใบปาล์ม น้ำมันที่ผ่านการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์ในแพะ โดยชุดโครงการประกอบด้วย โครงการวิจัยย่อยต่างๆ จำนวน 3 โครงการ คือ

การทดลองที่ 1) เครื่องแยกใบปาล์มน้ำมันและเครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง พบว่าสามารถทำการแยกใบปาล์มได้ เฉลี่ย 18.78 กก/นาที่ ในขณะที่เครื่องย่อยใบปาล์มสามารถทำการย่อยได้ 25.04 กก/นาที่ เมื่อคิดเวลาทำงานเฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อวัน เครื่องแยกใบปาล์มจะมีกำลังการผลิต 9,014.4 กิโลกรัม/วัน ในขณะที่เครื่องย่อยใบปาล์มจะมีกำลังการผลิต 12,019.2 กิโลกรัมต่อวัน

การทดลองที่ 2) การศึกษานี้แบ่งออกเป็นทดลองย่อยๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเจริญ คุณค่าทางอาหาร และความสามารถในการย่อยสลายได้ในใบปาล์ม (OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ด้วยเชื้อราเนาขาว (WRF) 6 ชนิด ได้แก่ เห็ดนางรมฮังการี (*Pleurotus ostreatus*, PO) เห็ดนางนวล (*Pleurotus djamor*, PD) เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus*, LS) เห็ดแครง (*Schizophyllum commune*, SC) เห็ดกระด้าง (*Lentinus polychrous*, LP) และเห็ดตีนปลอก (*Lentinus sajor-caju*, LSc) หมักเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า เชื้อเห็ดตีนปลอก (LSc) สามารถเจริญได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติบน OPL และ OPF และการเสริมยูเรีย (0, 0.5 และ 1%) พบว่าช่วยเพิ่มอัตราการเจริญของเชื้อรา โดยเฉพาะกลุ่มเชื้อเห็ด LSc มีการพัฒนาของเชื้อสูงกว่า ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเห็ดกลุ่มอื่นๆ และในกลุ่มเชื้อราพบว่า เชื้อ LSc ทำให้ผนังเซลล์ลดลงและเพิ่มทำให้ OPL และ OPF มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) โดยเฉพาะปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมยูเรียที่เพิ่มขึ้น

การศึกษาค่าการย่อยสลายได้ของ OPL และ OPF ด้วยเชื้อรา 6 ชนิดโดยใช้เทคนิคถุงไนลอน พบว่าการย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มในกระเพาะรูเมน (0-96 ชั่วโมง) โดยเชื้อ LSc มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด การวิเคราะห์ค่าการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของ DMD (DM degradation) ของวัตถุดิบอาหารทดลองทั้งหมด พบว่ามีอิทธิพลร่วมของเชื้อรา (F) และระดับยูเรีย (U) ต่อค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ (washing loss rate, a) ค่าการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน (potential degradability rate, a+b) พบว่าเชื้อ LSc มีค่าการย่อยสลายได้สูงกว่า ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเชื้อกลุ่มอื่นๆ ทำนองเดียวกับการเสริมยูเรีย (0, 0.5 และ 1%) พบว่าเชื้อ LSc มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD สูงกว่า ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเห็ดกลุ่มอื่นๆ จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า OPL และ OPF ที่ปรับปรุงด้วยเชื้อรา *Lentinus sajor-caju* (LSc) และเสริมยูเรีย (0.5-1%) เป็นเวลา 3 สัปดาห์ สามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหาร และการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน

การทดลองที่ 3) ได้ทำการศึกษาในแพะลูกผสมเพศผู้ น้ำหนักเฉลี่ย 33.5±1.7 กิโลกรัม ใช้แผนทดลองแบบ 3x3 จัตุรัสละตินที่ทำซ้ำหลายจัตุรัส ให้ได้รับอาหารผสมเสร็จ 3 สูตร คือ อาหารประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันที่ไม่หมัก (untreated oil palm frond, UOPF) ทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อรา (fungal treated oil palm frond, FTOPF) และทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อราพร้อมกับยูเรีย 1% (fungal treated oil palm frond with 1% urea, FTOPFU) โดยให้แพะทุกตัวได้รับอาหารผสมครบส่วนในอัตราอาหารข้น:อาหารหยาบ 70:30 % แบบเต็ม (ad libitum) ผลการทดลองพบว่า พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุแห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง $\text{NH}_3\text{-N}$ ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด กรดบิวทิริก และกรดไขมันอื่นๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ยกเว้น กรดโพรพอยนิก และค่าสัดส่วนความเข้มข้นของ $\text{C}_2:\text{C}_3$ ที่ 0 ชั่วโมงหลังการให้อาหารที่แตกต่างกัน ($P<0.05$) ส่วน ประชากรจุลินทรีย์ และสมดุลไนโตรเจนมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ขณะที่ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนา (DM, OM, CP, EE, NDF, and ADF) มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$)

ศึกษาถึงผลของทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อราต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อแพะ จำนวน 18 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 18.7±2 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์

(Randomized Complete Block Design) ให้แพะได้รับอาหารผสมเสร็จ 3 สูตร คือ อาหารประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันที่หมัก (UOPF) ทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อรา (FTOPF) และทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อรา ร่วมกับยูเรีย 1% (FTOPFU) โดยให้แพะทุกตัวได้รับอาหารผสมครบส่วน ในอัตราอาหารชั้น:อาหารหยาบ 70:30 % แบบเต็มที (*ad libitum*) ทำการฆ่าแพะเมื่อเลี้ยงครบกำหนด 90 วัน บันทึกน้ำหนักซากอ่อน และองค์ประกอบซาก วัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อ ผลการทดลอง พบว่าน้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด (วัตถุแห้ง) อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเพิ่มของแพะไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ทำนองเดียวกับ คุณลักษณะทางซาก และคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อแพะทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$)

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับ 30 % ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ และเมทาบอลิซึมในเลือดแพะ ดังนั้น สามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรามาเป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทนในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง

คำสำคัญ: ทางใบปาล์มน้ำมัน ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา การใช้ประโยชน์ของโภชนะ สมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก แพะ

Abstract

The objectives of this research project were to design and construct palm leaves separator machine from palm frond and to design and construct the palm leaves chipper to chip the palm leaves and to find out ways to determine the growth ability, nutritive value and rumen degradability of OPL (oil palm leaflet) and OPF (oil palm frond) with six species of white rot fungi (WRF) and also to examine digestion, performance, and carcass traits of goats fed fungal treated oil palm fronds diets. This project included three sub-projects as follows:

Experiment I. Oil palm leaflets separator and oil palm leaflets shredder for the diet of ruminant animals showed that Palm frond is fed through the leaves separating blades in which palm leaves will be separate from the frond then the empty palm stem will be forced to the chopping blades by the compression rolls. Empty stem will be cut into small pieces. Palm leaves will feed into the chopper in order to chop palm leaves into 1-2 cm. size. It is found that the capacity of the separator is about 9,014.4 kg/day and the capacity of the chopper is about 12,019.2 kg/day (at 8 hours/day working time).

Experiment II. A series of experiments was conducted to determine the growth ability, nutritive value and rumen degradability of OPL (oil palm leaflet) and OPF (oil palm frond) with six species of white rot fungi (WRF), which included *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus djamor*, *Lentinus squarrosulus*, *Schizophyllum commune*, *Lentinus polychrous*, *Lentinus sajor-caju* (coded PO, PD, LS, SC, LP and LSc) were grown on OPL and OPF for three weeks by solid state fermentation. The results showed that LSc had a significantly ($P<0.05$) higher growth ability on OPL and OPF than for other treatments. Supplementation of OPL and OPF with 0, 0.5 and 1% urea enhanced the colonization and growth rate of fungi, particularly LSc treatments had higher growth rate ability on OPL and OPF. Among the WRF groups, the LSc showed in reduction of its cell wall components and increasing of CP and adding a high amount of urea (0.5-1%) intended to increase CP in OPL and OPF. The rumen degradability of OPL and OPF is fermented with six species of WRF using a nylon bag technique. The results showed that ruminal DM disappearances increased with rumen incubation time for all feed sources (0 to 96 h). LSc treatment had the greatest values at all times. The degradable fraction (a), degradation rate constant (c), asymptote (a+b) and effective degradability (ED) of DM was highest ($P<0.05$) on LSc as compared to all treatments. Similarly, supplementation of OPL and OPF with 0, 0.5 and 1% urea was higher ($P<0.05$) for LSc than for other treatments. It was concluded that treatment of OPL and OPF with the fungi of *Lentinus sajor-caju* (LSc) and urea (0.5-1%) for three weeks under solid state fermentation system improved the chemical composition and rumen degradability.

Experiment III. Six male crossbred (Thai Native x Anglo Nubian) goats (average BW 33.5 ± 1.7 kg) were randomly assigned according to a 3x3 replicated Latin square design to investigate the effects of fungal treated oil palm fronds into three groups. Three diets containing 30% of oil palm fronds either untreated (UOPF) or treated with *Lentinus sajor-caju* (FTOPF) with or without urea (FTOPFU) were offered *ad libitum* as total mixed ration. There were no significant differences ($P>0.05$) among treatment groups regarding DM intake, ruminal pH, $\text{NH}_3\text{-N}$, total ruminal VFA concentration, and molar proportion of butyrate and other VFA, except for molar proportion of

propionate (C_3), and the ratio of $C_2:C_3$ at 0 h-post feeding were affected ($P<0.05$) by treatments. Rumen microorganism populations and N balance were similar among treatments ($P>0.05$), while digestion coefficients of nutrients (DM, OM, CP, NDF, and ADF) were affected by the treatments ($P<0.05$) as compared between among the experimental diets with the control diet.

For feeding trial, the objective of this study was to examine performance, carcass traits, and muscle chemical composition of goats fed fungal treated oil palm fronds diets into three groups. A total of 18 goats (18.7 ± 2 kg of initial BW) were randomly assigned to three groups. Three diets containing 30% of oil palm fronds either untreated (UOPF) or treated with *Lentinus sajor-caju* (FTOPF) with or without urea (FTOPFU) were offered *ad libitum* as total mixed ration. Goats were slaughtered after 90 d of study. Hot carcass weight, carcass traits were recorded. The area, Warner-Bratzler shear force, and muscle chemical composition were determined. Fungal treated (FT) level did not affect final BW, DMI, ADG, and feed efficiency (G:F). Similarly, carcass characteristics, and muscle chemical composition were unaffected by dietary treatment.

In conclusion, the fungal treated oil palm fronds could be included in the diet of total mixed ration at 30%. Thus, this study suggested that FTOPF with or without urea could be a beneficial alternative source of roughage for ruminants.

Keywords: Oil palm frond, fungal treated oil palm frond, nutrient digestibility, growth performance, carcass characteristics, goat

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ก)
บทคัดย่อภาษาไทย	(ข)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ค)
สารบัญ	(ง)
1. ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
3. เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัย	2
4. วิธีการวิจัย ผลการทดลองและวิจารณ์	3
4.1 เครื่องแยกไบโพลีเมอร์และเครื่องสับย่อยไบโพลีเมอร์เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง	3
4.2 ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี <i>in sacco</i> ของทางไบโพลีเมอร์	14
4.3 ผลของ fungal treatment ต่อการย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก และสมรรถภาพการผลิตของแพะขุน	26
5. สรุปผลการทดลอง	31
6. เอกสารอ้างอิง	33
7. ภาคผนวก	36

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การทำปศุสัตว์ของประเทศไทยในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant) ได้แก่ โคเนื้อ โคนม กระบือ แพะ และแกะ โดยในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยรวมทั้งหมด 8,570,727 ตัว และปี พ.ศ. 2554 มีปริมาณสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยรวมทั้งหมด 8,857,246 ตัว โดยเพิ่มขึ้นคิดเป็น 3.34% (ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์, 2555) โดยแบ่งเป็นโคเนื้อ 6,583,106 ตัว โคนม 560,659 ตัว กระบือ 1,234,179 ตัว แพะ 427,567 ตัว และแกะ 51,735 ตัว แนวโน้มของการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีมากขึ้นนี้แสดงให้เห็นว่าความต้องการอาหารหยาบมีปริมาณสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งอาจทำให้เกิดภาวะการขาดแคลนอาหารหยาบคุณภาพดีที่ใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้งที่พืชอาหารสัตว์ขาดแคลน จึงจำเป็นต้องหาวิธีที่จะต้องมีการใช้แหล่งอาหารหยาบอื่น และ/ หรือศึกษาวิจัยหาวิธีการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรอื่นมาพัฒนาเป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทน

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย (ธีระ และคณะ, 2548) ทั้งนี้ในปี พ.ศ. 2553 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมด 3,888,403 ไร่ โดยภาคใต้มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 3,397,625 ไร่ คิดเป็น 87.3 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งประเทศ และแนวโน้มในอนาคตจะมีการขยายตัวพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากปัญหาความต้องการใช้น้ำมัน และพลังงานในประเทศที่สูงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับผลผลิตของผลพลอยได้จากการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วยใบ (leaves) และแกนทางใบ (petioles) จากต้นปาล์มน้ำมัน เรียกว่าทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF) ซึ่งในการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มทุกๆ 15 วัน และต้องตัดทางใบปาล์มน้ำมันทุกครั้งที่มีการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์ม ดังนั้น ในแต่ละเดือนจะมีการตัดทางใบปาล์มน้ำมันออกอย่างน้อย 2 ทางใบต่อต้น หรือคิดเป็น 44 ทางใบต่อไร่ เมื่อใช้อัตราการปลูก 22 ต้นต่อไร่ (ธีระ และคณะ, 2548) จากตัวเลขดังกล่าว คาดว่าจะมีผลผลิตทางใบปาล์มน้ำมันสดประมาณ 17.34 ล้านตัน/ปี (น้ำหนักสดประมาณ 10.3 กิโลกรัมต่อทางใบ และ OPF มีวัตถุแห้ง 41.9 เปอร์เซ็นต์) (Islam et al., 2000) ซึ่งเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่สำคัญ ที่สามารถใช้ทดแทนอาหารหยาบในช่วงที่มีการขาดแคลนอาหารหยาบได้ดี และสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ประโยชน์ได้ อย่างไรก็ตาม ทางใบปาล์มน้ำมันมีส่วนของผนังเซลล์ (cell wall) ลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) สูง (70.0 และ 45.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (Ishida and Abu Hassan, 1997) และมีปริมาณลิกนิน (lignin) ประมาณ 20.5-26.6 เปอร์เซ็นต์ (Ishida and Abu Hassan, 1997; Abdul Khalil et al., 2006) ขณะที่ มีโปรตีนรวม (crude protein) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) ต่ำ (4.2-6.25 เปอร์เซ็นต์ และ 4.9 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม) (Ishida and Abu Hassan, 1997; Wan Zahari and Alimon, 2004) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จำกัดการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นอาหารปศุสัตว์ ขณะที่ ใบปาล์มน้ำมัน (leaf blade หรือ oil palm leaflet, OPL) มีคุณค่าทางโภชนาการและความน่ากินมากกว่า OPF สอดคล้องกับ Islam et al. (2000) รายงานว่า ใบปาล์มน้ำมันมีคุณค่าทางอาหารหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องมากกว่า OPF โดยมีโปรตีนหยาบ (crude protein, CP) สูงมากกว่าแกนทางใบ และ OPF ประมาณ 5 เท่า และ 2 เท่า ตามลำดับ โดย OPL, OPF และแกนทางใบ มีโปรตีนหยาบเท่ากับ 13.1, 6.5 และ 2.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำนองเดียวกับ จารุณี และคณะ (2551) ที่รายงาน OPL มีโปรตีนรวม 11.5 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ OPF มีโปรตีนรวมเพียง 8.6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ OPL ยังมีกรดแอมิโน แร่ธาตุหลัก และความสามารถในการย่อยสลายได้มากกว่า OPF และแกนทางใบ (Islam et al., 2000) ปัจจุบันได้มีการนำ OPF มาเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องทั้งสภาพสด ตากแห้ง และหมัก เพราะยังไม่มีเครื่องมือเฉพาะทางที่สามารถแยกใบปาล์มน้ำมันกับแกนทางใบออกจากกันได้

จากข้อมูล ทางใบปาล์มน้ำมันมีส่วนของผนังเซลล์ (cell wall, CW) ลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) สูง (70.0 และ 45.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (Ishida and Abu Hassan, 1997) และมีปริมาณลิกนิน (lignin) ประมาณ 20.5-26.6 เปอร์เซ็นต์ (Abdul Khalil et al., 2006) มีหลากหลายวิธีในการลด หรือสลายพันธะ lignocellulosis ทั้งทางกายภาพ และเคมี ที่ทำให้พันธะ lignocellulosis สลายตัว และทำให้สามารถเพิ่มคุณค่า และการย่อยได้ของโภชนาการ ซึ่งได้มีการนำมาใช้ปรับปรุงผลพลอยได้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว และฟางข้าวสาลี (Viola et al., 2008; Hamed and Eliman, 2010) มากกว่านั้น การสร้างโคโลนี (colonization) ด้วยเชื้อรากลุ่ม white rot fungi (WRF)

ได้รับการยอมรับว่าเป็นเทคนิคที่เหมาะสม เพราะว่า WRF ขอบย่อยสลายลิกนิน (Moyson and Verachtert, 1991; Okano et al., 2005) และสารประกอบอะโรมาติก (aromatic) อื่นๆ สูงที่สุด (Cowling, 1961) และยังสามารถเปลี่ยนลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) ให้กลายเป็นโปรตีนที่ใช้เป็นอาหารของสัตว์ได้อีกด้วย (Romeo, 1983) ซึ่งวิธีการทางชีวภาพ (biological treatment) ได้มีการนำมาใช้เพื่อปรับปรุงคุณค่าทางโภชนา และความสามารถในการย่อยได้ภายในกระเพาะรูเมนของอาหารสัตว์คุณภาพต่ำ (Ibrahim, 1983; Okano et al., 2009)

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นประเด็นที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาวิจัย สร้างเครื่องที่สามารถแยกไบปาล์มออกจากแกนทางใบ และสร้างเครื่องสับย่อยไบปาล์มที่ยังมีก้านติดอยู่ ตลอดจนการปรับปรุงคุณภาพของ OPL และ OPF เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยการใช้จุลินทรีย์ (กลุ่ม white rot fungi) ที่มีความสามารถในการย่อยสลายเยื่อใยมาปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของ OPL และ OPF ส่งผลให้ OPL และ OPF มีโภชนา และการย่อยได้ที่สูงขึ้น ทำให้สัตว์ที่ได้รับ OPL และ OPF เป็นอาหารหยาบมีผลผลิตที่สูงขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม การวิจัยสร้างเครื่องที่สามารถแยกไบปาล์มออกจากแกนทางใบ และการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาของ OPL และ OPF โดยการใช้จุลินทรีย์นี้ในประเทศไทยมีผู้ศึกษาน้อยมาก และยังไม่มีการนำไปใช้ในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง การทดลองนี้ จึงได้ทำการศึกษา และพัฒนาการนำทางไบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาโดยใช้จุลินทรีย์มาใช้ทดลองในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง และนำเชื่อถือเพื่อให้เกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยสามารถนำผลการทดลองนี้ไปใช้ในการพัฒนาเป็นแหล่งอาหารหยาบ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างเป็นรูปธรรม และมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของแผนงานวิจัย

- 2.1 เพื่อสร้างเครื่องที่สามารถแยกไบปาล์มออกจากแกนทางใบปาล์มน้ำมัน
- 2.2 เพื่อพัฒนาวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนา และศึกษาการย่อยได้ของทางไบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์
- 2.3 เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากการวิจัย เพื่อใช้ประโยชน์ทางการเรียน การสอน และการใช้แก้ไขปัญหาทางด้านการผลิตสัตว์ตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสัตว์ ตลอดจนเพื่อตีพิมพ์ผลงานวิจัยเผยแพร่ในวารสารระดับชาติและนานาชาติและการจดสิทธิบัตรต่อไปในอนาคต

3. เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัย

ยุทธศาสตร์การวิจัย จะสอดคล้องกับการส่งเสริมการผลิตสินค้า และบริการจากทรัพยากรชีวภาพที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และผู้บริโภค โดยพัฒนาต่อยอดองค์ความรู้ไปสู่การผลิตสินค้าเกษตรปศุสัตว์ที่ปราศจากสารตกค้างที่เป็นอันตราย ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม ยกระดับการผลิต และพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรปศุสัตว์ ตลอดห่วงโซ่การผลิต รวมไปถึงการสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางเศรษฐกิจ โครงการวิจัยนี้เป็นการสร้างมูลค่าผลิตทางการเกษตร และการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันและการพึ่งพาตนเองของสินค้าเกษตรและประมง ตลอดจนการวิจัย และพัฒนาเกี่ยวกับปศุสัตว์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและนำไปสู่การแข่งขันและการพึ่งพาตนเองได้แก่ โคเนื้อ โคนม และแพะ เป็นการศึกษาต่อยอดภูมิปัญญาให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชน ท้องถิ่น และสาธารณะ รวมทั้งการพัฒนาคุณภาพสินค้าและผลิตภัณฑ์ มาตรฐานสินค้าและผลิตภัณฑ์ ความปลอดภัยของอาหาร (food safety) และความมั่นคงด้านอาหาร (food security) ส่งเสริมการทำปศุสัตว์อินทรีย์ครัวเรือนตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

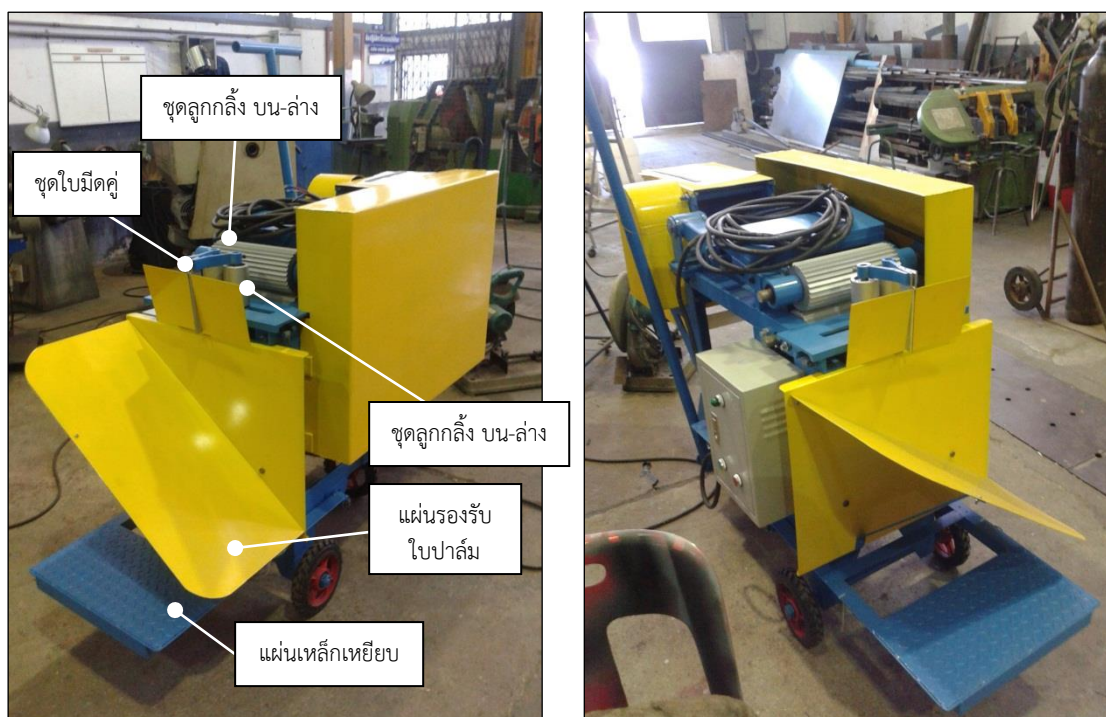
โครงการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างเครื่องที่สามารถแยกไบปาล์มออกจากแกนทางใบ และการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาของ OPL และ OPF โดยการใช้จุลินทรีย์ ซึ่งในประเทศไทยมีผู้ศึกษาน้อยมาก และยังไม่มีการนำไปใช้ในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง การทดลองนี้ จึงได้ทำการศึกษา และพัฒนาการนำทางไบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาโดยใช้จุลินทรีย์มาใช้ทดลองในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง และนำเชื่อถือเพื่อให้เกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยสามารถนำผลการทดลองนี้ไปใช้ในการพัฒนาเป็นแหล่งอาหารหยาบเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างเป็นรูปธรรม และมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

4. วิธีการวิจัย ผลการทดลองและวิจารณ์

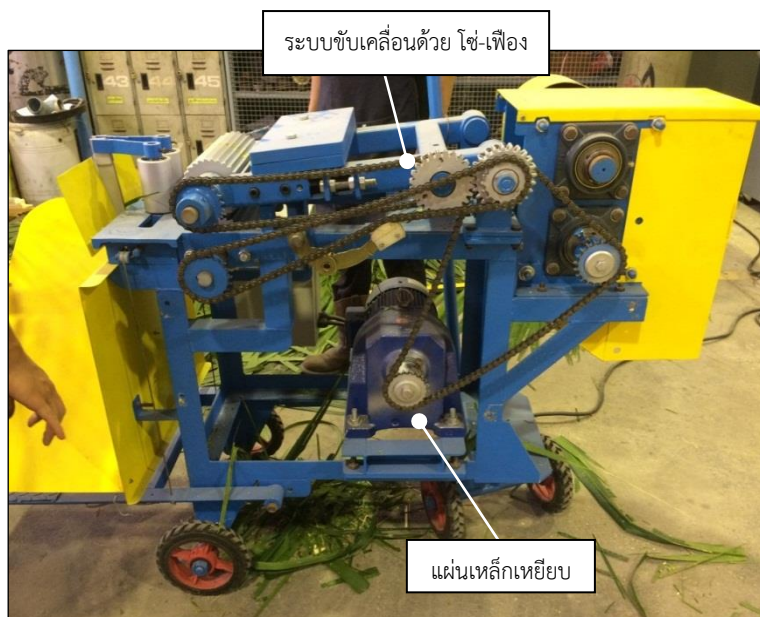
การทดลองที่ 1 เครื่องแยกใบปาล์มน้ำมันและเครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง
วิธีการทดลอง

1. เครื่องแยกใบปาล์มออกจากทางปาล์มน้ำมัน

ภาพที่ 1 และ 2 แสดงเครื่องแยกใบปาล์มออกจากทางปาล์มน้ำมัน ทำหน้าที่ แยกใบปาล์มทั้งด้ายซ้ายและด้านขวาของทางปาล์มด้วยใบมีดคู่วางแนวตั้งฉากกับโคนใบปาล์ม ซึ่งชุดใบมีดดังกล่าวสามารถปรับช่วงระยะห่างของใบมีดได้ ซึ่งได้บอกรายละเอียดการใช้เครื่องนี้ในคู่มือการใช้เครื่องแยกใบปาล์ม ดังแสดงในภาคผนวก ข โดยเครื่องแยกใบปาล์ม ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ คือ (1) ชุดใบมีดคู่ (2) ชุดลูกกลิ้งกดทับทางปาล์ม บน-ล่าง (3) ชุดลูกกลิ้งบีบทางปาล์ม ซ้าย-ขวา (4) ชุดใบมีดย่อยทางปาล์ม (5) มอเตอร์: Muller, three phase induction motor, 3 HP/ 2.2 kW, 220/380 V, 4.9 A, 1431 RPM, 55 IP (6) โต้ะวางทางปาล์ม (7) แผ่นรองรับใบปาล์ม (8) แผ่นเหล็กเหยียบ เพื่อปรับระยะห่างระหว่างใบมีดคู่ และ (9) ระบบขับเคลื่อนด้วย โซ่-เฟือง



ภาพที่ 1. เครื่องแยกใบปาล์มออกจากทางปาล์มน้ำมัน



ภาพที่ 2. เครื่องแยกใบปาล์มออกจากทางปาล์มน้ำมัน

2. ขั้นตอนการทดลองแยกใบปาล์มออกจากทางปาล์มน้ำมัน

หลังจากได้ทางปาล์มที่ชาวสวนปาล์มจำเป็นต้องตัดแต่งเพื่อความสะอาดในการปฏิบัติงาน เช่น การกำจัดวัชพืช การให้ปุ๋ย การเก็บเกี่ยว เป็นต้น ซึ่งปาล์มน้ำมันที่โตแล้วนิยมตัดทางใบให้เหลือสำหรับรองรับทะลายปาล์มเพียง 2 ทาง หลังจากได้ทางปาล์มน้ำมันมาแล้ว ขั้นตอนแรกนำทางปาล์มมาตัดโคนทางปาล์มออกประมาณ 1-2 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 3 ในขั้นตอนก่อนเริ่มเก็บข้อมูล นำทางปาล์มวางบนโต๊ะวางทางปาล์มเพื่อเตรียมพร้อม ตามภาพที่ 4 แล้วเหยียบชุดถ่างชุดใบมีดคู่เพื่อเปิดช่องให้ทางปาล์มเข้าไปวางระหว่างใบมีดคู่ ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยผู้ประดิษฐ์ได้แนะนำในส่วนของ การวางหน้าตัดของทางปาล์ม จะต้องวางหน้าตัดของทางปาล์มซึ่งเป็นรูปสามเหลี่ยม (\blacktriangle) โดยให้สันทางปาล์มอยู่ด้านบน เนื่องจากในกรณีที่สันทางปาล์มอยู่ด้านล่างจะทำให้ทางปาล์มขยับไปทางด้านซ้ายหรือทางด้านขวาได้ง่ายกว่า มีผลต่อการการควบคุมใบมีดคู่ ซึ่งชุดใบมีดสามารถขยับได้ตามความกว้างของทางปาล์ม เมื่อทางปาล์มวางไม่สมดุลสามารถพลิกซ้ายพลิกขวาได้ จะทำให้ความกว้างของทางปาล์มเปลี่ยนแปลงได้ ในขั้นตอนการเก็บข้อมูล หลังจากวางทางปาล์ม ตามภาพที่ 6 ทำการปล่อยทางปาล์ม ชุดลูกกลิ้งจะทำหน้าที่ดึงทางปาล์มผ่านชุดใบมีดคู่ ดังแสดงในภาพที่ 6 เริ่มจับเวลาทันที ทางปาล์มจะผ่านชุดใบมีดคู่ ดังภาพที่ 7 ก่อนเข้าสู่ชุดหั่นทางปาล์ม ดังแสดงในภาพที่ 8 เมื่อใบปาล์มถูกแยกออกจากทางปาล์ม และทางปาล์มจะถูกลดขนาดจนมีความยาวประมาณ 8 เซนติเมตร ทำการชั่งน้ำหนักใบปาล์มและทางปาล์มที่ถูกหั่น



ภาพที่ 3. ทางปาล์มน้ำมันที่ตัดทางปาล์มออกประมาณ 1 ถึง 2 เมตร



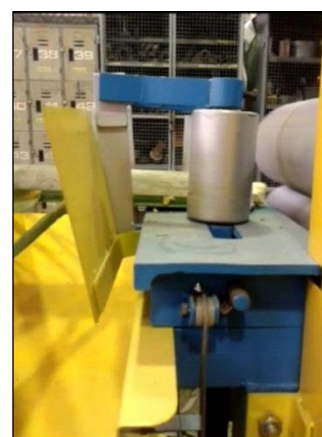
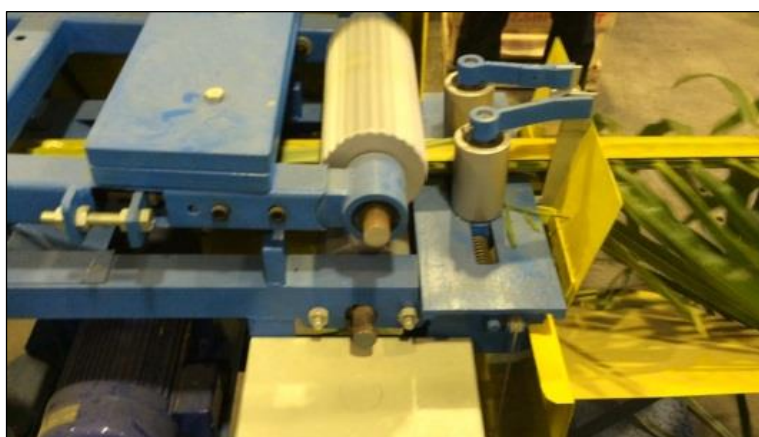
ภาพที่ 4. วางทางปาล์มบนโต๊ะเตรียมพร้อมเข้าเครื่องแยกใบปาล์ม



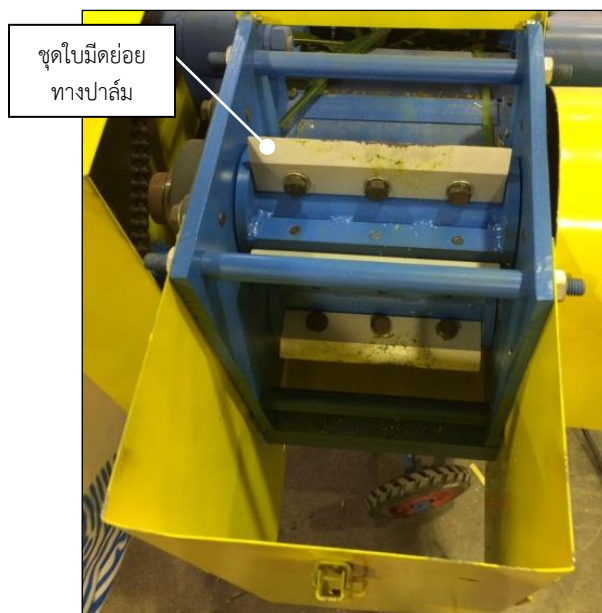
ภาพที่ 5. นำทางปาล์มน้ำมันเข้าเครื่องแยกใบปาล์มที่บริเวณด้านหน้าของชุดใบมีด



ภาพที่ 6. ทางปาล์มน้ำมันเข้าเครื่องแยกใบปาล์มผ่านชุดใบมีดคู่



ภาพที่ 7. ลักษณะทางปาล์มผ่านชุดใบมีดคู่ก่อนไปที่ชุดย่อยทางปาล์ม



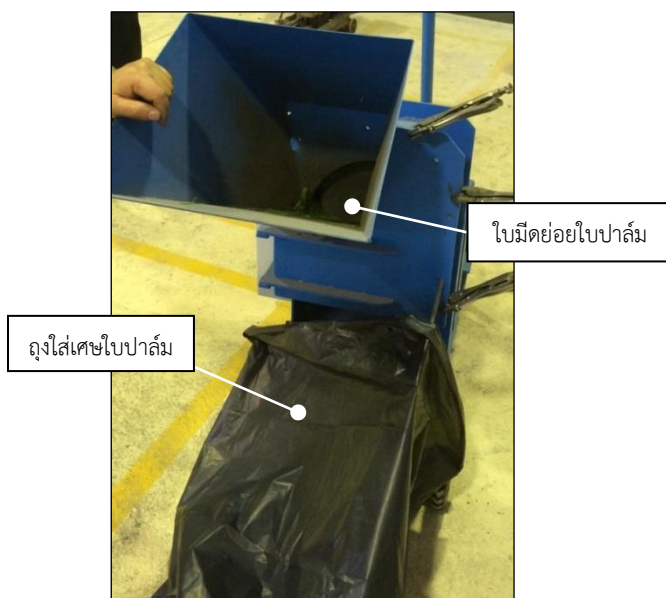
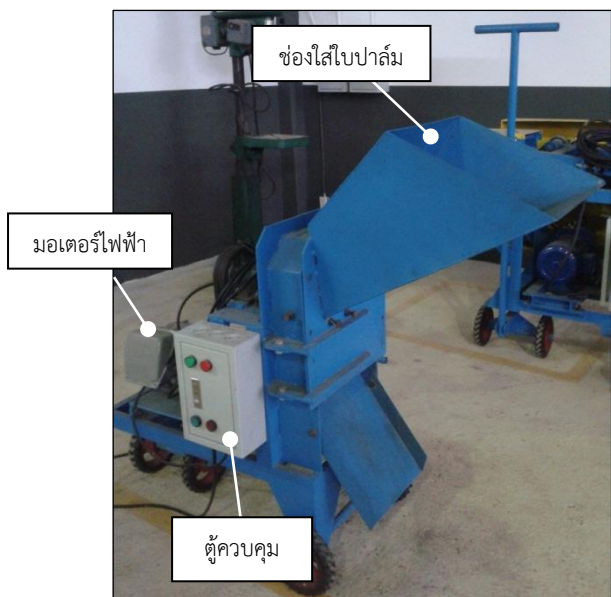
ภาพที่ 8. ชุดใบมีดย่อยทางปาล์มหลังจากแยกใบปาล์มแล้ว

3. เครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมัน

เครื่องสับย่อยใบปาล์ม ตามภาพที่ 9 ทำหน้าที่ลดขนาดของใบปาล์มให้มีขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมกับการกินของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งได้บอกรายละเอียดการใช้เครื่องนี้ในคู่มือการใช้เครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมัน ดังแสดงในภาคผนวก ค โดยเครื่องสับย่อยใบปาล์ม ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ คือ (1) ช่องใส่ใบปาล์ม (2) มอเตอร์ไฟฟ้า: SUPER LINE: Mitsubishi electric automation (Thailand) Co., LTD, single-phase induction motor, 2 HP, 1.5 kW, 4 poles TYPE SCL-KR, 50 Hz, 10.4 A, 22 IP (3) ช่องใบปาล์มย่อย (4) ระบบขับเคลื่อนด้วยสายพาน และ (5) ใบมีดย่อยใบปาล์ม

