



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
รหัสโครงการ 2557A11503097

เรื่อง

ผลของ fungal treatment ต่อดองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลาย
ในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน

Effect of White Rot Fungal Treatment on Chemical Composition
and Ruminal Degradability by *In Sacco* Method of Oil Palm Frond

โดย

รศ.ดร. ปิ่น จันจุฬา¹ และ รศ.ดร. วสันต์ เพชรรัตน์²

¹ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110

²ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

บทคัดย่อ

การศึกษานี้แบ่งออกเป็นทดลองย่อยๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเจริญ คุณค่าทางอาหาร และความสามารถในการย่อยสลายได้ในใบปาล์ม (OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ด้วยเชื้อราเอนาขาว (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

คำสำคัญ: ใบปาล์มน้ำมัน ทางใบปาล์มน้ำมัน เชื้อราเอนาขาว การย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน

Abstract

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.

Keywords: Oil palm leaflet, oil palm frond, white rot fungi, rumen degradability

สารบัญ

	เรื่อง	หน้า
	กิตติกรรมประกาศ	(ก)
	บทคัดย่อภาษาไทย	(ข)
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ค)
	สารบัญ	(1)
	สารบัญตาราง	(2)
	สารบัญภาพ	(3)
บทที่ 1	1.1 บทนำ	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
	1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
	1.5 ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ	3
	1.6 หน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	3
บทที่ 2	การตรวจเอกสาร	5
	2.1 สถานการณ์การเพิ่มการผลิตปาล์มน้ำมันในประเทศไทย	5
	2.1.1 ที่มาของปาล์มน้ำมันในประเทศไทย	5
	2.1.2 ลักษณะทั่วไป และลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมัน	5
	2.1.3 ปริมาณผลผลิตของทางใบปาล์มน้ำมัน	7
	2.2 ส่วนประกอบของทางใบปาล์มน้ำมัน	9
	2.2.1 เซลลูโลส (cellulose)	9
	2.2.2 เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)	10
	2.2.3 ลิกนิน (lignin)	10
	2.2.4 ซิลิกา (silica)	11
	2.2.5 เพคติน (pectin)	12
	2.3 การใช้ประโยชน์จากทางใบปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	12
	2.3.1 คุณค่าทางโภชนาการของทางใบปาล์มน้ำมัน	12
	2.3.2 การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบต่างๆ เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง	14
	2.3.3 การใช้ประโยชน์จากทางใบปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	16
	2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	17
	2.4 การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารหยาบ	17
	2.4.1 วิธีการปรับปรุงอาหารหยาบคุณภาพต่ำ	17

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4.2 กลไกการย่อยสลายลิกนินโดย white rot fungi	20
2.5 บทบาทของจุลินทรีย์ต่อการย่อยสลายอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	21
2.5.1 เมแทบอลิซึมของโปรตีนในกระเพาะรูเมน	22
2.5.2 เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน	22
2.5.3 การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน	23
2.6 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุง และการเพิ่มคุณภาพของอาหารหยาบ โดยการหมักด้วยจุลินทรีย์เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์	33
4.1 การเจริญของเส้นใยเห็ดบนอาหารเลี้ยงเชื้อพีดีเอ (potato dextrose agar, PDA) ใบปาล์มน้ำมัน (oil palm leaflet, OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF)	33
4.2. ผลของการเจริญเส้นใยเชื้อเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับยูเรีย	45
4.3 การศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อโดยวิธี <i>in sacco</i> ของใบปาล์ม และทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มโภชนาการใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์	51
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	63
บทที่ 6 เอกสารอ้างอิง	66
บทที่ 7 ภาคผนวก	75
ภาคผนวก ก	75
ภาคผนวก ข	76
ภาคผนวก ค	81

สารบัญตาราง

Table	Page
2.1 Estimated availability of oil palm frond (OPF) classified by age of oil palm (kg, fresh weight) in Thailand	8
2.2 Distribution of oil palm area in Thailand in 2012–2014	9
2.3 Chemical composition of oil palm frond (OPF) (% DM basis)	13
4.1 Number, code, common name and scientific name of six species of white rot fungi (edible mushrooms)	33
4.1.1 The mycelial growth (mm) of six species of white rot fungi on PDA after 2 and 4 days	34
4.1.2 The mycelial growth (mm) of six species of white rot fungi on oil palm leaflet meal after 2, 4 and 6 days	36
4.1.3 The mycelial growth (mm) of six species of white rot fungi on oil palm frond meal after 2, 4 and 6 days	37
4.1.4 Number of days for full colonization of six white rot fungi on OPL and OPF	38
4.1.5 Effects of six white rot fungi on average chemical composition of dietary treatments at 3 weeks (% DM basis) of OPL and OPF	43
4.2.1 Number of days for full colonization of six white rot fungi on OPL supplemented with different level of urea	45
4.2.2 Chemical composition of fungal treated oil palm leaflet at 3 weeks (% of DM basis)	47
4.2.3 Number of days for full colonization of six white rot fungi on OPF	48
4.2.4 Chemical composition of fungal treated oil palm frond at 3 weeks (% of DM basis)	50
4.3.1 Degradability (%) of DM at different incubation times of rumen incubation	52
4.3.2 Effect of treatment on the DM degradability of the fungal treatments	53
4.3.3 Ruminal pH and temperature (°C) in crossbred beef steers	54
4.3.4 Degradability (%) of DM at different incubation times of rumen incubation	56
4.3.5 Effect of treatment on the DM degradability of the fungal treatments	57
4.3.6 Degradability (%) of DM at different incubation times of rumen incubation	60
4.3.7 Effect of treatment on the DM degradability of the fungal treatments	61