4. ขั้นตอนการทดลองสับย่อยใบปาล์มน้ำมัน

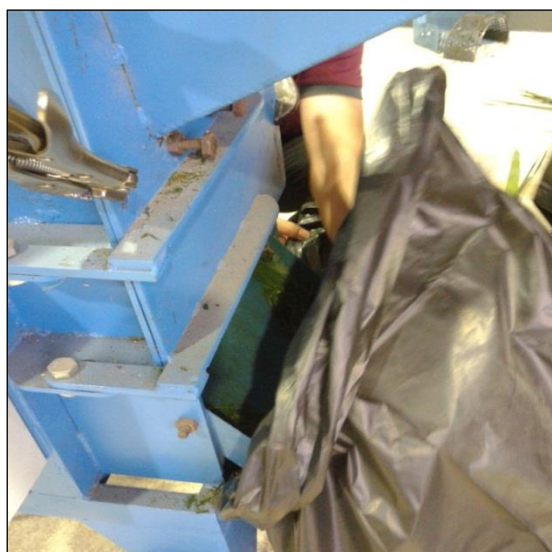
หลังจากได้ใบปาล์มจากเครื่องแยกใบปาล์ม นำใบปาล์มไปย่อยด้วยเครื่องสับย่อยใบปาล์ม ทางช่องใส่ใบปาล์ม ดังแสดงในภาพที่ 10 ใบปาล์มจะถูกย่อยด้วยใบมีดย่อยใบปาล์ม ใบปาล์มจะถูกย่อยจนมีขนาดเล็กตามที่กำหนด ใบปาล์มที่ถูกย่อยแล้วจะตกลงสู่ถังเก็บ ตามภาพที่ 12 เพื่อนำไปให้สัตว์กินต่อไป โดยขั้นตอนการทดลองมีดังนี้ ชั่งน้ำหนักใบปาล์มที่ได้จากเครื่องแยกใบปาล์มประมาณ 5 กิโลกรัม เปิดเครื่องย่อย แล้วนำไปใส่ในช่องใส่ใบปาล์ม จับเวลาทันที



ภาพที่ 9. เครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมัน



ภาพที่ 10. ใส่ใบปาล์มเข้าเครื่องสับย่อย



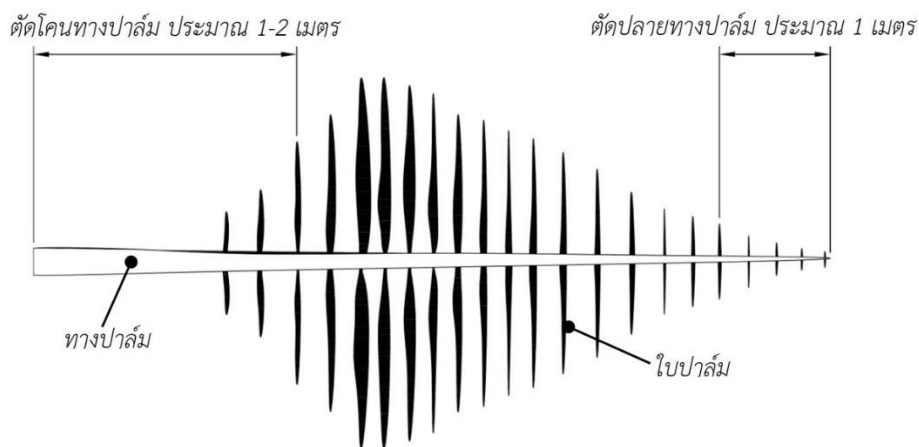
ภาพที่ 11. เศษใบปาล์มเข้าสู่ถุงเก็บ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการทดลองเครื่องแยกใบปาล์มออกจากทางปาล์มน้ำมัน

วัดขนาดความกว้างของโคนทางปาล์ม ความยาวทางปาล์มทั้งหมด ความยาวทางปาล์มหลังตัดโคนและปลาย ทั้ง ตามภาพที่ 12 ซึ่งนำหน้าทางปาล์มก่อนและหลังแยกใบปาล์ม เพื่อเก็บข้อมูลก่อนนำเข้าเครื่องแยกใบปาล์มออกจากทางปาล์มน้ำมัน การตัดปลายทางปาล์มออกเพื่อนำไปเข้าเครื่องสับย่อย เนื่องจากปลายทางปาล์มไม่แข็งเพียงใช้เครื่องสับย่อยให้มีขนาด 1-2 เซนติเมตร สัตว์เคี้ยวเอื้องก็สามารถกินได้ และอีกประเด็นคือ เครื่องแยกใบปาล์มไม่สามารถแยกใบปาล์มได้ในกรณีทางปาล์มมีขนาดเล็กและปลายทางปาล์มไม่แข็ง ตัวอย่างทางปาล์มเพื่อทดลองได้ใช้ทางปาล์มซึ่งมีอายุเฉลี่ยประมาณ 5-6 ปี จำนวน 20 ทางปาล์ม ทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

ซึ่งได้แสดงขนาดของทางปาล์มเพื่อเตรียมเข้าเครื่องแยกใบปาล์ม ตามตารางที่ 1.1 และน้ำหนักของทางปาล์มเพื่อเตรียมเข้าเครื่องแยกใบปาล์ม ดังแสดงในตารางที่ 1.2



ภาพที่ 12. ตำแหน่งการวัดขนาดของทางปาล์มก่อนแยกใบปาล์ม

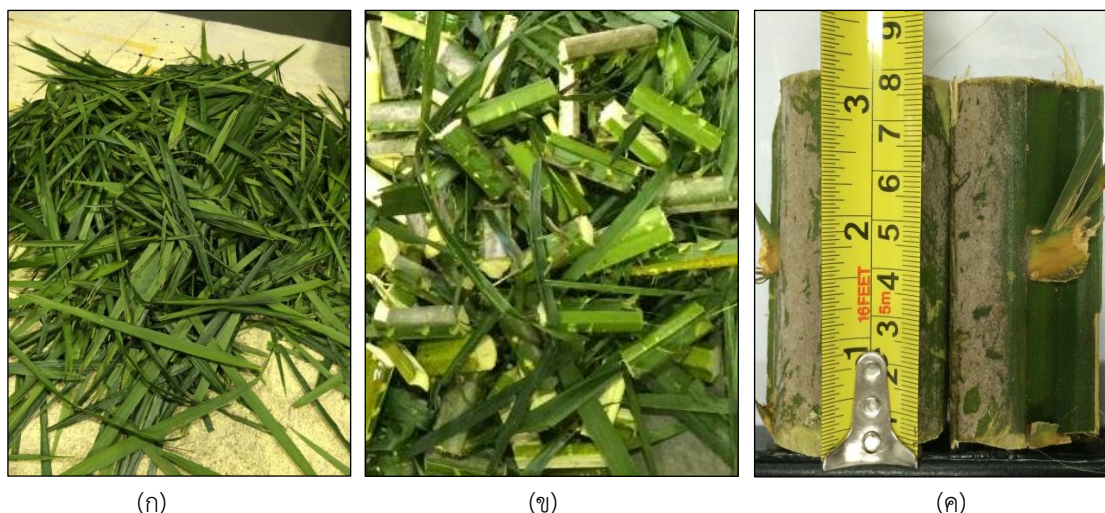
จากตารางที่ 1.1 หลังจากตัดทางปาล์มจากต้นปาล์มจะต้องนำมาตัดโคนทางปาล์มออกประมาณ 1-2 เมตร เพื่อสามารถนำเข้าเครื่องแยกใบปาล์ม ดังนั้นความกว้างเฉลี่ยของโคนทางปาล์มที่วัดได้ประมาณ 6 เซนติเมตร และความกว้างเฉลี่ยของปลายทางปาล์มที่วัดได้ประมาณ 2 เซนติเมตร หลังจากตัดปลายทางปาล์มออกประมาณ 1 เมตร ดังนั้นในขั้นตอนการเตรียมทางปาล์มก่อนเข้าเครื่องแยกใบปาล์ม ทางปาล์มจะถูกตัดโคนและปลายรวมทั้งสิ้นประมาณ 34% ของความยาวทั้งหมดของทางปาล์ม จากตารางที่ 1.2 ก่อนนำทางปาล์มเข้าเครื่องแยกใบปาล์มได้ซึ่งน้ำหนักก่อนและหลังจากทางปาล์มผ่านเครื่องแยกใบปาล์มแล้วทำการชั่งน้ำหนักของใบปาล์ม และทางปาล์มที่หั่นแล้ว โดยพบว่าน้ำหนักใบปาล์มประมาณ 35.9% เมื่อเทียบกับน้ำหนักของทางปาล์มก่อนแยกใบปาล์ม ในขั้นตอนการทดลองแยกใบปาล์มแต่ละทางปาล์มได้จับเวลาใบปาล์มที่ถูกแยก พบว่าเครื่องแยกใบปาล์ม มีกำลังการแยกใบปาล์มได้ประมาณ 18.78 กิโลกรัม/นาที หรือถ้าเทียบกับการทำงานโดยเฉลี่ยประมาณ 8 ชั่วโมงต่อวัน เครื่องนี้จะสามารถแยกใบปาล์มได้ประมาณ 9014.4 กิโลกรัม/วัน และได้แสดงผลผลิตทันทีหลังจากทางปาล์มผ่านเครื่องแยกใบปาล์ม คือ ใบปาล์มที่ถูกแยกออกจากทางปาล์ม ทางปาล์มถูกลดขนาดลง และขนาดทางปาล์มประมาณ 8 เซนติเมตร ตามภาพที่ 13

ตารางที่ 1.1 ขนาดของทางปาล์มเพื่อเตรียมเข้าเครื่องแยกใบปาล์ม

ตัวอย่าง	ความกว้างทางปาล์ม		ความยาวทางปาล์ม		ทางปาล์มส่วนที่ตัดทิ้ง (%)
	โคน (เซนติเมตร)	ปลาย (เซนติเมตร)	ทั้งหมด (เซนติเมตร)	หลังตัดโคนและปลายทิ้ง (เซนติเมตร)	
1	6.0	2.3	495	285	42.4
2	6.6	2.1	480	320	33.3
3	6.6	2.2	452	272	39.8
4	6.8	2.0	458	308	32.8
5	6.7	2.0	440	320	27.3
6	6.8	2.1	549	372	32.2
7	6.9	2.3	497	317	36.2
8	6.7	2.1	440	310	29.5
9	7.2	1.9	471	321	31.8
10	6.4	2.0	480	330	31.3
11	6.8	1.9	495	335	32.3
12	6.7	2.1	500	320	36.0
13	6.8	2.0	484	334	31.0
14	4.2	1.8	325	205	36.9
15	4.7	1.9	323	203	37.2
16	4.6	1.7	357	237	33.6
17	4.2	1.9	300	200	33.3
18	4.5	1.8	324	214	34.0
19	4.5	1.8	337	227	32.6
20	4.5	1.7	357	236	33.6
ค่าเฉลี่ย	5.9	2.0	428.2	283.4	33.9

ตารางที่ 1.2 น้ำหนักของทางปาล์มหลังหันโคนและปลายออกก่อนแยกใบปาล์มและกำลังการแยกใบปาล์ม

ตัวอย่าง	น้ำหนักทางปาล์ม ก่อนแยกใบปาล์ม (กก.)	น้ำหนักใบปาล์มที่แยกได้		เวลาที่ใช้แยกใบ ปาล์ม (วินาที)	กำลังการแยกใบปาล์ม	
		น้ำหนัก (กก.)	ใบปาล์มที่แยกได้ (%)		(กก./วินาที)	(กก./นาที่)
1	4.4	1.40	31.8	4.47	0.31	18.79
2	4.8	1.60	33.3	5.46	0.29	17.58
3	4.4	1.50	34.1	4.68	0.32	19.23
4	4.9	1.80	36.7	4.90	0.37	22.04
5	5.0	1.70	34.0	4.62	0.37	22.08
6	5.3	1.70	32.1	5.25	0.32	19.43
7	5.2	1.70	32.7	5.05	0.34	20.20
8	4.8	1.80	37.5	4.53	0.40	23.84
9	5.0	1.60	32.0	4.75	0.34	20.21
10	4.3	1.20	27.9	4.00	0.30	18.00
11	5.2	1.70	32.7	4.00	0.43	25.50
12	5.4	1.80	33.3	4.00	0.45	27.00
13	5.1	1.60	31.4	4.00	0.40	24.00
14	1.9	0.80	42.1	4.04	0.20	11.88
15	2.1	0.90	42.9	3.60	0.25	15.00
16	2.2	0.85	39.5	3.69	0.23	13.82
17	1.9	0.70	36.8	3.62	0.19	11.60
18	2.2	0.95	44.2	3.60	0.26	15.83
19	2.2	0.95	44.2	3.61	0.26	15.79
20	2.3	0.85	39.5	3.69	0.23	13.82
ค่าเฉลี่ย	3.9	1.36	35.9	4.28	0.31	18.78



ภาพที่ 13. ผลิตรัณฑ์หลังจากทางปาล์มผ่านเครื่องแยกใบปาล์ม (ก) ใบปาล์มที่ถูกแยกออกจากทางปาล์มหลังจากผ่านชุดใบมีดคู่แยกใบปาล์ม (ข) ทางปาล์มถูกลดขนาดลง และ (ค) ขนาดทางปาล์มประมาณ 8 เซนติเมตร หลังจากผ่านชุดใบมีดย่อยทางปาล์ม

2. ผลการทดลองเครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมัน

หลังจากได้ใบปาล์มจากเครื่องแยกใบปาล์มแล้ว นำมาเข้าเครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมัน โดยชั่งน้ำหนักใบปาล์ม 5 กิโลกรัม แล้วนำไปใส่ลงในช่องเริ่มจับเวลาทันที หลังจากใบปาล์มผ่านใบมีดย่อยจะได้ใบปาล์มย่อยที่มีขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร โดยเครื่องสับย่อยมีกำลังการผลิตใบปาล์มที่ย่อยแล้วประมาณ 25.04 กิโลกรัม/นาที่ (ตารางที่ 1.3) หรือเปรียบเทียบกับการทำงานโดยเฉลี่ยวันละประมาณ 8 ชั่วโมง เครื่องนี้จะสามารถย่อยใบปาล์มได้ประมาณ 12019.2 กิโลกรัม/วัน

ตารางที่ 1.3 กำลังการผลิตของเครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมัน

ตัวอย่าง	น้ำหนักใบปาล์มก่อนย่อย (กก.)	เวลาที่ใช้แยกใบปาล์ม (วินาที)	กำลังการแยกใบปาล์ม	
			(กก./วินาที)	(กก./นาที่)
1	5	2.23	0.45	26.76
2	5	2.25	0.45	27.00
3	5	1.80	0.36	21.60
4	5	2.13	0.43	25.56
5	5	2.08	0.42	24.96
6	5	1.90	0.38	22.80
7	5	1.95	0.39	23.40
8	5	2.14	0.43	25.68
9	5	2.25	0.45	27.00
10	5	2.14	0.43	25.68
ค่าเฉลี่ย	5	2.09	0.42	25.04

การทดลองที่ 2 ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน

วิธีการทดลอง

โครงการย่อยที่ 1.1 การเจริญของเส้นใยเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมัน

1. การวางแผนการทดลอง

เชื้อเห็ดที่ใช้ทดลองได้รับจากศูนย์รวบรวมเชื้อเห็ด สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ จำนวน 6 ชนิด คือ 1. เห็ดนางรมฮังการี (*Pleurotus ostreatus*, PO) 2. เห็ดนางพล (*Pleurotus djamor*, PD) 3. เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus*, LS) 4. เห็ดแครง (*Schizophyllum commune*, SC) 5. เห็ดกระด้าง (*Lentinus polychrous*, LP) และ 6. เห็ดตีนปลอก (*Lentinus sajor-caju*, LSc) ตามลำดับ

ทำการตัด และบดใบปาล์ม หรือทางปาล์มให้ละเอียดด้วยเครื่องตัด แล้วจึงนำมาอัดลงในจานเลี้ยงเชื้อให้แน่น ปิดฝาจานเลี้ยงเชื้อแล้วจึงนำจานเลี้ยงเชื้อใส่ลงในถุงพลาสติกทนร้อนอุณหภูมิ 4 จาน นำไปนึ่งใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 30 นาที ปล่อยให้เย็น จึงปลูกเชื้อเห็ดแต่ละชนิดลงไป หลังการปลูกเชื้อแล้วบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28-32 °C) การทดลองครั้งนี้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยมีกลุ่มทดลองประกอบด้วยเชื้อรา 6 ชนิด

ทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีของเห็ดเมื่อครบ 2, 4 และ 6 วัน ตามลำดับ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design โดยใช้ Proc GLM และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

1.2 ทดสอบการเจริญของเส้นใยเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมัน

ศึกษาการเจริญเติบโตโดยอาศัยการเปรียบเทียบ และสังเกตของอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อ และความสามารถในการครอบคลุมบริเวณผิวหน้าของทรีทเมนต์ (treatment) ที่ศึกษา

ในการทดลองครั้งนี้ ทำการจัดทรีทเมนต์แบบ 6x2 แพกต่อเรียนให้กับหน่วยทดลองในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (6x2 factorial arrangement in CRD) ชนิดๆ (treatment) ละ 4 flask ทำการศึกษา 2 ปัจจัยคือ

ปัจจัยที่ 1 เชื้อรา 6 ชนิด

ปัจจัยที่ 2 อาหารเลี้ยงเชื้อ คือ ใบปาล์มบด และทางใบปาล์มน้ำมันบด

ทดสอบใน flask ขนาด 500 ml เติมน้ำในใบปาล์มบด และทางใบปาล์มน้ำมันบดให้มีความชื้นประมาณ 60% จึงใส่ลงใน flask ประมาณครึ่งหนึ่งของ flask นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 30 นาที เมื่อเย็นจึงใส่เชื้อเห็ดแต่ละชนิดที่เลี้ยงไว้บนเมล็ดข้าวฟ่างลงในอัตรา 5 กรัมต่อ flask แล้วเขย่าให้เข้ากัน ทำการประเมินการเจริญของเชื้อหลังการบ่มเชื้อ 1-3 สัปดาห์

ในระหว่างทดลอง เมื่อสิ้นสุดการบ่มเชื้อในสัปดาห์สุดท้าย ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี เช่น วัตถุแห้ง (Dry matter, DM) โปรตีนหยาบ (Crude Protein, CP) เถ้า (Ash) ตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์ neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) และ acid detergent lignin (ADL) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 6x2 factorial arrangement in Completely Randomized Design โดยใช้ Proc GLM และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์มน้ำมัน (OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ที่ผ่านการเพิ่มโภชนาการโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์

ใช้โคเนื้อลูกผสมพื้นเมือง-ชาร์โรเลส์เพศผู้เจาะกระเพาะรูเมน 3 ตัว (น้ำหนักเฉลี่ย 326 ± 5 กก.) เลี้ยงแบบผูกยืนโรงในของขังเดี่ยว มีรางอาหาร และถ้ำน้ำดื่มอัตโนมัติอยู่ด้านหน้า โคทุกตัวได้รับการผ่าตัดฝังท่อที่มีฝาปิดเปิดบริเวณกระเพาะหมัก (rumen cannulated beef cattle) เพื่อวัดความสามารถในการย่อยสลายได้ของวัตถุดิบแห้ง โปรตีน และอินทรีย์วัตถุ ใน *in situ* ของของทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มโภชนะโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์ โดยใช้ nylon-bag technique (Ørskov and McDonald, 1979)

โครงการย่อยที่ 2 ผลของการเจริญเส้นใยเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน (OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ร่วมกับยูเรีย

ผลของการเจริญเส้นใยเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน (OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ร่วมกับยูเรีย

ในการทดลองครั้งนี้ ทำการจัดทรีทเมนต์แบบ 6×3 แพกตอเรียนให้กับหน่วยทดลองในแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ (6×3 factorial arrangement in CRD) ชนิดๆ (treatment) ละ 4 flask ทำการศึกษา 2

ปัจจัยปัจจัยที่ 1 เชื้อรา 6 ชนิด

ปัจจัยที่ 2 ระดับยูเรีย 0, 0.5 และ 1%

ในระหว่างทดลอง เมื่อสิ้นสุดการบ่มเชื้อในสัปดาห์สุดท้าย ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมี เช่น วัตถุดิบแห้ง (Dry matter, DM) โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) เถ้า (Ash) ตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์ neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) และ acid detergent lignin (ADL) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 6×3 Factorial arrangement in Completely Randomized Design โดยใช้ Proc GLM และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