สารบัญภาพ

Figure	Page
2.1 Anatomy of an oil palm tree and oil palm frond (OPF)	6
2.2 Composition of oil palm frond	7
2.3 Unite structure of cellulose	9
2.4 Unite structure of hemicellulose	10
2.5 The three phenyl propane monomers in lignin and unite structure of lignin in natural plants	11
2.6 System of lignin digestion of white rot fungi	21
2.7 Utilization of protein and carbohydrates by rumen bacteria	23
2.8 Outline of the pathways of carbohydrate in the rumen	23
4.1.1 Colonies of six species of white rot fungi on potato dextrose agar (PDA) after 4 days	35
4.1.2 Colonies of six species of white rot fungi on oil palm leaflet meal after 6 days	36
4.1.3 Colonies of six species of white rot fungi on oil palm frond meal after 6 days	37
4.1.4 Growth of six white rot fungi in flask containing oil palm leaflet meal as substrate after A) 1 week (WK ₁), B) 2 weeks (WK ₂) and C) 3 weeks (WK ₃), respectively	39
4.1.5 Characteristics of oil palm leaflet meal after colonizing by white rot fungi for 1–3 weeks (WK ₁ , WK ₂ and WK ₃), respectively	40
4.1.6 Growth of six white rot fungi in flask containing oil palm frond meal as substrate after A) 1 week (WK ₁), B) 2 weeks (WK ₂) and 3 weeks (WK ₃), respectively	41
4.1.7 Characteristics of oil palm frond meal after colonizing by white rot fungi for 1–3 weeks (WK ₁ , WK ₂ and WK ₃), respectively	42
4.2.1 Growth of six white rot fungi in flask containing oil palm leaflet meal as substrate after A) 1 week (WK ₁), B) 2 weeks (WK ₂) and 3 weeks (WK ₃), respectively	46
4.2.2 Growth of six white rot fungi in flask containing oil palm frond meal as substrate after A) 1 week (WK ₁), B) 2 weeks (WK ₂) and 3 weeks (WK ₃), respectively	49
4.3.1 In situ DM disappearances (DMD) of OPL and OPF as affected by WRF at various hours of incubation	51
4.3.2 In situ DM disappearances (DMD) of OPL with levels of urea at various hours of incubation	55
4.3.3 In situ DM disappearances (DMD) of OPF with levels of urea at various hours of incubation	59

บทที่ 1

ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี
in sacco ของทางใบปาล์มน้ำมันEffect of White Rot Fungal Treatment on Chemical Composition and
Ruminal Degradability by *In Sacco* Method of Oil Palm Frond

1.1 บทนำ

ปัญหาสำคัญประการหนึ่งของการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องคือ การขาดแคลนพืชอาหารสัตว์คุณภาพดีทั้งปริมาณ และคุณภาพ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง นอกจากนี้ ปัญหาพื้นที่สำหรับปลูกพืชอาหารสัตว์ และทุ่งหญ้าสาธารณะมีจำนวนไม่พอและมีแนวโน้มลดลงไปเรื่อยๆ ในแต่ละปี ขณะที่ ปศุสัตว์ของประเทศไทยในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น 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 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั่วประเทศ 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) 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) มีคุณค่าทางโภชนา และความน่ากินมากกว่า 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, 2.6 และ 6.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำนองเดียวกับ จารุณี และคณะ (2551) ที่รายงานว่ 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 และการย่อยได้ของโภชนา ซึ่งได้มีการนำมาใช้ปรับปรุงผลพลอยได้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว และฟางข้าวสาลี (Hamed and Eliman, 2010) มากกว่านั้น การสร้างโคโลนี (colonization) ด้วยเชื้อรากลุ่ม white rot fungi (WRF) ได้รับการยอมรับว่าเป็นเทคนิคที่เหมาะสม เพราะว่ WRF ชอบย่อยสลายลิกนิน (Okano et al., 2005) และสารประกอบอะโรมาติก (aromatic) อื่นๆ สูงที่สุด (Cowling, 1961) และยังสามารถเปลี่ยนลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) ให้กลายเป็นโปรตีนที่ใช้เป็นอาหารของสัตว์ได้อีกด้วย ซึ่งวิธีการทางชีวภาพ (biological treatment) ได้มีการนำมาใช้เพื่อปรับปรุงคุณค่าทางโภชนา และความสามารถในการย่อยได้ภายในกระเพาะรูเมนของอาหารสัตว์คุณภาพต่ำ (Ibrahim, 1983)