โครงการย่อยที่ 3 การศึกษาคุณค่าทางโภชนะและการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์มน้ำมัน (OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ที่ผ่านการเพิ่มโภชนะโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์

ใช้โคเนื้อลูกผสมพื้นเมือง-ชาร์โรเลส์เพศผู้เจาะกระเพาะรูเมน 3 ตัว (น้ำหนักเฉลี่ย 326 ± 5 กก.) เลี้ยงแบบผูกยืนโรงในของขังเดี่ยว มีรางอาหาร และถ้ำน้ำดื่มอัตโนมัติอยู่ด้านหน้า โคทุกตัวได้รับการผ่าตัดฝังท่อที่มีฝาปิดเปิดบริเวณกระเพาะหมัก (rumen cannulated beef cattle) เพื่อวัดความสามารถในการย่อยสลายได้ของวัตถุดิบแห้ง โปรตีน และอินทรีย์วัตถุ ใน *in situ* ของของทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มโภชนะโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์ โดยใช้ nylon-bag technique (Ørskov and McDonald, 1979) วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ใบปาล์ม (OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ที่ผ่านการเพิ่มโภชนะโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์ (จากการทดลองย่อยที่ 1 และ 2) สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารโดยเก็บเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งนำมาชั่งน้ำหนักและอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักหลังอบเพื่อนำมาหาค่าเปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบแห้ง (% DM) ในสภาพสด และส่วนที่ 2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. เพื่อทำการย่อยได้โดยวิธี *in sacco* (หรือ *in situ* หรือ nylon bag technique) และนำมาคำนวณค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้งและโภชนะ (อินทรีย์วัตถุ ผนังเซลล์และโปรตีน ตามลำดับ) ตามสมการของเมธา (2533) ดังนี้

$$\text{การย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง (\%)} = 100 - \frac{(\text{นน.ถุงพร้อมเศษเหลือ} - \text{นน.ถุง})}{\text{นน. ตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

นน. ตัวอย่างเริ่มต้น

$$\text{การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - \frac{(\text{เปอร์เซ็นต์ของโภชนะที่เหลืออยู่ในถุง})}{\text{เปอร์เซ็นต์โภชนะเริ่มต้น}} \times 100$$

เปอร์เซ็นต์โภชนะเริ่มต้น

จากนั้นนำค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและโปรตีนที่คำนวณได้ตามระยะเวลาที่แช่บ่มในกระเพาะหมัก นำข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายได้

(effective degradability) ที่ out flow rate 0.08 ตามสมการเอ็กซ์โปเนนเชียล $P = a+b(1-e^{-ct})$ ตามวิธีของ Ørskov and McDonald (1979) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติแบบ Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเจริญของเส้นใยเห็ดบนอาหารเลี้ยงเชื้อใบปาล์มน้ำมัน (oil palm leaflet, OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF)

จากการทดลองเลี้ยงเส้นใยเห็ดทั้ง 6 ชนิด บนอาหารทางใบปาล์ม (OPF) เป็นเวลา 2, 4 และ 6 วัน พบว่าเมื่อเลี้ยงเชื้อได้ 6 วัน เห็ดตีนปลอก (LSc) และเห็ดแครง (SC) มีการเจริญได้ดีไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) (Table 2.1 และ 2.2)

Table 2.1 The mycelial growth (mm) of six species of white rot fungi on oil palm leaflet meal after 2, 4 and 6 days

Species	Colony diameter (mm) ¹		
	2 days	4 days	6 days
<i>Pleurotus ostreatus</i> (PO)	6.5 ^c	17.8 ^c	38.5 ^c
<i>Pleurotus djamor</i> (PD)	9.8 ^c	18.8 ^c	32.3 ^d
<i>Lentinus squarrosulus</i> (LS)	29.8 ^{ab}	57.0 ^{ab}	78.8 ^a
<i>Schizophyllum commune</i> (SC)	33.0 ^a	64.5 ^a	81.0 ^a
<i>Lentinus polychrous</i> (LP)	25.8 ^b	49.3 ^b	59.3 ^b
<i>Lentinus sajor-caju</i> (LSc)	31.3 ^a	55.0 ^a	82.0 ^a
SEM ²	1.59	2.58	1.56
P-value	<0.001	<0.001	<0.001

^{a-c} Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($P < 0.05$).

¹ Colony diameter in mm.

² SEM = Standard error of the mean ($n = 4$).

Table 2.2 The mycelial growth (mm) of six species of white rot fungi on oil palm frond meal after 2, 4 and 6 days

Species	Colony diameter (mm) ¹		
	2 days	4 days	6 days
<i>Pleurotus ostreatus</i> (PO)	15.0 ^c	25.3 ^d	43.5 ^c
<i>Pleurotus djamor</i> (PD)	13.0 ^c	23.5 ^d	43.5 ^c
<i>Lentinus squarrosulus</i> (LS)	16.8 ^{bc}	41.0 ^c	64.8 ^b
<i>Schizophyllum commune</i> (SC)	33.3 ^a	67.3 ^a	88.8 ^a
<i>Lentinus polychrous</i> (LP)	21.0 ^b	35.5 ^c	64 ^b
<i>Lentinus sajor-caju</i> (LSc)	33.8 ^a	55.3 ^b	82.3 ^a
SEM ²	1.59	2.21	3.53
P-value	<0.001	<0.001	<0.001

^{a-c} Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($P < 0.05$).

¹ Colony diameter in mm.

² SEM = Standard error of the mean ($n = 4$).

การเจริญของเส้นใยเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมัน

ศึกษาการเจริญของเส้นใยเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมัน จากการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ด และอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์มน้ำมันที่มีเชื้อเห็ด จำนวน 6 ชนิด ผลการทดลอง พบว่ามีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด และอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์มน้ำมัน (Table 2.3) โดยเชื้อเห็ด LSc และ SC มีการพัฒนา

ของเชื้อใน OPF สูงกว่าใน OPL ($P<0.01$) และสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเห็ดกลุ่มอื่นๆ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเส้นใยพบว่า เชื้อเห็ด LSc มีค่าอยู่ในระดับสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และเชื้อที่ให้ความหนาแน่นของเส้นใยรองลงมาคือ เชื้อ SC, PO, PD และ LS ตามลำดับ ขณะที่ เชื้อ LP มีความหนาแน่นของเส้นใยบางที่สุด จึงจัดว่าเชื้อ LP (เห็ดกระด้าง) เจริญได้น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.01$) ดังนั้น ในเชื้อเห็ดทั้ง 6 ชนิด มีเห็ด 2 ชนิด คือ LSc และ SC ที่มีความเหมาะสม และสามารถเจริญได้ดี ($P<0.001$) บน OPL และ OPF มากกว่าเชื้อเห็ดชนิดอื่น ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

Table 2.3 Number of days for full colonization of six white rot fungi on OPL and OPF

Item	Levels of urea	Type of white rot fungi ^{1,3}						Average	SEM	P-value
		PO	PD	LS	SC	LP	LSc			
Growth ⁴	OPL ²	9.0 ^b	11.1 ^a	5.0 ^e	4.1 ^{fg}	6.1 ^d	4.1 ^{fg}	6.55 ^A	0.02	<0.01
	OPF	8.0 ^c	8.0 ^c	5.0 ^e	4.0 ^g	5.0 ^e	4.0 ^g	5.68 ^B		<0.01
	Average	8.51 ^B	9.53 ^A	5.02 ^D	4.03 ^E	5.53 ^C	4.05 ^E			<0.01
Density ⁵	OPL ²	++	++	++	++	+	+++	-	-	-
	OPF	++	++	++	++	+	+++	-	-	-
	Average	++	++	++	++	+	+++	-	-	-

^{a-g} Within rows not sharing a common superscripts are significantly different ($P<0.05$).

¹White rot fungi: PO = *Pleurotus ostreatus*, PD = *Pleurotus djamor*, LS = *Lentinus squarrosulus*, SC = *Schizophyllum commune*, LP = *Lentinus polychrous*, LSc = *Lentinus sajor-caju*.

²OPL= oil palm leaflet, OPF = oil palm frond.

³Treatment combinations: T₁= PO-OPL, T₂= PO-OPF, T₃= PD-OPL, T₄= PD-OPF, T₅= LS-OPL, T₆= LS-OPF, T₇= SC-OPL, T₈= SC-OPF, T₉= LP-OPL, T₁₀= LP-OPF, T₁₁= LSc-OPL, T₁₂= LSc-OPF.

⁴No. of days for full colonization of substrate.

⁵+ denote the density of mycelium. More + indicates more dense growth of mycelium

SEM = Standard error of the mean (n = 4).

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ OPL และ OPF (Table 2.4) พบว่าค่าวัตถุแห้ง (DM) โปรตีนรวม (CP) ผนังเซลล์ (NDF) และลิกโนเซลลูโลส (ADF) ไม่มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด (F) และอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์ม น้ำมัน (O: OPL และ OPF) แต่มีความแตกต่างกัน ($P<0.01$) ของอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์ม น้ำมัน (O) ต่อองค์ประกอบทางเคมี โดย OPF มีค่าเฉลี่ยของ DM (66.30%) NDF (76.79%) และ ADF (65.98%) สูงกว่า ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับ OPL (60.58, 74.52 และ 61.00% ตามลำดับ) ส่วนค่าของโปรตีนรวมพบว่า ค่าเฉลี่ยโปรตีนของ OPL (8.77%) สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ OPF (5.77%) ทำนองเดียวกับชนิดของเชื้อเห็ด (F) พบว่ามีผลต่อค่าเฉลี่ยของ CP, NDF และ ADF ยกเว้น ค่า DM ที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 61.50-65.03%

Table 2.4 Effects of six white rot fungi on average chemical composition of dietary treatments at 3 weeks (% DM basis) of OPL and OPF

Item		Type of white rot fungi ¹						Average	SEM	P-value	
		PO	PD	LS	SC	LP	LSc				
DM	OPL ²	59.54	59.29	60.92	60.16	61.95	61.55	60.57 ^B	1.76	O	<0.01
	OPF	65.35	63.72	66.41	67.74	68.10	66.47	66.30 ^A		F	0.42
	Average	62.44	61.50	63.67	63.95	65.03	64.01			OxF	0.96
CP	OPL2	8.38	8.44	8.35	8.95	9.20	9.27	8.77 ^A	0.21	O	<0.01
	OPF	5.76	5.49	5.77	6.04	5.50	6.06	5.77 ^B		F	<0.01
	Average	7.07 ^{BC}	6.97 ^C	7.06 ^{BC}	7.50 ^{AB}	7.35 ^{ABC}	7.66 ^A			OxF	0.11
NDF	OPL2	74.62	75.26	76.27	72.08	77.30	71.61	74.52 ^B	0.87	O	<0.01
	OPF	76.72	77.97	77.85	74.95	78.36	74.90	76.79 ^A		F	<0.01
	Average	75.67 ^B	76.62 ^{AB}	77.06 ^{AB}	73.52 ^C	77.83 ^A	73.25 ^C			OxF	0.79
ADF	OPL2	60.93	61.06	62.81	58.37	64.77	58.06	61.00 ^B	2.12	O	<0.01
	OPF	65.80	67.06	68.13	63.66	68.81	62.45	65.98 ^A		F	0.05
	Average	63.37 ^{ABC}	64.06 ^{ABC}	65.47 ^{AB}	61.01 ^{BC}	66.79 ^A	60.26 ^C			OxF	0.99

^{a-c} Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).

¹White rot fungi: PO = *Pleurotus ostreatus*, PD = *Pleurotus djamor*, LS = *Lentinus squarrosulus*, SC = *Schizophyllum commune*, LP = *Lentinus polychrous*, LSc = *Lentinus sajor-caju*. ²OPL= oil palm leaflet, OPF = oil palm frond. SEM = Standard error of the mean (n = 4).

ผลของการเจริญเส้นใยเชื้อเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับยูเรีย พบว่ามีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด และอาหารเลี้ยงเชื้อ (OPL) ที่มีระดับยูเรียต่างกัน โดยเชื้อเห็ด LSc และ SC มีการพัฒนาของเชื้อทั้งใน OPL สูงกว่า (P<0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเห็ดกลุ่มอื่นๆ ตามลำดับ (Table 2.5) อาจเนื่องมาจากเชื้อรากลุ่มนี้สามารถละลายผนังเซลล์ (cell wall) เพื่อใช้เป็นแหล่งของคาร์บอนในการเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้น จึงเปลี่ยนสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (soluble carbohydrate) และละลายน้ำไม่ได้ (insoluble carbohydrate) ใน OPL ได้

Table 2.5 Number of days for full colonization of six white rot fungi on OPL supplemented with different level of urea

Item	Levels of urea ³	Type of white rot fungi ^{1,2}						Average	SEM	P-value	
		PO	PD	LS	SC	LP	LSc				
Growth ⁴	0	9.00 ^b	10.05 ^a	5.00 ^d	4.00 ^d	8.02 ^{bc}	5.05 ^d	6.85 ^A	0.33	U	<.01
	0.5	7.12 ^c	9.05 ^b	5.05 ^d	4.00 ^d	8.00 ^{bc}	4.00 ^d	6.20 ^B		F	<.01
	1	7.12 ^c	9.02 ^b	5.00 ^d	4.00 ^d	5.02 ^d	4.00 ^d	5.69 ^C		UxF	<.01
	Average	7.75 ^B	9.37 ^A	5.02 ^D	4.00 ^E	7.01 ^C	4.35 ^E				
Density ⁵	0	++	+	++	++	+	+++	-	-	-	-
	0.5	++	++	++	++	+	+++	-	-	-	-
	1	++	++	++	++	+	+++	-	-	-	-
	Average	++	++	++	++	+	+++	-	-	-	-

^{a-d} Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).

* P<0.05; ** P<0.01.

¹White rot fungi: PO = *Pleurotus ostreatus*, PD = *Pleurotus djamor*, LS = *Lentinus squarrosulus*, SC = *Schizophyllum commune*, LP = *Lentinus polychrous*, LSc = *Lentinus sajor-caju*.

²Treatment combinations: T₁= PO-OPL-0%, T₂= PO-OPL-0.5%, T₃= PO-OPL-1%, T₄= PD-OPL-0%, T₅= PD-OPL-0.5%, T₆= PD-OPL-1%, T₇= LS-OPL-0%, T₈= LS-OPL-0.5%, T₉= LS-OPL-1%, T₁₀= SC-OPL-0%, T₁₁= SC-OPL-0.5%, T₁₂= SC-OPL-1%, T₁₃= LP-OPL-0%, T₁₄= LP-OPL-0.5%, T₁₅= LP-OPL-1%, T₁₆= LSc-OPL-0%, T₁₇= LSc-OPL-0.5%, T₁₈= LSc-OPL-1%. ³Levels of urea = 0, 0.5 and 1%. ⁴No. of days for full colonization of substrate. ⁵+ denote the density of mycelium. More + indicates more dense growth of mycelium

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ OPL (Table 2.6) พบว่าค่าโปรตีนรวม (CP) ผนังเซลล์ (NDF) ลิกโนเซลลูโลส (ADF) และเถ้า (ash) มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย ยกเว้น วัตถุประสงค์ (DM) ไม่มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย และมีความแตกต่างกันของชนิดของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย (U) ต่อองค์ประกอบทางเคมี โดย OPL มีค่าเฉลี่ยของ DM ที่ระดับยูเรีย 0.5% สูงกว่ายูเรียที่ 0 และ 1% ขณะที่ ชนิดเชื้อเห็ดพบว่า เชื้อ LP มีค่าเฉลี่ยของ DM สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างกับ กลุ่ม PD, LS และ LSc โดยกลุ่ม PO มีค่าต่ำที่สุด

Table 2.6 Chemical composition of fungal treated oil palm leaflet at 3 weeks (% of DM basis)

Item	Levels of urea ³ , %	Type of white rot fungi ^{1,2}							Average	SEM	P-value	
		PO	PD	LS	SC	LP	LSc					
DM	0	59.57	59.17	60.55	59.98	62.27	61.80	60.56 ^C	1.53	U	<.01	
	0.5	66.80	67.53	68.40	63.86	68.15	65.75	66.75 ^A				
	1	59.93	64.13	63.48	63.09	65.84	63.66	63.36 ^B				
	Average	62.10 ^B	63.61 ^{AB}	64.15 ^{AB}	62.31 ^B	65.42 ^A	63.74 ^{AB}					
CP	0	8.98 ^{fgh}	9.44 ^{efg}	8.85 ^h	8.95 ^{gh}	9.50 ^{ef}	9.31 ^{efgh}	9.17 ^C	0.16	U	<.01	
	0.5	9.65 ^{de}	11.96 ^a	10.05 ^{cd}	10.93 ^b	9.35 ^{efgh}	10.36 ^C	10.38 ^B				
	1	9.61 ^{de}	10.94 ^b	11.66 ^a	11.58 ^a	9.55 ^{de}	11.64 ^a	10.83 ^A				
	Average	9.41 ^D	10.78 ^A	10.19 ^C	10.49 ^B	9.46 ^D	10.44 ^{CB}					
NDF	0	72.62 ^{ab}	72.17 ^{abc}	73.07 ^a	72.06 ^{abc}	72.32 ^{abc}	71.24 ^{bc}	72.25 ^A	0.48	U	<.01	
	0.5	72.00 ^{abc}	67.96 ^{fg}	71.64 ^{abc}	71.98 ^{abc}	71.78 ^{abc}	69.58 ^{de}	70.82 ^B				
	1	70.09 ^{cd}	66.72 ^g	71.40 ^{bc}	70.80 ^{cd}	68.42 ^{ef}	66.77 ^g	69.17 ^C				
	Average	71.85 ^A	68.95 ^C	72.04 ^A	71.61 ^{AB}	70.84 ^B	69.20 ^C					
ADF	0	58.89 ^{ab}	57.88 ^{abc}	56.46 ^{bcd}	57.04 ^{abcd}	60.57 ^a	56.97 ^{abcd}	57.97 ^A	1.10	U	<.01	
	0.5	56.55 ^{bcd}	56.96 ^{abcd}	55.62 ^{bcd}	56.40 ^{bcd}	57.72 ^{abcd}	55.92 ^{bcd}	56.53 ^B				
	1	56.96 ^{abcd}	54.37 ^{cd}	55.63 ^{bcd}	54.59 ^{cd}	57.17 ^{abcd}	54.07 ^d	55.46 ^B				
	Average	57.46 ^{AB}	56.40 ^B	55.90 ^B	56.01 ^B	58.49 ^A	55.65 ^B					
Ash	0	7.06b ^{cd}	6.85 ^{cdef}	6.97 ^{cdef}	6.16 ^{hi}	6.99 ^{cde}	6.36 ^{gh}	6.73	0.13	U	0.52	
	0.5	6.15 ^{hi}	5.48 ^j	7.82 ^a	6.76 ^{cdefg}	7.82 ^a	6.60 ^{efg}	6.77				
	1	5.79 ^{ij}	6.55 ^{fgh}	7.44 ^{ab}	6.41 ^{gh}	7.18 ^{bc}	6.74 ^{defg}	6.68				
	Average	6.33 ^C	6.29 ^C	7.41 ^A	6.44 ^{BC}	7.33 ^A	5.56 ^B					

^{a,j} Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).