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นประเด็นที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาวิจัย การปรับปรุงคุณภาพของทางใบปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาของทางใบปาล์มน้ำมัน โดยการใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยการใช้จุลินทรีย์ (กลุ่ม white rot fungi) ที่มีความสามารถในการย่อยสลายเยื่อใยของทางใบปาล์มน้ำมันมาปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของทางใบปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้ทางใบปาล์มน้ำมันมีโภชนา และการย่อยได้ที่สูงขึ้น ทำให้สัตว์ที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันเป็นอาหารหยาบมีผลผลิตที่สูงขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาของทางใบปาล์มน้ำมันโดยการใช้จุลินทรีย์นี้ในประเทศไทยมีผู้ศึกษาน้อยมาก และยังไม่มีการนำไปใช้ในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง การทดลองนี้ จึงได้ทำการศึกษา และพัฒนาการนำทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาโดยใช้จุลินทรีย์มาใช้ทดลองในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง และน่าเชื่อถือเพื่อให้เกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทย

สามารถนำผลการทดลองนี้ไปใช้ในการพัฒนาเป็นแหล่งอาหารหยาบ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างเป็นรูปธรรม และมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนา และศึกษาการย่อยได้ของทางไบโपाल์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์

1.2.2 เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย และถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากการวิจัย เพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านการเรียน การสอน และการใช้แก้ไขปัญหาทางด้านการผลิตสัตว์ ตลอดจนเพื่อตีพิมพ์ผลงานวิจัยเผยแพร่ในวารสารระดับชาติและนานาชาติต่อไป

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนา และองค์ประกอบทางเคมีของทางไบโपाल์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์

1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

จากการตรวจเอกสาร คุณค่าทางโภชนาของทางไบโपाल์มน้ำมันมีค่อนข้างต่ำเนื่องจากทางไบโपाल์มน้ำมันมีลิกนิน (lignin) ที่เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของลิกนินและเซลลูโลส (lignocellulose) เป็นส่วนประกอบจึงทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนไม่สามารถย่อยเยื่อใยในทางไบโपाल์มน้ำมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การย่อยได้ของทางไบโपाल์มน้ำมันมีค่าต่ำ สัตว์ที่ได้รับทางไบโपाल์มน้ำมันเป็นอาหารหยาบหลักให้ผลผลิตที่ลดลง ดังนั้น จึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของทางไบโपाल์มน้ำมันโดยใช้วิธีการต่างๆ เพื่อให้สัตว์ที่ได้รับทางไบโपाल์มน้ำมันเป็นอาหารหยาบหลักมีผลผลิตที่เพิ่มขึ้น เช่น วิธีการทางกายภาพ วิธีการทางเคมี วิธีการทางกายภาพ-เคมี ซึ่งทั้ง 3 วิธีนี้มีการใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่เป็นวิธีการที่ใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง การปรับปรุงคุณภาพของทางไบโपाल์มน้ำมันอีกวิธีการหนึ่ง คือ วิธีการทางชีวภาพ (biological treatment) โดยการใช้จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายเยื่อใยของทางไบโपाल์มน้ำมัน มาปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของทางไบโपाल์มน้ำมัน ซึ่งการใช้จุลินทรีย์ในกลุ่ม white rot fungi ในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของทางไบโपाल์มน้ำมัน ส่งผลให้ทางไบโपाल์มน้ำมันมีโภชนา และการย่อยได้ที่สูงขึ้น ทำให้สัตว์ที่ได้รับทางไบโपाल์มน้ำมันเป็นอาหารหยาบมีผลผลิตที่สูงขึ้นตามไปด้วย การทดลองนี้ จึงได้ทำการศึกษา และพัฒนาการนำทางไบโपाल์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาโดยใช้จุลินทรีย์มาใช้ทดลองในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง และน่าเชื่อถือ เพื่อให้เกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยสามารถนำผลการทดลองนี้ไปใช้ในการพัฒนาเป็นแหล่งอาหารหยาบ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างเป็นรูปธรรม และมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

โดยมีสมมุติฐานคือ

1. การใช้การใช้จุลินทรีย์ในกลุ่ม white rot fungi สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนา และการย่อยได้ของทางไบโपाल์มน้ำมันสูงขึ้นเพื่อเพิ่มการใช้วัตถุดิบที่เป็นเศษเหลือทางการเกษตรเป็นอาหารสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. สามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักย่อยของจุลินทรีย์เป็นแหล่งอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง และใช้ร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ ในรูปแบบอาหารผสมครบส่วน (TMR) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของเนื้อ และนม สามารถปฏิบัติได้โดยใช้อาหารสัตว์ในท้องถิ่น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ

1.5.1 ได้ข้อมูลคุณค่าทางโภชนาของทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักย่อยของจุลินทรีย์เป็นแหล่งอาหารหลัก

1.5.2 การใช้การใช้จุลินทรีย์ในกลุ่ม white rot fungi สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนา และการย่อยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันสูงขึ้นเพื่อเพิ่มการใช้วัตถุดิบที่เป็นเศษเหลือทางการเกษตรเป็นอาหารสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.3 ได้ข้อมูลและวิธีใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักย่อยของจุลินทรีย์เป็นแหล่งอาหารหลัก และใช้ร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ ในรูปแบบอาหารผสมครบส่วน (TMR) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของเนื้อ และนมสามารถปฏิบัติได้โดยใช้อาหารสัตว์ในท้องถิ่น

ข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สามารถนำไปเผยแพร่แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์รายย่อยในเขตภาคใต้ และภาคอื่นๆ และหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมปศุสัตว์ กรมอาชีวศึกษา และมหาวิทยาลัย รวมทั้งหน่วยงานอื่นๆ ที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตสัตว์ สามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ และสามารถเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ วารสารทางวิชาการทั้งระดับประเทศ และนานาชาติ

1.6 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

- กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- สถาบันการศึกษาทางการเกษตร และเกษตรกรทั่วไป

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาเกี่ยวกับ “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำเสนอตามหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- 2.1 สถานการณ์การเพิ่มการผลิตปาล์มน้ำมันในประเทศไทย
- 2.2 ส่วนประกอบของทางใบปาล์มน้ำมัน
- 2.3 การใช้ประโยชน์จากทางใบปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง
- 2.4 การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของอาหารหยาบ
- 2.5 บทบาทของจุลินทรีย์ต่อการย่อยสลายอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง
- 2.6 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ทางใบปาล์มน้ำมันโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

2.1 สถานการณ์การเพิ่มการผลิตปาล์มน้ำมันในประเทศไทย

2.1.1 ที่มาของปาล์มน้ำมันในประเทศไทย

ประเทศไทยเริ่มนำปาล์มน้ำมันเข้ามาปลูกเป็นครั้งแรกตั้งแต่สมัยก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยการนำมาปลูกเป็นครั้งแรกโดยพระยาประติพัทธ์ ภูบาล เมื่อปี พ.ศ. 2472 โดยปลูกเป็นไม้ประดับที่สถานีทดลองยางคองหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา และสถานีกสิกรรมพลั่ว จังหวัดจันทบุรี (ธีระ และคณะ, 2548) และมีการปลูกปาล์มน้ำมันเชิงการค้าเป็นครั้งแรกที่ จังหวัดกระบี่ และสตูล เมื่อปี พ.ศ. 2511 จากนั้นได้กระจายออกสู่จังหวัดอื่นๆ ในภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี ระนอง พังงา ตรัง สงขลา และพัทลุง เป็นต้น

2.1.2 ลักษณะทั่วไป และลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพร้อนชื้นมีฝนตกชุกในทวีปแอฟริกา อเมริกาใต้ และแถบเอเชีย (Abu Hassan *et al.*, 1995) จัดอยู่ในสกุล *Elaeis* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeis sp.* สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ 1) *Elaeis guineensis* jacq. หรือปาล์มน้ำมันแอฟริกัน (african counterpart or african oil palm) 2) *Elaeis oleifera* (H.B.K) หรือปาล์มน้ำมันอเมริกัน (american oil palm) มีถิ่นกำเนิดทางตอนเหนือของทวีปอเมริกาใต้ แถบลุ่มแม่น้ำอะเมซอน ตลอดถึงอเมริกากลาง เช่น ประเทศปานามา ประเทศโคลัมเบีย และประเทศคอสตาริกา และ 3) *Elaeis odora* (south american oil palm) (ศิริชัย, 2532; Morad and Mustafa, 1997) โดย *Elaeis guineensis* เป็นปาล์มน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจนิยมปลูกเป็นการค้าเพราะให้ผลผลิตสูง ส่วนอีก 2 ชนิดไม่นิยมปลูก เพราะเจริญเติบโตช้า (ศักดิ์ศิลป์ และคณะ, 2545)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชตระกูลปาล์ม (Palmae หรือ Areccaceae) เช่นเดียวกับมะพร้าว จาก อินทผาลัม และตาลโตนด เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ออกดอกเป็นช่อ เป็นจั่นแยกสาขาเป็นหลาย ช่อดอกมีดอกตัวผู้ และดอก

ตัวเมียอยู่แยกกันคนละดอก แต่อยู่ในต้นเดียวกัน (monoecious) เป็นพืชผสมข้ามตัวเอง (cross-pollinated) ในแต่ละต้นจะเกิดช่อดอกได้ประมาณ 10–15 ช่อดอก มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 24–30 เดือนหลังจากปลูกลง แต่แต่ละต้นให้หลายปาล์มสด 15 ทลาย แต่ละทลายมีน้ำหนักประมาณ 15–20 กิโลกรัมต่อทลาย ขึ้นกับวิธีการปลูกลงและอายุของปาล์ม ส่วนผล มีผลเป็นทะลายประกอบด้วยก้านทะลาย ช่อทะลาย และผล (fruitlets) มีประมาณ 1,000–1,300 ผลต่อทลาย แต่ละผลประกอบด้วยชั้นเปลือก (meoscarp layer) และชั้นกะลา (endocarp หรือ shell) ภายในมีเนื้อขาวๆ (kernel) ปาล์มน้ำมันมีระบบรากแบบ fibrous root system โดยรากเกือบทั้งหมดเจริญตามแนวอนระดับใกล้ผิวดิน ความลึกประมาณ 2 เมตร