* P<0.05; ** P<0.01.

¹White rot fungi: PO = *Pleurotus ostreatus*, PD = *Pleurotus djamor*, LS = *Lentinus squarrosulus*, SC = *Schizophyllum commune*, LP = *Lentinus polychrous*, LSc = *Lentinus sajor-caju*.

²Treatment combinations: T₁= PO-OPL-0%, T₂= PO-OPL-0.5%, T₃= PO-OPL-1%, T₄= PD-OPL-0%, T₅= PD-OPL-0.5%, T₆= PD-OPL-1%, T₇= LS-OPL-0%, T₈= LS-OPL-0.5%, T₉= LS-OPL-1%, T₁₀= SC-OPL-0%, T₁₁= SC-OPL-0.5%, T₁₂= SC-OPL-1%, T₁₃= LP-OPL-0%, T₁₄= LP-OPL-0.5%, T₁₅= LP-OPL-1%, T₁₆= LSc-OPL-0%, T₁₇= LSc-OPL-0.5%, T₁₈= LSc-OPL-1%.

³Levels of urea = 0, 0.5 and 1%.

การเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ดบนทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับยูเรีย พบว่าการเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ดไม่มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด และอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์มน้ำมัน (Table 2.7) แต่มีความแตกต่างกันของชนิดของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย (U) โดยเชื้อเห็ด LSc และ SC มีการพัฒนาของเชื้อสูง (P<0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเห็ดกลุ่มอื่นๆ ตามลำดับ

Table 2.7 Number of days for full colonization of six white rot fungi on OPF

Item	Levels of urea	Type of white rot fungi ¹						Average	SEM	P-value	
		PO	PD	LS	SC	LP	LSc				
Growth	0	7.10	7.10	5.02	4.00	5.03	4.00	5.36 ^A	0.02	U	<0.01
	0.5	7.10	7.10	5.00	4.00	5.00	4.00	5.35 ^{AB}		F	0.05
	1	7.02	7.02	5.00	4.00	5.00	4.00	5.33 ^B		UxF	0.48
	Average	7.00 ^B	7.10 ^A	5.00 ^C	4.00 ^D	5.00 ^C	4.00 ^D				
Density	0	++	+	++	++	+	+++	-	-	-	-
	0.5	++	++	++	++	+	+++	-	-	-	-
	1	++	++	++	++	+	+++	-	-	-	-
	Average	++	++	++	++	+	+++	-	-	-	-

^{A-D} Within rows not sharing a common superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

¹White rot fungi: PO = *Pleurotus ostreatus*, PD = *Pleurotus djamor*, LS = *Lentinus squarrosulus*, SC = *Schizophyllum commune*, LP = *Lentinus polychrous*, LSc = *Lentinus sajor-caju*.

²No. of days for full colonization of substrate.

³+ denote the density of mycelium. More + indicates more dense growth of mycelium

ผลของชนิดเส้นใยเห็ดที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับยูเรีย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ OPF (Table 2.8) พบว่าค่าโปรตีนรวม (CP) ผนังเซลล์ (NDF) ลิกโนเซลลูโลส (ADF) และเถ้า (ash) ไม่มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย ยกเว้น วัสดุแห้ง (DM) ที่มีอิทธิพลร่วม ($P < 0.01$) แต่มีความแตกต่างกันของชนิดของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย (U) ต่อองค์ประกอบทางเคมี โดย OPF มีค่าเฉลี่ยของ CP ที่ระดับยูเรีย 0.5 และ 1% สูงกว่ายูเรียที่ 0%

Table 2.8 Chemical composition of fungal treated oil palm frond at 3 weeks (% of DM basis)

Item	Levels of urea ² %	Type of white rot fungi ^{1,3}						Average	SEM	P-value	
		PO	PD	LS	SC	LP	LSc				
DM	0	64.40 ^{de}	63.71 ^e	65.95 ^{abc}	66.14 ^{ab}	65.96 ^{abc}	65.02 ^{bcd}	65.20	0.35	U	0.12
	0.5	65.12 ^{bcd}	64.97 ^{bcd}	66.37 ^a	64.80 ^{cd}	66.42 ^a	65.80 ^{abc}	65.5		F	<.01
	1	65.48 ^{abcd}	65.85 ^{abc}	66.64 ^a	63.34 ^e	66.06 ^{ab}	65.96 ^{abc}	65.58		UxF	<.01
	Average	65.00 ^C	64.84 ^C	66.32 ^A	64.76 ^C	66.14 ^{AB}	65.60 ^B				
CP	0	5.86	5.49	5.84	6.09	5.50	6.13	5.82 ^B	0.22	U	0.02
	0.5	5.77	6.05	6.10	5.86	5.82	6.58	6.03 ^{AB}		F	<0.01
	1	6.20	5.70	6.49	6.30	5.92	6.50	6.19 ^A		UxF	0.67
	Average	5.95 ^B	5.75 ^B	6.15 ^{AB}	6.09 ^{AB}	5.75 ^B	6.41 ^A				
NDF	0	73.45	70.96	74.90	74.06	70.78	71.80	72.74 ^A	2.55	U	<.01
	0.5	73.91	73.19	77.50	71.09	69.39	68.14	72.57 ^A		F	0.03
	1	71.45	62.28	75.29	70.98	68.31	63.53	69.11 ^B		UxF	0.60
	Average	72.94 ^{AB}	68.81 ^{BC}	75.90 ^A	72.04 ^{ABC}	69.49 ^{BC}	67.82 ^C				
ADF	0	56.65	58.16	65.17	59.12	63.40	57.39	60.44	2.03	U	0.38
	0.5	56.46	60.12	67.14	57.73	64.63	56.51	59.98		F	<.01
	1	55.55	57.61	64.07	57.88	62.26	55.85	58.87		UxF	0.99
	Average	56.22 ^B	58.66 ^B	65.46 ^A	58.24 ^B	63.43 ^A	56.58 ^B				
Ash	0	5.89	6.52	5.71	4.91	4.56	4.50	5.35	0.65	F	0.38
	0.5	4.25	5.09	6.03	5.59	4.20	5.28	5.08		UxF	0.70
	1	5.28	5.47	5.45	4.87	5.31	5.69	5.35			0.50
	Average	5.14	5.70	5.73	5.13	4.69	5.16				

^{a-d} Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).

* P<0.05; ** P<0.01.

¹White rot fungi: PO = *Pleurotus ostreatus*, PD = *Pleurotus djamor*, LS = *Lentinus squarrosulus*, SC = *Schizophyllum commune*, LP = *Lentinus polychrous*, LSc = *Lentinus sajor-caju*.

²Levels of urea = 0, 0.5 and 1%.

³Treatment combinations: T₁= PO-OPF-0%, T₂= PO-OPF-0.5%, T₃= PO-OPF-1%, T₄= PD-OPF-0%, T₅= PD-OPF-0.5%, T₆= PD-OPF-1%, T₇= LS-OPF-0%, T₈= LS-OPF-0.5%, T₉= LS-OPF-1%, T₁₀= SC-OPF-0%, T₁₁= SC-OPF-0.5%, T₁₂= SC-OPF-1%, T₁₃= LP-OPF-0%, T₁₄= LP-OPF-0.5%, T₁₅= LP-OPF-1%, T₁₆= LSc-OPF-0%, T₁₇= LSc-OPF-0.5%, T₁₈= LSc-OPF-1%.

การศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์ม และทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มโภชนะโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์

การศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์ม และทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มโภชนะโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์ การวิเคราะห์ความสามารถในการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยใช้เทคนิคถุงไนลอน (nylon bag technique, NBT) พบว่าการย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มในกระเพาะรูเมน (rumen incubation time) (0-96 ชั่วโมง) (Figure 2.1) โดยเชื้อ LSc มีความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด รองลงมาคือ SC ขณะที่กลุ่มอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยกลุ่ม LP มีค่าต่ำสุด อาจเนื่องมาจาก เกี่ยวข้องกับความสามารถในการพัฒนาการเจริญของเชื้อ โดยเชื้อเห็ด LSc มีการพัฒนาของเชื้อได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ

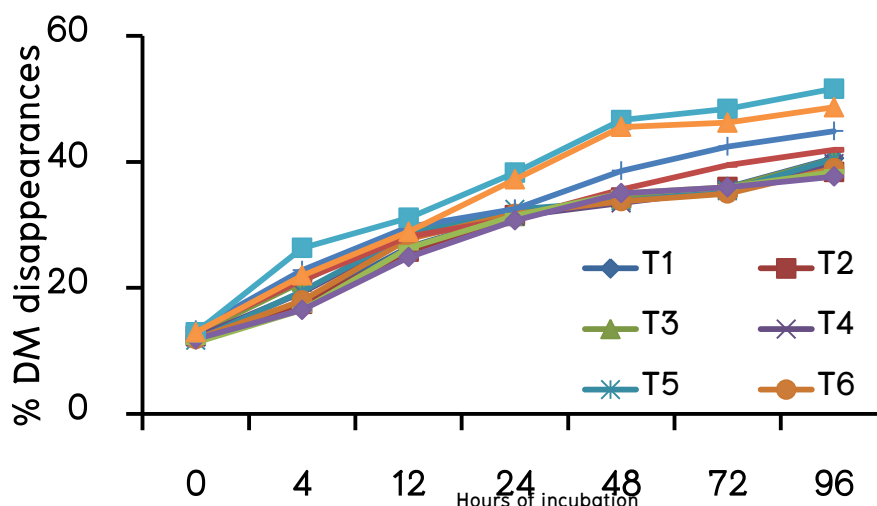


Figure 2.1 In situ DM disappearances (DMD) of OPL and OPF as affected by WRF at various hours of incubation

การวิเคราะห์การย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Table 2.9) พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของเชื้อรา (F) และปาล์มน้ำมัน (O) ต่อค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ (washing loss rate, a) ค่าคงที่อัตราการย่อยสลาย (degradability rate constant, c) ค่าการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน (potential degradability rate, a+b) และค่าประสิทธิภาพการย่อยสลาย (effective degradability, ED) ของ DMD แต่มีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$) ของกลุ่มเชื้อรา (WRF)

Table 2.9 Effect of treatment on the DM degradability of the fungal treatments

Item		Type of white rot fungi ¹						Average	SEM ⁴	P-value*	
		PO ³	PD	LS	SC	LP	LSc				
a	OPL ²	12.4 ^{ab}	12.7 ^{ab}	11.6 ^{ab}	13.3 ^a	11.3 ^b	12.9 ^{ab}	12.3	0.52	O	0.88
	OPF	12.4 ^{ab}	12.2 ^{ab}	11.9 ^{ab}	13.2 ^a	11.9 ^{ab}	12.9 ^{ab}	12.4		F	0.02
	Average	12.4 ^{AB}	12.5 ^{AB}	11.7 ^B	13.2 ^A	11.6 ^B	12.9 ^A			OxF	0.94
b	OPL	25.8 ^e	25.7 ^e	25.6 ^e	33.4 ^c	25.6 ^e	39.9 ^a	29.3 ^A	0.47	O	<0.01
	OPF	24.6 ^e	25.1 ^e	24.4 ^e	29.9 ^d	25.0 ^e	35.9 ^b	27.4 ^B		F	<0.01
	Average	25.2 ^C	25.4 ^C	25.0 ^C	31.6 ^B	25.3 ^C	37.9 ^A			OxF	<0.01
c	OPL	0.05	0.04	0.06	0.03	0.06	0.04	0.04	0.01	O	0.59
	OPF	0.06	0.05	0.06	0.03	0.06	0.04	0.04		F	<0.01
	Average	0.05 ^A	0.04 ^A	0.06 ^A	0.03 ^B	0.06 ^A	0.04 ^{AB}			OxF	0.97
a+b	OPL	38.1 ^d	38.4 ^d	37.2 ^d	46.8 ^b	36.9 ^d	52.9 ^a	41.7 ^A	0.79	O	<0.01
	OPF	37.0 ^d	37.2 ^d	36.3 ^d	43.1 ^c	36.9 ^d	48.8 ^b	39.9 ^B		F	0.05
	Average	37.6 ^C	37.9 ^C	36.7 ^C	44.9 ^B	36.9 ^C	50.8 ^A			OxF	0.10
ED ⁵	OPL	23.3 ^{fgh}	26.0 ^{cd}	25.0 ^{de}	27.4 ^{bc}	22.7 ^{gh}	30.8 ^a	25.8 ^A	0.47	O	<0.01
	OPF	23.1 ^{fgh}	24.6 ^{def}	23.9 ^{efg}	25.8 ^d	22.3 ^h	27.8 ^b	24.5 ^B		F	<0.01
	Average	23.2 ^D	25.3 ^C	24.4 ^C	26.6 ^B	22.5 ^D	29.3 ^A			OxF	0.10

^{a-h} Within rows not sharing a common superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

¹White rot fungi: PO = *Pleurotus ostreatus*, PD = *Pleurotus djamor*, LS = *Lentinus squarrosulus*, SC = *Schizophyllum commune*, LP = *Lentinus polychrous*, LSc = *Lentinus sajor-caju*.

²OPL = oil palm leaflet, OPF = oil palm frond.

³Treatment combinations: T₁ = PO-OPL, T₂ = PO-OPF, T₃ = PD-OPL, T₄ = PD-OPF, T₅ = LS-OPL, T₆ = LS-OPF, T₇ = SC-OPL, T₈ = SC-OPF, T₉ = LP-OPL, T₁₀ = LP-OPF, T₁₁ = LSc-OPL, T₁₂ = LSc-OPF.

⁴SEM = Standard error of the mean (n = 3).

⁵Effective degradability in the rumen (assuming rate of passage of 0.08/h⁻¹).

โดยภาพรวมพบว่าเชื้อ LSc มีค่าสูงกว่ากลุ่มเชื้อกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยเฉพาะ LSc-OPL, LSc-OPF รองลงมาคือ SC-OPL และ SC-OPF ขณะที่ ค่าคงที่อัตราการย่อยสลาย (degradability rate constant, c) ทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ยกเว้นเชื้อกลุ่ม PD และ SC มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ขณะที่ OPL และ OPF ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) และในกลุ่มเชื้อราทั้งหมดพบว่า ค่า b fraction (not soluble but fermentable) ในกลุ่มที่หมักด้วย LSc มีค่าสูงสุด รองลงมา คือ SC และต่ำที่สุดในกลุ่ม PD, LP และ PO ตามลำดับ

ผลของชนิดเส้นใยหัดที่มีผลต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์มน้ำมัน (OPL) ร่วมกับยูเรีย การวิเคราะห์ความสามารถในการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (OPL) โดยใช้เทคนิคถุงไนลอน (nylon bag technique, NBT) ดังแสดงใน Figure 2.2 และ Table 2.10 ตามลำดับความสามารถในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (dry matter disappearance, DMD) ของวัตถุดิบอาหารทดลองทั้ง 18 ชนิด พบว่าการย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มในกระเพาะรูเมน (rumen incubation time) (0-96 ชั่วโมง) โดยเชื้อ LSc มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด อาจเนื่องมาจาก เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเจริญพัฒนาของเชื้อ โดยเชื้อหัด LSc มีการพัฒนาของเชื้อได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ขณะที่กลุ่มอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาผลของระดับของยูเรีย พบว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 1% มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ดีกว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 0 และ 0.5% ตามลำดับ

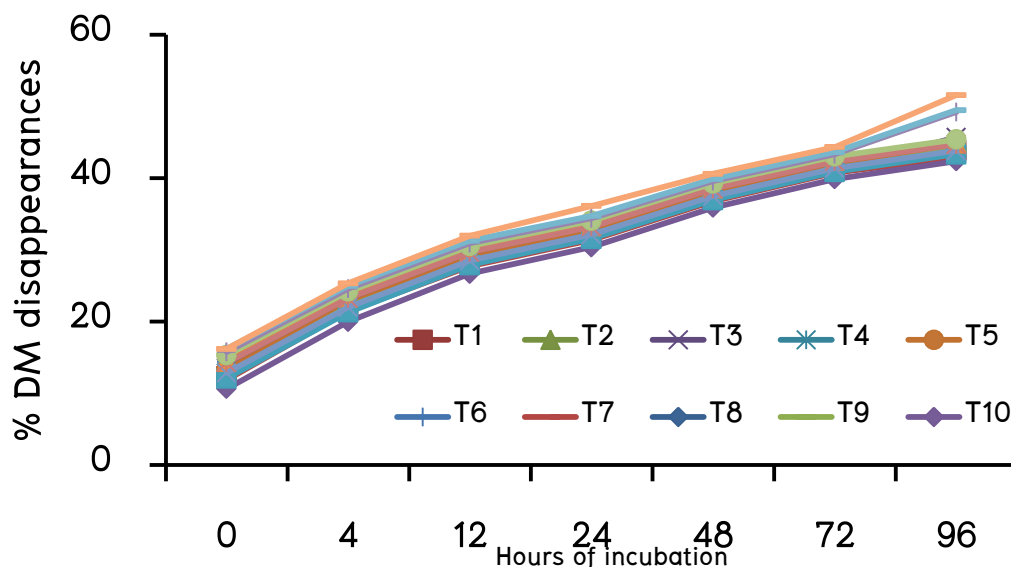


Figure 2.2 In situ DM disappearances (DMD) of OPL with levels of urea at various hours of incubation

การวิเคราะห์การย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Table 2.10) พบว่ามีอิทธิพลร่วมของเชื้อรา (F) และระดับยูเรีย (U) ต่อค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ (washing loss rate, a) ค่าการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน (potential degradability rate, a+b) ยกเว้น ค่าคงที่อัตราการย่อยสลาย (degradability rate constant, c) และค่าประสิทธิภาพการย่อยสลาย (effective degradability, ED) ของ DMD และมีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$) ของกลุ่มเชื้อรา (F) โดยภาพรวมพบว่าเชื้อ LSc มีค่าสูงกว่ากลุ่มเชื้อกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยเฉพาะ LSc-OPL-1% ขณะที่ ค่าคงที่อัตราการย่อยสลาย (degradability rate constant, c) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และในกลุ่มเชื้อราทั้งหมดพบว่า ค่า b fraction (not soluble but fermentable) ในกลุ่มที่หมักด้วย LSc มีค่าสูงสุด รองลงมา คือ PO, SC, LS และต่ำที่สุดในกลุ่ม PD และ LP ตามลำดับ

Table 2.10 Effect of treatment on the DM degradability of the fungal treatments

Item	Levels of urea ²		Type of white rot fungi ^{1,3}					Average	SEM ⁴	P-value		
	%		PO	PD	LS	SC	LP			LSc		
a	0		12.4 ^d	12.9 ^{cd}	11.9 ^{de}	10.6 ^e	12.9 ^{cd}	15.8 ^{ab}	12.7 ^C	0.47	U	<.01
	0.5		13.3 ^{cd}	13.3 ^{cd}	12.4 ^d	12.1 ^d	14.3 ^{bc}	16.2 ^a	13.6 ^B		F	<.01
	1		13.5 ^{cd}	14.4 ^{bc}	12.6 ^d	14.4 ^{bc}	15.3 ^{ab}	16.2 ^a	14.4 ^A		UxF	0.05
	Average		13.1 ^{CD}	13.5 ^{BC}	12.3 ^D	12.4 ^D	14.2 ^B	16.1 ^A				
b	0		33.5 ^d	31.5 ^{fg}	31.5 ^{fg}	32.3 ^{def}	31.5 ^{fg}	37.6 ^b	33.0 ^B	0.38	U	<.01
	0.5		33.0 ^{de}	31.3 ^{fg}	31.3 ^{fg}	31.8 ^{efg}	31.0 ^g	37.4 ^b	32.7 ^B		F	<.01
	1		36.2 ^c	30.9 ^g	30.9 ^g	30.9 ^g	30.6 ^g	41.3 ^a	33.7 ^A		UxF	<.01
	Average		34.2 ^B	31.2 ^D	31.9 ^C	31.6 ^{CD}	31.0 ^D	38.7 ^A				
c	0		0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	U	0.94
	0.5		0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01		F	0.88
	1		0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01		UxF	0.98
	Average		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02				
a+b	0		45.9 ^{ed}	44.4 ^{defgh}	43.5 ^{gh}	43.0 ^h	44.4 ^{defgh}	53.3 ^b	45.8 ^B	0.58	U	<.01
	0.5		46.3 ^d	44.7 ^{defgh}	44.3 ^h	43.9 ^{gh}	45.3 ^{defg}	53.6 ^b	46.3 ^B		F	<.01
	1		49.8 ^c	45.4 ^{def}	44.9 ^{efgh}	45.4 ^{def}	46.0 ^{de}	57.5 ^a	48.3 ^A		UxF	0.05
	Average		47.4 ^B	44.9 ^{CD}	44.2 ^C	44.2 ^C	45.3 ^C	54.8 ^A				
ED ⁵	0		26.4	24.4	23.8	22.5	24.4	27.6	24.8 ^C	0.52	F	<.01
	0.5		26.9	24.8	24.3	23.7	25.6	28.0	25.5 ^B		UxF	<.01
	1		27.3	25.8	24.5	25.7	26.5	28.8	26.4 ^A			0.59
	Average		26.8 ^B	25.0 ^{CD}	24.2 ^{DE}	23.9 ^E	25.5 ^C	28.1 ^A				

^{a-h} Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).