ปาล์มน้ำมันมีลำต้นตั้งเดี่ยวตรง ทรงกระบอกมีเนื้อเยื่อเจริญเฉพาะตรงปลายยอด ลำต้นอาจสูงถึง 20–30 เมตร เมื่ออายุมากกว่า 10 ปี ขึ้นไป จะมีทางใบ (frond หรือ oil palm frond) โผล่แตกกิ่งแขนง เกิดขึ้นที่รวบยอด (crow) ประมาณ 40–50 ทาง โดยจะมีการสร้างทางใบใหม่ประมาณเดือนละ 2 ทาง ซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะมีระเบียบในแต่ละข้างของก้านทางใบ (rachis) แขนทางใบ (petiole) ที่ริมทั้งสองข้างมีหนาม และมีใบย่อย (leaflet) ประมาณ 100–150 คู่ เป็นใบประกอบขนาดใหญ่ ใบเป็นรูปขนนกคล้ายใบมะพร้าว แต่ละใบย่อยยาวประมาณ 60–120 เซนติเมตร กว้าง 3.5–5 เซนติเมตร และแกนทางปาล์มน้ำมัน (oil palm petiole หรือ stem) มีความยาว 130–230 เซนติเมตร (Figure 2.1 และ 2.2) ขณะที่ โคนทางปาล์มกว้างประมาณ 12–20 เซนติเมตร

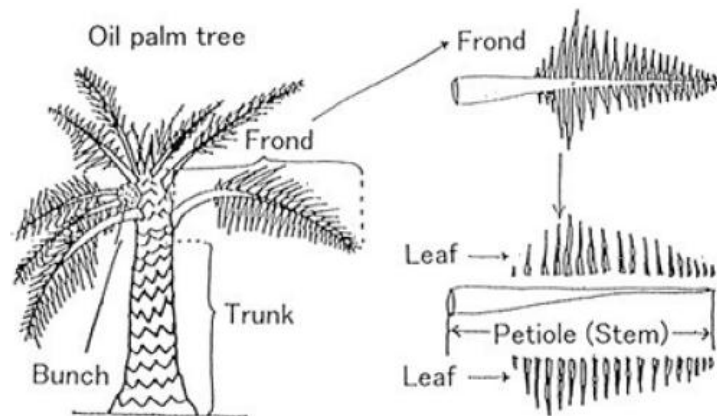


Figure 2.1 Anatomy of an oil palm tree and oil palm frond (OPF)

ที่มา: Ishida and Abu Hassan (1997)

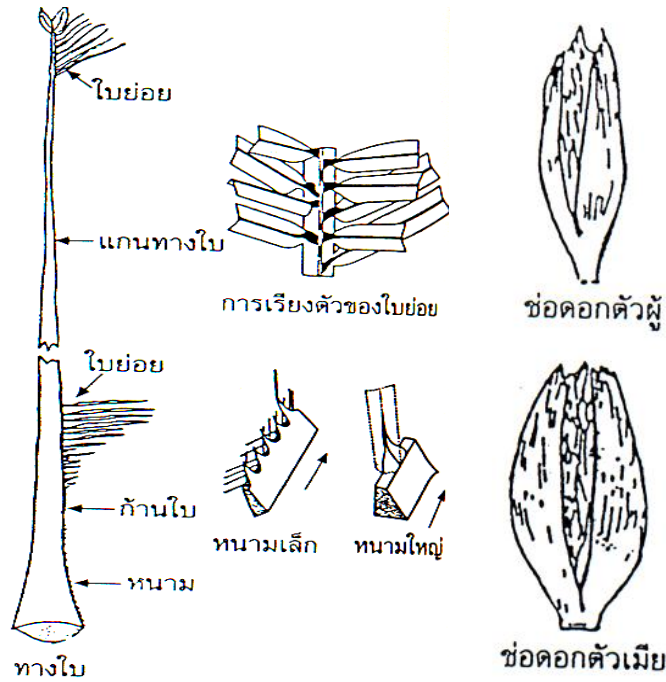


Figure 2.2 Composition of oil palm frond

Source: ชีระ และคณะ (2545)

ปาล์มน้ำมันออกดอกเป็นช่อ เป็นจั่นแยกสาขาเป็นหลาย ช่อดอกมีดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียอยู่แยกกันคนละดอก แต่อยู่ในต้นเดียวกัน (monoecious) เป็นพืชผสมข้ามตัวเอง (cross-pollinated) ในแต่ละต้นจะเกิดช่อดอกได้ประมาณ 10-15 ช่อดอก มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 24-30 เดือนหลังจากปลูกลง แต่แต่ละต้นให้หลายปาล์มสด 15 ทलय แต่ละทलयมีน้ำหนักประมาณ 15-20 กิโลกรัมต่อทलय ขึ้นกับวิธีการปลูกลง และอายุของปาล์ม ส่วนผล มีผลเป็นทะลายประกอบด้วยก้านทะลาย ช่อทะลาย และผล (fruitlets) มีประมาณ 1,000-1,300 ผลต่อทलय แต่ละผลประกอบด้วยชั้นเปลือก (meoscarp layer) และชั้นกะลา (endocarp หรือ shell) ภายในมีเนื้อขาวๆ (kernel) ปาล์มน้ำมันมีระบบรากแบบ fibrous root system โดยรากเกือบทั้งหมดเจริญตามแนวอนระดับใกล้ผิวดิน ความลึกประมาณ 2 เมตร การปลูกลงปาล์มน้ำมันเพื่อการค้าจะต้องการทะลายปาล์ม เปลือกนอก กะลา และเนื้อในเมล็ดปาล์มเป็นหลัก

2.1.3 ปริมาณผลผลิตของทางใบปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นที่มีอายุยืนประมาณ 25 ปี จัดเป็นพืชน้ำมันที่สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งที่เป็นอาหารโดยตรง และผลพลอยได้อื่นๆ เช่น ทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF) สามารถนำไปเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน เกษตรกรจะต้องตัดทางใบปาล์มน้ำมันทุกครั้งที่มีการเก็บเกี่ยวทะลาย ซึ่งโดยทั่วไปเกษตรกรจะเก็บเกี่ยวทะลายทุกๆ 15 วัน ดังนั้น ในแต่ละเดือนจะมีการตัดทางใบปาล์มออกอย่างน้อย 2 ทางใบต่อต้น หรือคิดเป็น 44 ทางใบต่อไร่ เมื่อใช้อัตราการปลูกลง 22 ต้นต่อไร่ (ชีระ และคณะ, 2548) จากการศึกษาวิจัย และคณะ (2546) รายงานว่า จำนวนทางใบปาล์มน้ำมัน และน้ำหนักขึ้นอยู่กับอายุของปาล์ม โดยจำนวนทางใบ และน้ำหนักใบปาล์มน้ำมันมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุมากขึ้น (Table 2.1) จากตารางพบว่าน้ำหนักทางใบปาล์ม และใบปาล์มที่มีอายุระหว่าง 3-18 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 9.53 และ 2.06 กิโลกรัม/ทางใบ ตามลำดับ ซึ่งเป็นอาหารหยาบที่มีศักยภาพสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Table 2.1 Estimated availability of oil palm frond (OPF) classified by age of oil palm (kg, fresh weight) in Thailand

อายุปาล์มน้ำมัน	จำนวนทางใบปาล์ม	น้ำหนักรวม		น้ำหนักเฉพาะ		น้ำหนักเฉพาะ	
		ทั้งทางใบปาล์ม		ทางใบปาล์ม		ใบปาล์ม	
		รวม	เฉลี่ย/ทางใบ	รวม	เฉลี่ย/ทางใบ	รวม	เฉลี่ย/ทางใบ
(ปี)	(ทาง)	(กิโลกรัม)	(กิโลกรัม)	(กิโลกรัม)	(กิโลกรัม)	(กิโลกรัม)	(กิโลกรัม)
3	18	59.4	3.3	45.0	2.5	14.4	0.8
4	18	75.6	4.2	59.4	3.3	16.2	0.9
5	24	112.8	4.7	84.0	3.5	28.8	1.2
6	15	130.0	5.2	97.5	3.9	32.5	1.3
7	48	283.2	5.9	211.2	4.4	72.0	1.5
8	78	546.0	7.0	421.2	5.4	124.8	1.6
9	33	293.7	8.9	231.0	7.0	62.7	1.9
10	39	401.7	10.3	315.9	8.1	85.8	2.2
11	12	144.0	12.0	114.0	9.5	30.0	2.5
12	33	415.8	12.6	326.7	9.9	89.1	2.7
13	9	116.1	12.9	92.7	10.3	23.4	2.6
14	18	237.6	13.2	187.2	10.4	50.4	2.8
15	3	39.3	13.1	31.2	10.4	8.1	2.7
16	6	78.0	13.0	61.8	10.3	16.2	2.7
17	3	39.3	13.1	30.9	10.3	8.4	2.8
18	6	78.0	13.0	61.8	10.3	16.2	2.7

ที่มา: วิชัย และคณะ (2546)

เมื่อพิจารณาพื้นที่ปลูกปาล์ม และผลผลิตทั้งประเทศพบว่า มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 3,714,967 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2555 เป็น 4,148,168 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2557 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) คิดคำนวณเป็นผลพลอยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันจะได้ประมาณ 2,190,232,704 ทางใบต่อปี (ปีน, 2558) (Table 2.2) จากตัวเลขดังกล่าว คาดว่าจะมีผลผลิตทางใบปาล์มน้ำมันสดประมาณ 20.87 ล้านตัน/ปี (น้ำหนักสดประมาณ 9.53 กิโลกรัมต่อทางใบ) (Islam et al., 2000) ประกอบกับในปัจจุบันพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในภาคใต้ กำลังขยายมากขึ้น ทำให้ผลพลอยได้เหล่านี้มีมากขึ้นด้วย ขณะที่ ในประเทศมาเลเซียมีผลพลอยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันประมาณ 26 ล้านตันต่อปี (Wanrosli et al., 2004) ดังนั้น การนำทางใบปาล์มน้ำมันมาพัฒนาเป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบ เพราะนอกจากจะเป็นการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ที่เหลือใช้จากการปลูกปาล์มน้ำมันแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของทางใบปาล์มน้ำมันอีกด้วย ทางใบปาล์มน้ำมันจำนวนนี้สามารถนำไปใช้เป็นอาหารหยาบทดแทนสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในภาวะที่มีการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ หรือในช่วงที่อาหารหยาบประเภทอื่นมีราคาแพงได้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” มกราคม พ.ศ. 2559

Table 2.2 Distribution of oil palm area in Thailand in 2012–2014

Year	Region, rai				Whole kingdom, rai	No. of OPF ¹	Yield of fresh OPF, tonnes ²	Yield of OPF, tonnes DM ³
	Northern	North-eastern	Central plain	Southern				
2012	8,945	36,628	321,523	3,347,871	3,714,967	1,961,502,576	18,693,120	821,869.6
2013	12,364	44,765	330,360	3,379,848	3,767,336	1,989,153,936	18,956,637	833,455.5
2014 ⁴	35,825	77,849	378,530	3,655,964	4,148,168	2,190,232,704	20,872,918	917,707.5