* P<0.05; ** P<0.01.

¹White rot fungi: PO = *Pleurotus ostreatus*, PD = *Pleurotus djamor*, LS = *Lentinus squarrosulus*, SC = *Schizophyllum commune*, LP = *Lentinus polychrous*, LSc = *Lentinus sajor-caju*.

²Levels of urea = 0, 0.5 and 1%.

³Treatment combinations: T₁= PO-OPL-0%, T₂= PO-OPL-0.5%, T₃= PO-OPL-1%, T₄= PD-OPL-0%, T₅= PD-OPL-0.5%, T₆= PD-OPL-1%, T₇= LS-OPL-0%, T₈= LS-OPL-0.5%, T₉= LS-OPL-1%, T₁₀= SC-OPL-0%, T₁₁= SC-OPL-0.5%, T₁₂= SC-OPL-1%, T₁₃= LP-OPL-0%, T₁₄= LP-OPL-0.5%, T₁₅= LP-OPL-1%, T₁₆= LSc-OPL-0%, T₁₇= LSc-OPL-0.5%, T₁₈= LSc-OPL-1%.

⁴SEM = Standard error of the mean (n = 3).

⁵Effective degradability in the rumen (assuming rate of passage of 0.08/h⁻¹).

การวิเคราะห์ความสามารถในการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (OPF) โดยใช้เทคนิคถุงไนลอน (nylon bag technique, NBT) ดังแสดงใน Figure 2.3 และ Table 2.11 ตามลำดับ ความสามารถในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (dry matter disappearance, DMD) ของวัตถุดิบอาหารทดลองทั้ง 18 ชนิด พบว่าการย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มในกระเพาะรูเมน (rumen incubation time) (0-96 ชั่วโมง) โดยเชื้อ LSc มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด อาจเนื่องมาจาก เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเจริญพัฒนาของเชื้อ โดยเชื้อเห็ด LSc มีการพัฒนาของเชื้อได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ขณะที่กลุ่มอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาระดับของยูเรีย พบว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 1% มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ดีกว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 0 และ 0.5% ตามลำดับ

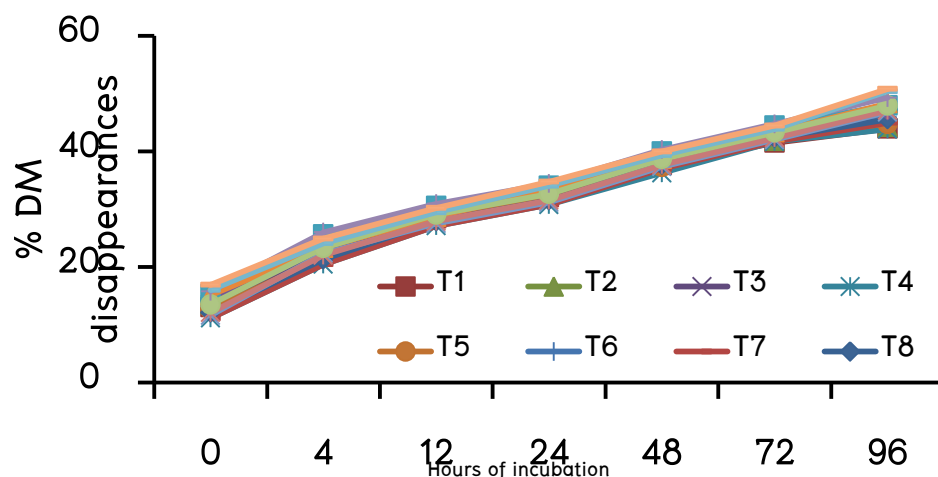


Figure 2.3 In situ DM disappearances (DMD) of OPF with levels of urea at various hours of incubation

การวิเคราะห์การย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Table 2.11) พบว่ามีอิทธิพลร่วมของเชื้อรา (F) และระดับยูเรีย (U) ต่อค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ (washing loss rate, a) ค่าการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน (potential degradability rate, a+b) และค่าประสิทธิผลการย่อยสลาย (effective degradability, ED)

Table 2.11 Effect of treatment on the DM degradability of the fungal treatments

Item	Levels of urea ² , %	Type of white rot fungi ^{1,3}						Average	SEM ⁴	P-value
		PO	PD	LS	SC	LP	LSc			
a	0	13.1 ^{ef}	11.1 ^h	11.1 ^h	14.3 ^{de}	11.6 ^{gh}	15.8 ^{abc}	12.8 ^C	0.43	U <.01
	0.5	13.5 ^{ef}	12.6 ^{fg}	12.1 ^{fgh}	15.3 ^{bcd}	12.1 ^{fgh}	16.0 ^{ab}	13.6 ^B		F <.01
	1	13.5 ^{ef}	14.4 ^{cde}	14.4 ^{cde}	15.1 ^{bcd}	13.5 ^{ef}	16.9 ^a	14.6 ^A		UxF 0.05
	Average	13.3 ^C	12.7 ^{CD}	12.53 ^D	14.9 ^B	12.4 ^D	16.2 ^A			
b	0	32.4 ^h	35.7 ^{efg}	37.3 ^{cde}	38.1 ^{bc}	41.0 ^a	39.0 ^b	37.2	0.51	U 0.67
	0.5	32.2 ^h	35.1 ^{fg}	36.8 ^{de}	36.3 ^{ef}	39.4 ^b	42.1 ^a	36.9		F <.01
	1	34.8 ^{fg}	34.4 ^g	35.9 ^{efg}	37.3 ^{cde}	38.8 ^{bc}	41.6 ^a	37.1		UxF <.01
	Average	33.1 ^E	35.1 ^D	36.6 ^C	37.2 ^C	39.7 ^B	40.9 ^A			
c	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	U 0.84
	0.5	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01		F 0.86
	1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01		UxF 0.99
	Average	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02			
a+b	0	45.4 ^h	46.9 ^{gh}	48.4 ^{efg}	52.5 ^c	52.6 ^c	54.8 ^b	50.1 ^B	0.63	U <.01
	0.5	45.7 ^h	47.7 ^{fg}	49.0 ^{ef}	51.6 ^{cd}	51.5 ^{cd}	58.1 ^a	50.5 ^B		F <.01
	1	48.3 ^{efg}	48.8 ^{efg}	50.3 ^{de}	52.4 ^c	52.3 ^c	58.5 ^a	51.7 ^A		UxF 0.03
	Average	46.5 ^E	47.7 ^D	49.2 ^C	52.1 ^B	52.1 ^B	57.1 ^A			
ED ⁵	0	26.7 ^{bcdef}	25.2 ^{fg}	25.2 ^{fg}	28.7 ^a	24.8 ^g	28.3 ^{ab}	26.4	0.53	U <.09
	0.5	27.1 ^{abcde}	26.4 ^{cdefg}	26.0 ^{defg}	27.8 ^{abc}	24.7 ^g	27.0 ^{abcde}	26.5		F 0.01
	1	27.2 ^{abcde}	27.9 ^{abc}	28.0 ^{abc}	25.9 ^{efg}	25.9 ^{efg}	27.7 ^{abcd}	27.1		UxF <.01
	Average	27.0 ^{AB}	26.5 ^B	26.4 ^B	27.4 ^A	25.1 ^C	27.6 ^A			

^{a-h} Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).

* P<0.05; ** P<0.01. ¹White rot fungi: PO = *Pleurotus ostreatus*, PD = *Pleurotus djamor*, LS = *Lentinus squarrosulus*, SC = *Schizophyllum commune*, LP = *Lentinus polychrous*, LSc = *Lentinus sajor-caju*. ²Levels of urea = 0, 0.5 and 1%. ³Treatment combinations: T₁= PO-OPF-0%, T₂= PO-OPF-0.5%, T₃= PO-OPF-1%, T₄= PD-OPF-0%, T₅= PD-OPF-0.5%, T₆= PD-OPF-1%, T₇= LS-OPF-0%, T₈= LS-OPF-0.5%, T₉= LS-OPF-1%, T₁₀= SC-OPF-0%, T₁₁= SC-OPF-0.5%, T₁₂= SC-OPF-1%, T₁₃= LP-OPF-0%, T₁₄= LP-OPF-0.5%, T₁₅= LP-OPF-1%, T₁₆= LSc-OPF-0%, T₁₇= LSc-OPF-0.5%, T₁₈= LSc-OPF-1%. ⁴SEM = Standard error of the mean (n = 3). ⁵Effective degradability in the rumen (assuming rate of passage of 0.08/h⁻¹).

ยกเว้น ค่าคงที่อัตราการย่อยสลาย (degradability rate constant, c) ของ DMD และมีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$) ของกลุ่มเชื้อรา (F) โดยภาพรวมพบว่าเชื้อ LSc มีค่าสูงกว่ากลุ่มเชื้อกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยเฉพาะ LSc-OPF-1% ขณะที่ ค่าคงที่อัตราการย่อยสลาย (degradability rate constant, c) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และในกลุ่มเชื้อราทั้งหมดพบว่า ค่า b fraction (not soluble but fermentable) ในกลุ่มที่หมักด้วย LSc มีค่าสูงสุด รองลงมา คือ LP, LS, SC, PD และต่ำที่สุดในกลุ่ม PO ตามลำดับ ขณะที่ ระบุโดยไม่มีค่าแตกต่างกัน ($P > 0.05$)

การทดลองที่ 3 ผลของ fungal treatment ต่อการย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก และสมรรถภาพการผลิตของแพะขุน

วิธีการทดลอง

การศึกษาการย่อยได้ และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

1. การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ 3x3 จัตุรัสละตินที่ทำซ้ำหลายจัตุรัส (3x3 Replicated Latin Square Design) โดยมีกลุ่มทดลอง (treatment) เป็นอาหารทดลอง แบ่งเป็น 3 สูตร ดังต่อไปนี้

อาหารทดลองที่ 1 (T1: กลุ่มควบคุม) อาหารประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันที่ไม่หมัก (untreated oil palm frond, UOPF)

อาหารทดลองที่ 2 (T2) ทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อรา (fungal treated oil palm frond, FTOPF)

อาหารทดลองที่ 3 (T3) ทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อราพร้อมกับยูเรีย 1% (fungal treated oil palm frond with 1% urea, FTOPFU)

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้ จำนวน 6 ตัว มีอายุเฉลี่ยประมาณ 12 เดือน โดยแพะมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 33.5 ± 1.7 กิโลกรัม

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารผสมครบส่วนทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วันติดต่อกัน หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง โดยนำมาปรับการกินได้ของสัตว์ในแต่ละวัน และอีกส่วนหนึ่งจะสุ่มเก็บจากแต่ละช่วงการทดลอง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เช่น วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) เถ้า (Ash) ตามวิธีการของ AOAC (1995) และวิเคราะห์ neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) และ acid detergent lignin (ADL) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991) สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมัก (rumen fluid) ของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่มทดลองที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหารของวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง เก็บตัวอย่างเลือด ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหารของวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (blood urea-nitrogen, BUN) (Crocker, 1967) การเก็บมูล และปัสสาวะในช่วงสัตว์อยู่บนกรงเมธาโบลิซึม โดยทำการเก็บติดต่อกัน 5 วันในช่วงสุดท้ายของระยะเก็บตัวอย่างใช้วิธีการเก็บแบบทั้งหมด หลังจากนั้น นำไปวิเคราะห์หาการย่อยได้ตามวิธีการของ Schnieder and Flatt (1975) และปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะตามวิธีการของ AOAC (1995) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสมดุลไนโตรเจน (nitrogen balance) ต่อไป

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลอง 3 x 3 Replicated Latin Square Design โดยใช้ Proc GLM และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

2. การศึกษาการเจริญเติบโตในแพะ

การทดลองครั้งนี้ ทำการศึกษาโดยใช้แพะรุ่นลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้จำนวน 18 ตัว (น้ำหนักตัวเฉลี่ย 18.7 ± 2 กก.) แบ่งสัตว์ออกเป็น 3 กลุ่มทดลอง (treatments) กลุ่มการทดลองอย่างละ 6 ซ้ำ จำนวน 18 ตัว โดยสัตว์จะได้รับ

อาหารตามกลุ่มทดลอง อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารผสมครบส่วน (TMR) ที่มีสัดส่วนอาหารชั้นต่ออาหารหยาบ (UOPF, FTOPF และ FTOPFU) 70:30 ทำการวัดปริมาณอาหารที่กินได้ในแต่ละวัน (voluntary feed intake) โดยชั่งอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทิ้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของวันถัดไป ทำการทดลองนาน 90 วัน เมื่อครบกำหนดจึงทำการสุ่มแพะกลุ่มละ 3 ตัว นำมาชำแหละ โดยอดอาหารแพะเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักมีชีวิตก่อนและหลัง และทำการชำแหละส่วนต่างๆ ของร่างกาย แบ่งซากออกเป็น 2 ส่วน ทำการชั่งน้ำหนักซากอ่อน แล้วนำมาตัดแต่งแบบสากล โดยตัดแต่งซากเป็นส่วนตัดขนาดใหญ่ได้ 8 ส่วน ได้แก่ คอ (neck) ขา (leg) เนื้อสัน (loin) ซี่โครง (rack) ไหล่ (shoulder) แขนง (shank) ออก (breast) และพื้นท้อง (flank) แล้วชั่งน้ำหนักส่วนต่างๆ เพื่อนำมาหาเปอร์เซ็นต์ซากตามวิธีการของสุทธิพงศ์ (2537)

3. การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนักตัวเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักตัวเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ น้ำหนักซาก น้ำหนักอวัยวะภายในต่างๆ น้ำหนักซากที่ตัดแต่ง ค่าความหนาของไขมันสันหลัง ไขมันช่องท้อง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

ผลการทดลอง และวิจารณ์

ผลของทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อรา หรือเชื้อเห็ดตีนปลอก (*Lentinus sajor-caju*, LSc) ในสูตรอาหารผสมเสร็จประกอบด้วยสูตรที่ 1 คือ สูตรใช้ทางใบปาล์มน้ำมัน (UOPF) หรือสูตรควบคุม สูตรที่ 2 คือ ทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อรา (FTOPF) และ สูตรที่ 3 คือ ทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อราพร้อมกับยูเรีย (FTOPFU)

ผลการทดลองพบว่า พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง $\text{NH}_3\text{-N}$ ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด กรดบิวทีริก และกรดไขมันอื่นๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ยกเว้น กรดโพรพอนิก และค่าสัดส่วนความเข้มข้นของ $\text{C}_2\text{:C}_3$ ที่ 0 ชั่วโมงหลังการให้อาหารที่แตกต่างกัน ($P<0.05$) ส่วนประชากรจุลินทรีย์ และสมดุลไนโตรเจนมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ขณะที่ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (DM, OM, CP, EE, NDF, and ADF) (Table 2.12) มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับ FTOPF และ FTOPFU มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับ UOPF

Table 2.12 Effects of diet on feed intake of goats

Item	Dietary treatments ¹			SEM	Contrast, <i>P</i> -value ³	
	UOPF	FTOPF	FTOPFU		T1 vs. FT	T2 vs. T3
Total dry matter intake, kg/d	0.992	1.051	1.095	0.10	0.38	0.66
Dry matter intake, %BW	2.98	3.14	3.33	0.18	0.18	0.37
Dry matter intake, g/kg W ^{0.75}	71.69	75.64	79.79	5.28	0.22	0.45
Apparent digestibility, %						
Dry matter	69.33 ^b	73.06 ^a	72.22 ^a	0.39	0.03	0.58
Organic matter	70.67 ^b	74.57 ^a	73.69 ^a	0.39	0.04	0.58
Crude protein	73.50 ^b	77.50 ^a	78.18 ^a	0.80	0.01	0.64
Ether extract	74.13 ^b	78.30 ^a	77.11 ^a	0.33	0.05	0.52
Neutral detergent fiber	56.61 ^b	64.66 ^a	62.49 ^a	1.31	0.02	0.43
Acid detergent fiber	35.77 ^b	43.47 ^a	40.81 ^a	1.05	0.05	0.41
Acid detergent lignin	23.50 ^b	27.71 ^a	29.33 ^a	0.94	0.38	0.80

^{a-b} Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($p<0.05$).

¹=UOPF; untreated oil palm frond, FTOPF; fungal treated oil palm frond, FTOPFU; fungal treated oil palm frond with 1% urea.

³=Compares the effects of UOPF with the combined FT treatment.

ผลของทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อราในสูตรอาหารผสมเสร็จต่ออุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ต่าง (pH) (Table 2.13) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในกระเพาะรูเมนของแพะในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของอุณหภูมิในกระเพาะรูเมนค่อนข้างคงที่ ($39.16-39.33$ °C) ซึ่งเป็นระดับที่ปกติ และเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ($38-40$ °C) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของ $\text{NH}_3\text{-N}$ อยู่ในช่วง $19.52-21.43$ mg/dL ทำนองเดียวกับค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของ BUN อยู่ในช่วง $17.69-20.65$ mg/dL

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด กรดอะซิติก กรดโพรพิออนิก กรดบิวทีริก และสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิก ในการทดลองนี้มีค่าเฉลี่ยระหว่าง $74.05-79.23$ มิลลิโมลต่อลิตร $68.14-70.20$, $19.18-20.95$, $6.33-6.76$ เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด และ $3.39-3.78$ ตามลำดับ พบว่าทุกค่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

Table 2.13 Effects of diet on rumen fermentation of goats.