¹No. of OPF = Total area x 44 x 12 (ปีน, 2558)

²Total yield of fresh OPF per year = Total area x 44 x 12 x 9.53

³Fresh OPF = 41.9% DM basis

⁴During January to September 2014

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2557)

2.2 ส่วนประกอบของทางใบปาล์มน้ำมัน

ทางใบปาล์มน้ำมัน หมายถึงส่วนของใบทั้งหมด ประกอบด้วยใบย่อย (leaves) และแกนทางใบ (petioles) จากต้นปาล์มน้ำมัน ซึ่งเรียกว่าทางปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF) ซึ่งสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของทางใบปาล์มน้ำมันมี ดังต่อไปนี้

2.2.1 เซลลูโลส (cellulose)

เซลลูโลสเป็นสารโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีมากที่สุดในธรรมชาติ เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์พืช ถูกสร้างขึ้นอย่างสม่ำเสมอโดยขบวนการสังเคราะห์แสง ในปีหนึ่งๆ พืชจะสร้างเซลลูโลสประมาณ 5 พันล้านตัน (Ryu and Mandels, 1980) โครงสร้างของเซลลูโลสประกอบด้วย polymer molecule ของหน่วยย่อยของ D-anhydroglucopyranose มาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะ β -1,4 glucosidic linkage อย่างมีระเบียบ เป็นเส้นยาว 300–3,000 หน่วยโดยไม่มีกิ่งก้าน (Figure 2.3) (อังคณา และดวงสมร, 2532) ถ้าพิจารณาถึงรูปแบบของการจัดเรียงของหน่วยย่อยที่เชื่อมต่อกันจะอยู่ในลักษณะ chain form แต่ละโมเลกุลในสายเซลลูโลสจะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (intramolecular H-bonds) ระหว่าง hydroxyl group (–OH) ที่ตำแหน่ง C-atom ที่ 3 กับ ring oxygen ของโมเลกุลถัดไปและเชื่อมต่อกันระหว่างสายเซลลูโลสที่ขนานด้วย intermolecular H-bonds ระหว่าง hydroxyl group ที่ตำแหน่ง C-atom ที่ 6 กับ O-atom ที่เชื่อมระหว่างโมเลกุลของ D-anhydrogluco pyranose ในอีกสายหนึ่ง (Sasaki, 1982) จึงทำให้เซลลูโลสมีโครงสร้างซับซ้อน และมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ ยากต่อการย่อยสลาย

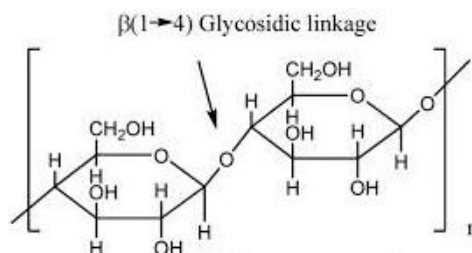


Figure 2.3 Unite structure of cellulose

ที่มา: บุญล้อม (2546)

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” มกราคม พ.ศ. 2559

โดยทั่วไปเซลลูโลสในธรรมชาติจะอยู่ในรูปของลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) เซลลูโลสจะเชื่อมอยู่กับโพลีแซคคาไรด์อื่นๆ เช่น เพคติน เฮมิเซลลูโลส แป้ง และ phenolic polymer ของลิกนิน (Reese, 1976) เนื่องจากเซลลูโลสประกอบด้วยกลูโคสเป็นจำนวนมากเชื่อมต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะแบบ β -(1-4) linkages เป็นส่วนของเยื่อใยที่ทนต่อการย่อยด้วยกรด หรือด่าง จึงไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ของสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่จะสามารถย่อยโดยจุลินทรีย์ที่มีเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ในกระเพาะรูเมน (rumen) และในไส้ติ่ง (caecum) ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (บุญล้อม, 2546)

2.2.2 เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)

เฮมิเซลลูโลสเป็นโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชเช่นกัน โดยเฮมิเซลลูโลสจะไม่สามารถย่อยด้วยเอนไซม์จากสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่ย่อยได้โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้เช่นเดียวกับเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสมีโครงสร้างเป็นเฮเทอโรโพลีแซคคาไรด์ (heteropolysaccharide) ที่ประกอบด้วยน้ำตาลมากกว่า 2 ชนิด น้ำตาลที่พบมากที่สุดคือ ไซโลส (D-xylose) และอะราบินอส (D-arabinose) ซึ่งเป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (บุญล้อม, 2546) นอกจากนี้ยังมี กลูโคส (D-glucose) แมนโนส (D-mannose) กาแล็กโทส (D-galactose) และกรดกลูคูโรนิก (D-glucuronic acid) เชื่อมกันด้วยพันธะแบบ β -(1-4) linkages และอาจมี side chain ด้วย (Figure 2.4) เฮมิเซลลูโลส อาจจำแนกตามชนิดของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบได้เป็นแมนแนน (mannan) กาแล็กแทน (galactan) ไซแลน (xylan) กลูโคแมนแนน (glucomannan) อะราบินอไซแลน (arabinoxylan) และอะราบินอกาแล็กแทน (arabionogalactan) เป็นต้น (Bedford and Partridge, 2001)