Item	Dietary treatments ¹			SEM	Contrast, <i>P</i> -value ³	
	UOPF	FTOPF	FTOPFU		T1 vs. FT	T2 vs. T3
Ruminal pH	6.53	6.51	6.48	0.06	0.72	0.70
Temperature, °C	39.16	39.33	39.16	0.25	0.78	0.63
Ammonia-nitrogen, mg/dL	19.52	19.76	21.43	0.36	0.49	0.81
Blood urea-nitrogen, mg/dL	17.69	20.31	20.65	1.63	0.58	0.95
Total volatile fatty acids, mmol/l	74.93	79.23	74.05	1.34	0.40	0.11
Proportion of individual volatile fatty acids, %						
Acetate (C ₂)	71.67	70.41	71.89	0.57	0.53	0.21
Propionate (C ₃)	19.18	20.95	19.21	0.54	0.31	0.15
Butyrate (C ₄)	6.76	6.33	6.49	0.40	0.55	0.80
Other volatile fatty acids ⁴	2.37	2.30	2.39	0.02	0.47	0.11
Acetate:propionate ratio	3.78	3.39	3.76	0.13	0.32	0.17

^{a,b} Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($p<0.05$).

¹UOPF; untreated oil palm frond, FTOPF; fungal treated oil palm frond, FTOPFU; fungal treated oil palm frond with 1% urea.

³Compares the effects of UOPF with the combined FT treatment.

ผลของทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อราในสูตรอาหารผสมเสร็จต่อสมดุลของไนโตรเจน และปริมาณของไนโตรเจนที่กักเก็บไว้ได้ (Table 2.14) ปรากฏว่า ปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด (Total N intake) ปริมาณการขับไนโตรเจน (N excretion) ทั้งในรูปของการขับไนโตรเจนทางปัสสาวะ (Urinary N) ปริมาณการขับไนโตรเจนในมูล (Fecal N) และปริมาณการขับไนโตรเจนทั้งหมด (Total N excretion) ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

ทำนองเดียวกับค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (Absorbed N) และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย (Retained N) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม UOPF กับกลุ่ม FT พบว่า ค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับ UOPF มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม FT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอาหารผสมเสร็จ ความสามารถในการย่อยได้ และปริมาณการกินได้ของโภชนะโปรตีนในอาหารแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับ มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้อย่างอิสระ และความสามารถในการย่อยได้ ขณะที่ ระหว่างกลุ่ม FTOPF และ FTOPFU ไม่แตกต่างกัน โดย Absorbed N และ Retained N มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $73.84-78.17$ และ $55.06-60.59\%$ ตามลำดับ

Table 2.14 Effects of diet on nitrogen (N) balance of goats.

Item	Dietary treatments ¹			SEM	Contrast, <i>P</i> -value ³	
	UOPF	FTOPF	FTOPFU		T1 vs. FT	T2 vs. T3
N balance, g/d						
Total N intake	24.58	27.32	30.60	2.50	0.08	0.22
N excretion, g/d						
Fecal N	6.50	6.13	6.69	0.64	0.87	0.42
Urinary N	4.65	4.53	5.34	1.39	0.84	0.64
Total N excretion	11.15	10.66	12.03	1.23	0.88	0.39
Absorbed N	18.08	21.19	23.90	1.95	0.03	0.20
Retained N	13.43	16.66	18.32	2.30	0.11	0.54
N output (% of N intake)						
Absorbed	73.84	77.50	78.17	1.45	0.02	0.66
Retained	55.06	60.08	60.59	2.21	0.33	0.93

^{a-b} Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($p < 0.05$).

¹UOPF; untreated oil palm frond, FTOPF; fungal treated oil palm frond, FTOPFU; fungal treated oil palm frond with 1% urea.

³ Compares the effects of UOPF with the combined FT treatment.

การศึกษาปริมาณการกินได้ การเจริญเติบโต และคุณภาพซากในแพะ

ผลการทดลอง พบว่าน้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด (วัตถุดิบ) อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเพิ่มของแพะไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ทำนองเดียวกับ คุณลักษณะทางซาก และคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อแพะทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 2.15-2.17)

Table 2.15 Effects of diet on performance and DMI of finishing goats.

Item	Dietary treatments ^{a)}			SEM	Contrast, <i>p</i> -value ^{b)}	
	UOPF	FTOPF	FTOPFU		T1 vs. FT	T2 vs. T3
Initial BW ^{c)} , kg	18.33	18.86	18.91	0.34	0.21	0.92
Final BW, kg	27.73	28.90	28.23	0.54	0.23	0.40
Weight gain (kg)	9.40	10.03	9.31	0.40	0.58	0.23
DMI kg/d	0.718	0.716	0.703	0.02	0.66	0.57
CPI, kg/d	0.108	0.107	0.109	0.01	0.97	0.53
NDFI, kg/d	0.332	0.313	0.314	0.01	0.07	0.98
ADG, kg/d	0.105	0.111	0.103	0.01	0.59	0.23
ADG, g/kg W ^{0.75}	10.07	10.43	9.74	0.36	0.97	0.20
G:F, kg/kg	0.147	0.159	0.146	0.01	0.55	0.21

^{a-b} Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($p < 0.05$).

^{a)} Treatments: T1 = untreated oil palm frond, T2 = fungal treated oil palm frond, T3 = fungal treated oil palm frond with 1% urea, FT = Fungal treated.

SEM, Standard error of the mean.

^{b)} Compares the effects T1 with the combined FT treatment.

^{c)} BW = body weight; DMI= dry matter intake; ADG = average daily gain; G:F = gain-to-feed.

องค์ประกอบของร่างกายของแพะที่ได้รับผลของทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อราในสูตรอาหารผสมเสร็จ โดยเฉลี่ยพบว่าแพะทั้ง 3 กลุ่ม มีน้ำหนักตัวหลังอดอาหาร (25.61 กิโลกรัม) น้ำหนักซากอ่อน (12.35 กิโลกรัม) และเปอร์เซ็นต์ซากอ่อน (48.20%) ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 2.16) ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ซาก (49.52%)

ใกล้เคียงกับรายงานของ Chanjula et al. (2015) ที่ศึกษาผลของกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จต่างกัน (0, 5, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ในแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบีย 50% แต่มีเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแพะพื้นเมืองที่รายงานโดยศิริชัย และคณะ (2533) (47.8%); ญัฐพล (2548) (46.56%) และขวัญชนก และคณะ (2553) (46.11%) ตามลำดับ

Table 2.16 Effects of diet on slaughtered carcass characteristics of finishing goats

Item	Dietary treatments ¹			SEM ²	Contrast, <i>P</i> -value ³	
	UOPF	FTOPF	FTOPFU		UOPF vs. FT	FTOPF vs. FTOPFU
HCW ⁴ , kg	12.40	12.66	12.00	0.43	0.90	0.34
Warm dressing, %	48.05	48.82	47.74	1.34	0.89	0.60
Carcass length (cm)	59.00 ^a	58.20 ^{ab}	56.86 ^b	0.49	0.07	0.13
Carcass width (cm)	23.50	23.08	22.56	0.27	0.11	0.24
LM area ⁵ , cm ²	10.09	9.82	9.28	0.49	0.42	0.48
WBSF ⁶ (kg/cm ²)	3.61	3.18	3.40	0.26	0.38	0.58
Back fat thickness, cm	0.66	0.83	1.00	0.11	0.15	0.37
45 min pH ⁷	6.78	6.71	6.50	0.09	0.21	0.19
24 h pH ⁸	5.93	5.59	5.90	0.09	0.21	0.09
Color of LM ⁹						
L*	37.00	37.20	36.53	1.08	0.92	0.68
a*	12.00	11.70	10.10	1.27	0.32	0.87
b*	8.90	9.23	8.73	0.48	0.97	0.50

^{a-c} Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($P < 0.05$).

¹ Treatments: UOPF = untreated oil palm frond, FTOPF = Fungal treated oil palm frond, FTOPFU = Fungal treated oil palm frond with 1% urea, FT = Fungal treated.

² SEM = Standard error of the mean.

³ Compares the effects of UOPF with the combined FT treatment.

⁴ HCW = hot carcass weight.

⁵ LM = Longissimus muscle area, cm² from *Longissimus dorsi*.

⁶ WBSF: Warner-Bratzler shear force.

⁷ pH measurements taken at 45 min after slaughter

⁸ pH measurements taken at 24 h after slaughter

⁹ L* values are a measure of lightness (higher value indicates a lighter color); a* values are a measure of redness (higher value indicates a redder color); b* values are a measure of yellowness (higher value indicates a more yellow color), by CIE = Complete international commission on illumination (Hunter color flex).

องค์ประกอบของซากจากการตัดแต่งซากแบบสากลของของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อรา (*Lentinus sajor-caju*, LSc) ในสูตรอาหารผสมเสร็จ พบว่าแพะที่ได้รับ UOPF และ FT (FTOPF และ FTOPFU) มีสัดส่วนของสันสะเอว (loins) สันซี่โครง (rack) ไหล่ (shoulder) ขาหน้า (fore leg) อก (breast) และคอ (neck) ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.15-9.48, 8.52-8.68, 9.45-9.66, 21.11-21.86, 12.38-12.63 และ 6.94-7.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2.17) ยกเว้น ขาหลัง (hind leg) และสะโพก (chump) ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับ FTOPF มีค่าขาหลัง (%) สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และกลุ่มที่ได้รับ FTOPFU มีค่าสะโพก (%) สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ตามลำดับ

Table 2.17 Effects of diet on carcass composition of finishing goats.

Item	Dietary treatments ^{a)}			SEM	Contrast, p-value ^{b)}	
	UOPF	FTOPF	FTOPFU		T1 vs. FT	T2 vs. T3
Carcass cuts ^{c)}						
Loin, %	9.15	9.48	9.26	0.19	0.41	0.47
Hind leg, %	22.37 ^b	24.92 ^a	21.55 ^b	0.30	0.08	0.05
Chump, %	8.07 ^b	8.49 ^b	9.19 ^a	0.10	0.05	0.05
Rack, %	8.61	8.52	8.68	0.44	0.98	0.80
Shoulder, %	9.66	9.45	9.53	0.15	0.54	0.81
Fore leg, %	21.11	21.35	21.86	0.78	0.63	0.67
Breast, %	12.46	12.63	12.38	0.45	0.93	0.72
Neck, %	6.94	7.01	7.04	0.19	0.75	0.91

^{a-b} Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($p < 0.05$).

^{a)} Treatments: T1 = untreated oil palm frond, T2 = fungal treated oil palm frond, T3 = fungal treated oil palm frond with 1% urea, FT = Fungal treated.

SEM, Standard error of the mean.

^{b)} Compares the effects of T1 with the combined FT treatment.

^{c)} Carcass composition = as a percentage of chilled carcass weight.

คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อแพะแต่ละกลุ่มทดลองได้รับทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อรา (*Lentinus sajor-caju*, LSc) ในสูตรอาหารผสมเสร็จ (Table 2.18) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ของวัตถุดิบแห้ง ถั่ว โปรตีน และไขมัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26.15-26.35, 1.52-1.59, 22.06-22.12 และ 1.41-1.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำนองเดียวกับค่าแคลเซียม (Ca) และฟอสฟอรัส (P) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.10-0.11 และ 0.62-0.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Table 2.18 Effects of diet on chemical composition of *Longissimus dorsi* muscle of finishing goats

Item	Dietary treatments ¹			SEM ²	Contrast, P-value ³	
	UOPF	FTOPF	FTOPFU		UOPF vs. FT	FTOPF vs. FTOPFU
Nutritional composition						
DM, %	26.35	25.62	26.15	0.31	0.31	0.30
Ash, %	1.59	1.53	1.52	0.08	0.58	0.97
Protein, %	22.06	22.11	22.12	0.16	0.80	0.96
Ether extract, %	1.48	1.41	1.72	0.11	0.59	0.13
Calcium, %	0.10	0.11	0.10	0.01	1.00	0.56
Phosphorus, %	0.67	0.62	0.69	0.04	0.86	0.35

^{a-c} Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($P < 0.05$).

¹ Treatments: UOPF = untreated oil palm frond, FTOPF = Fungal treated oil palm frond, FTOPFU = Fungal treated oil palm frond with 1% urea, FT = Fungal treated.

² SEM = Standard error of the mean.

³ Compares the effects of UOPF with the combined FT treatment.

5. สรุปผลการทดลอง

การศึกษา ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน จากการวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปการดำเนินการทดลองโดยรวมได้ ดังนี้

1. สรุปการใช้งานร่วมกันของเครื่องแยกใบปาล์ม และเครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมัน โดยเครื่องแยกใบปาล์มมีกำลังการแยกใบปาล์มได้ประมาณ 18.78 กิโลกรัม/นาที่ หรือถ้าเทียบกับการทำงานโดยเฉลี่ยวันละประมาณ 8 ชั่วโมง เครื่องนี้จะสามารถแยกใบปาล์มได้ประมาณ 9014.4 กิโลกรัม/วัน และสามารถหันทางปาล์มให้มีขนาดประมาณ 8 เซนติเมตร เพื่อสะดวกในการจัดการ เมื่อได้ใบปาล์มแล้วนำไปเข้าเครื่องสับย่อยใบเพื่อให้ใบปาล์มซึ่งมีขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร เครื่องทั้งสองมีล้อสามารถเคลื่อนย้ายได้ ให้มาอยู่ใกล้กันเพื่อสะดวกในการนำใบปาล์มเข้าเครื่องสับย่อย โดยเครื่องสับย่อยมีกำลังการผลิตใบปาล์มที่ย่อยแล้วประมาณ 25.04 กิโลกรัม/นาที่ หรือเปรียบเทียบกับการทำงานโดยเฉลี่ยวันละประมาณ 8 ชั่วโมง เครื่องนี้จะสามารถย่อยใบปาล์มได้ประมาณ 12019.2 กิโลกรัม/วัน ดังนั้นเครื่องแยกใบปาล์มและเครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมัน เมื่อทำงานร่วมกันจะสามารถแยกและย่อยใบปาล์มได้มากกว่าขอบเขตของโครงการวิจัยนี้ที่ได้รับไว้คือ ประมาณ 1000 กิโลกรัม/วัน เทียบจากเวลาทำงานวันละ 8 ชั่วโมง

2. การเจริญของเส้นใยเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมัน

การศึกษาการเจริญของเส้นใยเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมันพบว่า มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ดและอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์มน้ำมัน (OPL และ OPF) โดยเชื้อเห็ด LSc และ SC มีการพัฒนาของเชื้อใน OPF สูงกว่าใน OPL และสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเห็ดกลุ่มอื่นๆ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเส้นใยพบว่า เชื้อเห็ด LSc มีค่าอยู่ในระดับสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และเชื้อที่ให้ความหนาแน่นของเส้นใยรองลงมาคือ เชื้อ SC, PO, PD และ LS ตามลำดับ ขณะที่ เชื้อ LP มีความหนาแน่นของเส้นใยบางที่สุด ดังนั้น ในเชื้อเห็ดทั้ง 6 ชนิด มีเห็ด 2 ชนิด คือ LSc และ SC ที่มีความเหมาะสม และสามารถเจริญได้ดี บน OPL และ OPF มากกว่าเชื้อเห็ดชนิดอื่น ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

3. ผลของการเจริญเส้นใยเชื้อเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับยูเรีย

3.1 การศึกษาการเจริญเส้นใยเชื้อเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน (OPL) ร่วมกับยูเรีย (0, 0.5 และ 1%)

พบว่าเชื้อเห็ด LSc และ SC มีการพัฒนาของเชื้อทั้งใน OPL สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเห็ดกลุ่มอื่นๆ และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ OPL พบว่าค่าโปรตีนรวม (CP) ผนังเซลล์ (NDF) ลิกโนเซลลูโลส (ADF) และเถ้า (ash) มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย ยกเว้น วัสดุแห้ง (DM) ไม่มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย และมีความแตกต่างกันของชนิดของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย (U) ต่อองค์ประกอบทางเคมี โดย OPL มีค่าเฉลี่ยของ DM ที่ระดับยูเรีย 0.5% สูงกว่ายูเรียที่ 0 และ 1% ขณะที่ ชนิดเชื้อเห็ดพบว่า เชื้อ LP มีค่าเฉลี่ยของ DM สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ

3.2 การศึกษาการเจริญเส้นใยเชื้อเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ร่วมกับยูเรีย (0, 0.5 และ 1%)

พบว่าการศึกษาการเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ดไม่มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด และระดับยูเรีย แต่มีความแตกต่างกันของชนิดของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย (U) โดยเชื้อเห็ด LSc และ SC มีการพัฒนาของเชื้อสูง เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเห็ดกลุ่มอื่นๆ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเส้นใยพบว่า เชื้อเห็ด LSc มีค่าอยู่ในระดับสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และเชื้อที่ให้ความหนาแน่นของเส้นใยรองลงมาคือ เชื้อ SC, PO, PD และ LS ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ OPF พบว่าค่าโปรตีนรวม (CP) ผนังเซลล์ (NDF) ลิกโนเซลลูโลส (ADF) และเถ้า (ash) ไม่มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย ยกเว้น วัสดุแห้ง (DM) ที่มีอิทธิพลร่วม ($P < 0.01$) แต่มีความแตกต่างกันของชนิดของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย (U) ต่อองค์ประกอบทางเคมี โดย OPF มีค่าเฉลี่ยของ CP ที่ระดับยูเรีย 0.5 และ 1% สูงกว่ายูเรียที่ 0% ทำนองเดียวกับค่า NDF พบว่าค่าเฉลี่ยของ NDF ที่ระดับยูเรีย 1% น้อยกว่ายูเรียที่ 0 และ 0.5% ส่วนค่า ADF และเถ้าไม่มีความแตกต่างกัน

4. การศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์ม และทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มโภชนาโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์

4.1 ผลของชนิดเส้นใยเห็ดที่มีผลต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์มน้ำมัน (OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) พบว่าการย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มในกระเพาะรูเมน (rumen incubation time) (0-96 ชั่วโมง) โดยเชื้อ LSc มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด รองลงมาคือ SC ขณะที่กลุ่มอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน

4.2 ผลของชนิดเส้นใยหัดที่มีผลต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์มน้ำมัน (OPL) ร่วมกับยูเรีย พบว่าการย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มในกระเพาะรูเมน (rumen incubation time) (0-96 ชั่วโมง) โดยเชื้อ LSc มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด ทำนองเดียวกับค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD (DM degradation) ของวัตถุดิบอาหารทดลองทั้งหมด พบว่าค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD ของ LSc เฉลี่ย (50.12%) ที่ช่วงเวลา 96 ชั่วโมง ที่เสริมยูเรียระดับต่างๆ (0, 0.5 และ 1%) พบว่ามีความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD มากกว่า 50% ของทั้งหมด สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยเฉพาะกลุ่ม LSc-OPL-1%

4.3 ผลของชนิดเส้นใยหัดที่มีผลต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ร่วมกับยูเรีย พบว่าการย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มในกระเพาะรูเมน (rumen incubation time) (0-96 ชั่วโมง) โดยเชื้อ LSc มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด ทำนองเดียวกับระดับของยูเรีย พบว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 1% มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ดีกว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 0 และ 0.5% ตามลำดับ

จากผลการทดลองครั้งนี้ ในเชื้อหัดทั้ง 6 ชนิด มีหัด 2 ชนิด คือ LSc และ SC ที่มีความเหมาะสม และสามารถเจริญได้ดี บน OPL และ OPF มากกว่าเชื้อหัดชนิดอื่น

5. การศึกษา ผลของ fungal treatment ต่อการย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก และสมรรถภาพการผลิตของแพะขุน

5.1 การศึกษาการย่อยได้ กระบวนการหมัก และสมดุลไนโตรเจนในแพะ ผลของทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อรา หรือเชื้อหัดดินปลูก (*Lentinus sajor-caju*, LSc) ในสูตรอาหารผสมเสร็จ เปรียบเทียบกับทางใบปาล์มน้ำมัน (UOPF) หรือสูตรควบคุม พบว่าสามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อรา (FTOPF) และทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อราร่วมกับยูเรีย (FTOPFU) ได้โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินอาหารทั้งหมดโดยรวมของอาหาร ขณะที่ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (DM, OM, CP, NDF, ADF และ ADL) ของกลุ่มที่ได้รับ FTOPF และ FTOPFU มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับ UOPF ส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของถั่วไม่มีความแตกต่างกัน ทำนองเดียวกับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) และค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระเพาะเลือด (BUN) กลูโคส และ PCV ในกระเพาะเลือด ประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในแพะ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

5.2 การศึกษาปริมาณการกินได้ การเจริญเติบโต และคุณภาพซากในแพะ พบว่าน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด (วัตถุแห้งปริมาณการกินได้ของโภชนะต่างๆ (OM, CP, NDF และ ADF) อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเพิ่มของแพะพบว่ามีค่าแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของร่างกายของแพะ จากการศึกษาพบว่า น้ำหนักตัวก่อนอดอาหาร น้ำหนักตัวหลังอดอาหาร น้ำหนักซากอ่อน เปอร์เซ็นต์ซาก ความยาวซาก ความกว้างของซาก และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ทำนองเดียวกับการตัดแต่งซากแบบสากล คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อแพะ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อแพะ ค่าสีของกล้ามเนื้อสันนอก พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการทดลองครั้งนี้ สามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อราในสูตรอาหารผสมเสร็จของแพะเป็นแหล่งอาหารหายาได้ในสูตรอาหารได้ระดับ 30% โดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซากของแพะ และสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง ดังนั้น สามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราเป็นแหล่งอาหารหายาทดแทนในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษารูปแบบการให้อาหารที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นการกิน รวมทั้งศึกษาในแพะขุน หรือแพะรีดนมในระยะต่างๆ ในสภาวะการเลี้ยงของเกษตรกร ต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

ขวัญชนก รัตนะ วันวิศาข์ งามพ่องใส ปิ่น จันจุฬา และอภิชาติ หล่อเพชร. 2553. ผลของระดับเยื่อในลำต้นสาควในอาหารชั้นต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะ กระบวนการหมักในรูเมน และสมรรถภาพการผลิตของแพะพื้นเมืองไทยเพศผู้. ว. แก่นเกษตร. 38:249-260.

- จารุณี อิ่มเอิบ. 2551. ศักยภาพของทางปาล์มน้ำมันในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐพล เพ็งบุญโฮม. 2548. ผลของระดับโปรตีนในอาหารชั้นที่มีต่อลักษณะและองค์ประกอบของซากแพะเพศผู้พื้นเมืองไทยและลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบีย 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.
- ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ชัยรัตน์ นิลนันท ธีระพงศ์ จันทรมนิยม, ประกิจ ทองคำ และ สมเกียรติ สีสนอง. 2548. การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน. ใน เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. หน้า 51-62. สงขลา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. พื้นนี้พลับพลึง. กรุงเทพฯ.
- ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์. 2555. เกษตร/ปศุสัตว์ในประเทศไทย (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.dld.go.th/ict/th/index.php?option=com_content&view=section&id=45&Itemid=123. (เข้าถึงเมื่อ 24 เมษายน 2555).
- ศิริชัย ศรีพงษ์พันธุ์ วินัย ประถมพิทยานันท์ และสุรศักดิ์ คชภักดี. 2533. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและลักษณะซากระหว่างเพศในแพะพื้นเมือง. ว. สงขลานครินทร์ 12:265-271.
- สุทธิพงศ์ อูริยะพงศ์สรศักดิ์. 2537. หลักวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- Abdul Khalil, H. P. S., M. Siti Alwani and A. K. Mohd Omar. 2006. Chemical composition, anatomy, lignin distribution, and cell wall structure of Malaysian plant waste fibres. *Bioresource*. 1:220-232.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
- Chanjula, P., P. Pakdeechanuan, S. Wattanasit. 2015. Effects of feeding crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics in finishing goats. *Small Rumin. Res.* 123:95-102.
- Cowling, E. B. 1961. Comparative biochemistry of the decay of sweetgum sapwood by white rot and brown-rot fungi. *Dep of Agr. Tech Bull No. 12*. Washington, D. C. 75p.
- Crocker, C. L. 1967. Rapid determination of urea-nitrogen in serum or plasma without deproteinization. *Am. J. Med. Technol.* 33:361-365.
- Hamed, A. H. M. and M. E. Elimam. 2010. Performance and digestibility in Nubian goats fed steam treated sorghum stover. *Pak. J. Nutr.* 9:298-301.
- Ibrahim, M. N. N. 1983. Physical, chemical, physico-chemical and biological treatments of crop residues, pp. 53-68. In G. R. Pearce (ed.). *The Utilization of Fibrous Agricultural Residues*. Australian government publishing service, Canberra.
- Ishida, M. and O. Abu Hassan. 1997. Utilization of oil palm frond as cattle feed. *Japan Agric. Res. Quart.* 31:41-47.
- Islam, M., I. Dahlan, M., A. Rajion. and Z. A. Jelan. 2000. Productivity and nutritive values of different fractions of oil palm (*Elaeis guineensis*) frond. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 13:1113-1120.
- Kearl, L. C. 1982. *Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries*. Logan: International Feedstuffs Institute. Utah State University, Utah.
- Mohideen, M. F., M. Faiz, H., Salleh, H., Zakaria. and V. R. Raghavan. 2011. Drying of oil palm frond via swirling fluidization technique. *Proceeding of the World Congress on Engineering*, 6-8 July 2011, London, U.K.

- Moyson, E. and H. Verachtert. 1991. Growth of higher fungi on wheat straw and their impact on the digestibility of substrate. *J. Appl. Microb. Biotechnol.* 36:421-424.
- NRC. 1981. Nutrient Requirements of Goats: Angora, dairy and meat goat in temperate and tropical countries. National Academy press, Washington, D.C., USA.
- Okano, K., M. Kitagawa, Y. Sasaki and T. Watanabe. 2005. Conversion of Japanese red cedar (*Cryptomeria japonica*) into a feed for ruminants by white-rot basidiomycetes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 120:235-243.
- Okano, K., N. Ohkoshi, A. Nishiyama, T. Usagawa and M. Kitagawa. 2009. Improving the nutritive value of madake bamboo, *Phyllostachys bambusoides*, for ruminants by culturing the white rot fungus *Ceriporiopsis subvermispora*. *Anim. Feed Sci. Technol.* 152:278-285.
- Ørskov, E. R., G. W. Reid and M. Kay. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristic of roughages. *Anim. Prod.* 46 : 29-34.
- Romeo, V. A. 1983. Growing edible fungi on fibrous agricultural residue-an appropriate technology for the village. pp. 261-265.
- Samuel, M., S. Sagathewan, J. Thomas and G. Mathen. 1997. An HPLC method for estimation of volatile fatty acids of ruminal fluid. *Indian J. Anim. Sci.* 67:805-807.
- Schnieder, B. H. and W. P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feed through Digestibility Experiment Athens: The Univ. of Georgia Press. Georgia, USA.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrial Approach. (2nd ed.). McGraw-Hill, New York, USA.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Viola, E., F. Zimbardi, M. Cardinale, G. Cardinale, G. Braccio and E. Gambacorta. 2008. Processing cereal straws by steam explosion in a pilot plant to enhance digestibility in ruminants. *Bioresour. Technol.* 99:681-689.
- Wan Zahari, M. and A. R. Alimon. 2004. Use of palm kernel cake and oil palm by-products in compound feed. In *Oil Palm Developments*. pp. 5-9. Selangor: Universiti Putra Malaysia.
- Zaven, A.C. 1965. The origin of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *J. W. Afr. Inst. Oil palm Res.* 4: 218.

ภาคผนวก
ภาคผนวก ก

(การเผยแพร่ผลงาน โปสเตอร์ในงาน ม.อ. วิชาการ ประจำปี 2558)



เครื่องแยกใบปาล์มน้ำมันและเครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Oil palm leaflets separator and oil palm leaflets shredder for the diet of ruminant animals

โดย รศ.กำพล ประทีปชัยกูร ผศ.สมเกียรติ นาคกุล ดร.กฤษ สมนึก นายประยูร ดั่งวงสิริ นายนิยม พรหมรัตน์
สถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อสร้างเครื่องที่สามารถแยกใบปาล์มออกจากทางปาล์มน้ำมัน
2. เพื่อสร้างเครื่องสับย่อยใบปาล์มที่ยังมีแกนใบติดอยู่ให้มีขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร
3. เพื่อทดสอบการทำงานและกำลังการผลิตของเครื่องแยกใบปาล์มและเครื่องสับย่อยใบปาล์มเมื่อใช้งานร่วมกัน

คุณลักษณะของผลงาน/จุดเด่น

เครื่องแยกใบปาล์มออกจากทางปาล์มน้ำมันและเครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมัน เมื่อทำงานร่วมกันจะต้องสับย่อยใบปาล์มให้มีขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร และมีกำลังการผลิตใบปาล์มสดขนาด 1-2 เซนติเมตร ประมาณ 1,000 กิโลกรัม/ชั่วโมง หรือ ประมาณ 8,000 กิโลกรัม/วัน (เทียบจากเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน)

รูปภาพประกอบ

เครื่องแยกใบปาล์ม



เครื่องย่อยใบปาล์ม



ภาคผนวก ข
(คู่มือการใช้เครื่องแยกใบปาล์มน้ำมัน)

ขั้นตอนการใช้เครื่องแยกใบปาล์มน้ำมัน

1. ขั้นตอนแรกนำทางปาล์มมาตัดโคนทางปาล์มออกประมาณ 1-2 เมตร หรือตัดมาบริเวณเลยช่วงแนวเริ่มต้นของใบปาล์ม (ตามภาพที่ ข.1)



ภาพที่ ข.1 ลักษณะโคนทางปาล์มที่ถูกตัดออกก่อนเข้าเครื่องแยกใบปาล์มน้ำมัน

2. วางทางปาล์มลงบนโต๊ะ โดยหันด้านโคนเข้าเครื่องแยกใบปาล์มเพื่อเตรียมเข้าเครื่องแยกใบปาล์ม (ตามภาพที่ ข.2)



โต๊ะวางทางปาล์ม

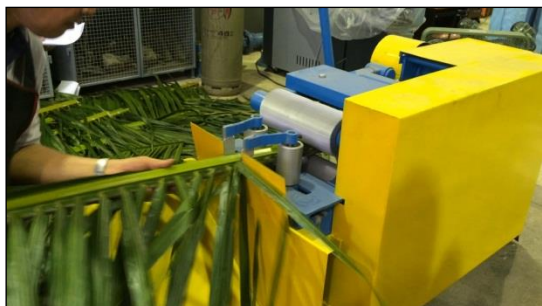
ภาพที่ ข. 2 ลักษณะการวางทางปาล์มก่อนเข้าเครื่องแยกใบปาล์มน้ำมัน

3. ใช้เท้าเหยียบแผ่นเหล็กปรับระยะความห่างของใบมีดคู่ จะทำให้ชุดใบมีดถ่างออก (ตามภาพที่ ข. 3)



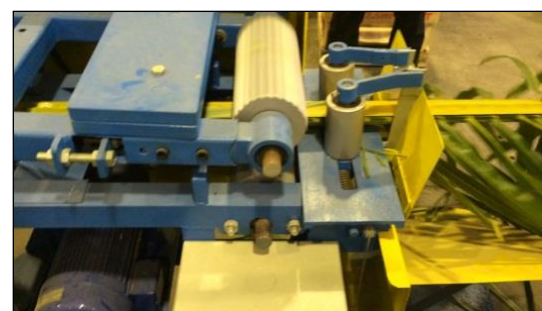
ภาพที่ ข. 3 ลักษณะการปรับระยะความห่างของใบมีดคู่

4. ขยับโคนทางปาล์มไปวางระหว่างชุดใบมีดที่ถ่างออก (ตามภาพที่ ข.4)



ภาพที่ ข. 4 ลักษณะโคนทางปาล์มที่วางระหว่างใบมีดก่อนเข้าสู่ชุดลูกกลิ้ง

5. เมื่อทางปาล์มตั้งอยู่ระหว่างชุดใบมีด ปลดแผ่นเหล็กที่กำลังเหยียบ หลังจากนั้นขยับโคนทางปาล์มเข้าสู่ชุดลูกกลิ้ง ลูกกลิ้งจะดึงทางปาล์มผ่านชุดใบมีดคู่ โดยทางปาล์มจะถูกดึงจนสุดปลายของทางปาล์ม (ตามภาพที่ ข.5) ใบปาล์มจะถูกแยกออกจากทางปาล์มด้วยใบมีดคู่ขณะทางปาล์มถูกดึงด้วยชุดลูกกลิ้ง ซึ่งใบมีดคู่สามารถขยับระยะห่างเพื่อให้พอดีกับขนาดความกว้างของทางปาล์ม



ภาพที่ ข. 5 ลักษณะโคนทางปาล์มที่วางระหว่างใบมีดก่อนเข้าสู่ชุดลูกกลิ้ง

6. ใบปาล์มที่ตัดแล้วจะตกลงสู่แผ่นรองรับใบปาล์มเพื่อให้ใบปาล์มหล่นไปในทิศทางเดียวกัน จะสะดวกในการจัดเก็บใบปาล์มเพื่อนำเข้าสู่เครื่องย่อยใบปาล์มต่อไป (ตามภาพที่ ข. 6)



ภาพที่ ข. 6 ลักษณะของใบปาล์มที่แยกออกจาก

10. ทางปาล์มที่ถูกแยกใบปาล์มแล้วจะถูกชุดลูกกลิ้งดึงไปจนถึงชุดใบมีดย่อยทางปาล์ม ทางปาล์มจะถูกลดขนาดจนมีความยาวประมาณ 8 เซนติเมตร (ตามภาพที่ ข.7) และเพื่อให้ง่ายในการกำจัดทางปาล์มที่ลดขนาดแล้วสามารถนำกระสอบมารองรับได้ช่องที่ทางปาล์มตกลงมา

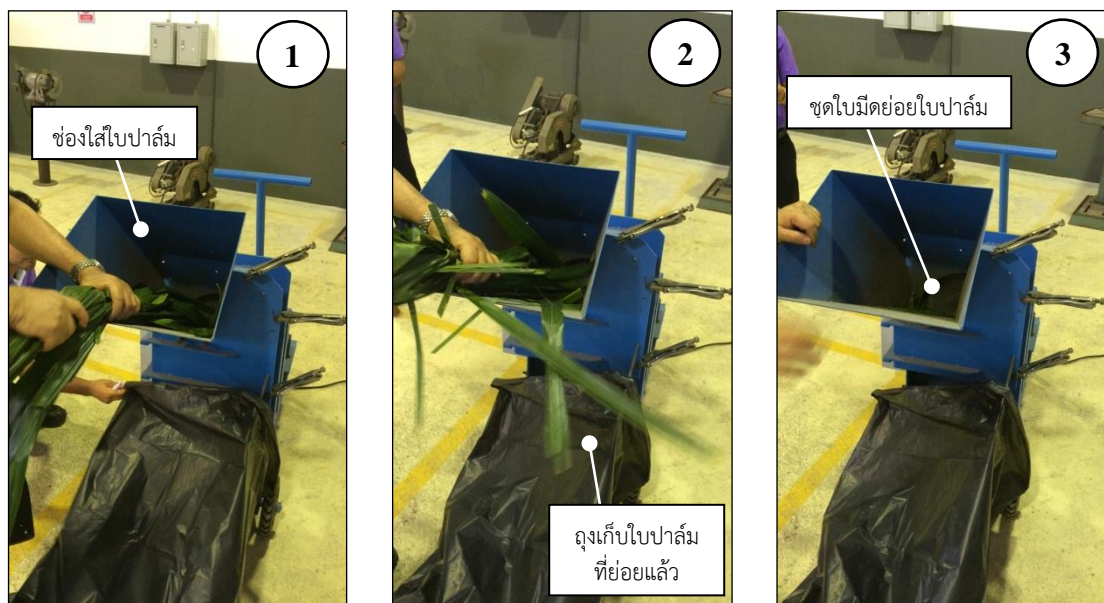


ภาพที่ ข. 7 ลักษณะทางปาล์มจะถูกลดขนาดด้วยชุดใบมีดย่อยทางปาล์ม

ภาคผนวก ค
(คู่มือการใช้เครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมัน)

ขั้นตอนการใช้เครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมัน

1. หลังจากได้ใบปาล์มจากเครื่องแยกใบปาล์ม เตรียมใบปาล์มไปย่อยด้วยเครื่องสับย่อยใบปาล์ม
2. ใส่ใบปาล์มในช่องป้อนใบปาล์ม ใบปาล์มจะถูกย่อยด้วยใบมีดย่อยใบปาล์ม จนมีขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดเล็กตามที่กำหนด
3. เพื่อให้ง่ายในการกำจัดใบปาล์ม เมื่อถูกย่อยแล้วจะตกลงสู่ถุงเก็บใบปาล์มที่ถูกย่อย



ภาพที่ ค.1 ลำดับขั้นตอนการใช้เครื่องสับย่อยใบปาล์มน้ำมัน

ภาคผนวก ง

เอกสารงานวิจัยภายใต้โครงการที่ได้รับการตีพิมพ์ และที่ได้รับการนำเสนอในการประชุมสัมมนา ระดับประเทศและ/ หรือนานาชาติ

1. การนำเสนอในการประชุมสัมมนาระดับนานาชาติ

1. Chanjula, P., V. Petcharat and C. Promkot. 2015. Nutritive value of oil palm frond treated with white rot fungi. In: Proc. The 5th International Conference on Sustainable Animal Agricultural for Developing Countries (5th SAADC 2015), October 27-30, 2015, Dusit Thani Pattaya Hotel, Chonburi, Thailand, pp. 135-138.
2. Chanjula, P., V. Petcharat, P. Hamchara and A. Cherdthong. 2016. Effect of fungal treated oil palm frond in the diet of goats. In: Proceedings of Animal Science congress (17th AAAP 2016), August 22–25, 2016, Kyushu Sangyo University, Fuguoka, Japan, pp. 885-888.

2. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ (ISI)

1. Chanjula, P., V. Petcharat and A. Cherdthong. 2017. Effects of fungal (*Lentinussajor-caju*) treated oil palm frond on performance and carcass characteristics in finishing goats. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 30:811-818.

3. ผลงานวิจัยที่อยู่ระหว่างการจัดเตรียมนำเสนอเพื่อตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ (ISI)

1. Chanjula, P., V. Petcharat and A. Cherdthong. 2017. Rumen characteristics and nutrient utilization in goats fed with biological treated oil palm fronds as roughage. South African Journal of Animal Science (Accepted).
2. Chanjula, P., V. Petcharat and A. Cherdthong. 2017. Nutritive value and improving ruminal degradability of oil palm fronds and oil palm leaf using white rot fungi. Asian-Australas. J. Anim. Sci. (Submitted - In press).