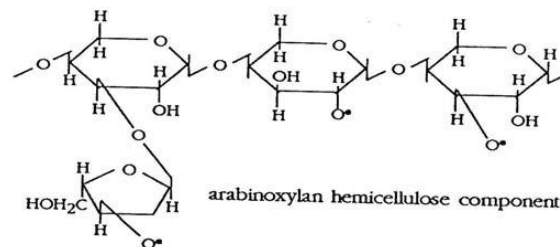


Figure 2.4 Unite structure of hemicellulose

ที่มา: Runsselaer (2005)

2.2.3 ลิกนิน (lignin)

ลิกนินเป็นสารโมเลกุลใหญ่ที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 10-10,000 kDa อยู่ในรูปโพลิเมอร์ของสารประกอบอะโรมาติกของ cinnamyl alcohol 3 ชนิด คือ p-coumaryl alcohol, coniferyl alcohol และ sinapyl alcohol (Ibrahim, 1983) (Figure 2.5) ลิกนินพบในกลุ่มของพืชที่มีท่อลำเลียงทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่พืช โดยพืชที่มีอายุมากจะมีลิกนินมากกว่าพืชที่มีอายุน้อย โดยเฉพาะพืชแก่จะมีลิกนินมาก หน่วยย่อยของลิกนินจะจับตัวเป็นโครงสร้างสามมิติ โดยจะมีการสร้างพันธะ ether ระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่สี่ของวงแหวนฟีนอลกับคาร์บอนที่ตำแหน่ง β ของ side chain (Cowling and Krik, 1976) ในธรรมชาติลิกนินจะจับอยู่รอบๆ โมเลกุลของเซลลูโลส และมีการเกิดพันธะโควาเลนต์บอนด์ระหว่างลิกนินกับเซลลูโลสเป็นสารประกอบลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) ทำให้โมเลกุลของลิกนินมีความแข็งแรง ทนทานต่อการย่อยสลายโดยน้ำย่อยของ

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” มกราคม พ.ศ. 2559

สัตว์ (McDonald et al., 1995) ทำให้การย่อยได้ของสัตว์ต่ำ ถ้าสามารถแยก หรือสลายพันธะของลิกนินออกจากเยื่อใยได้ ก็จะช่วยเพิ่มการย่อยได้ของอาหารหยาบเพิ่มขึ้น โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน หรือไส้ติ่งสามารถขจัดเอาลิกนินอาหารหยาบออกได้ โดยทั่วไปปริมาณของลิกนินจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามอายุของพืช ดังนั้น พืชอาหารสัตว์ที่เจริญเติบโตเต็มที่จะมีการสะสมของลิกนินเพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการย่อยได้ของสัตว์ต่ำลง จึงทำให้ทางไบปาล์ม ซึ่งมีองค์ประกอบของลิกนินอยู่สูง มีค่าการย่อยได้ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

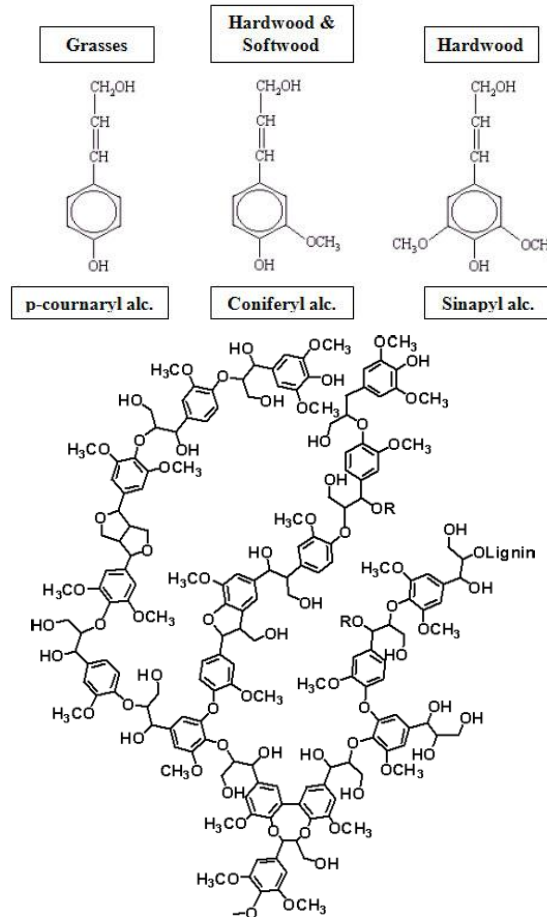


Figure 2.5 The three phenyl propane monomers in lignin and unite structure of lignin in natural plants
ที่มา: Nimz (1974)

2.2.4 ซิลิกา (silica)

เป็นสารประกอบพอลิเมอร์ของ SiO₂ พบที่ผนังเซลล์พืชเกิดจากขบวนการ metabolism ของพืชโดยตรง และจากการดูดซิลิกาจากดินเข้ามาเพื่อสร้างความแข็งแรงให้กับพืช สัตว์ไม่สามารถย่อยซิลิกาได้ (อังคณา และดวงสมร, 2532) พบในหญ้ามากกว่าถั่ว มีอิทธิพลต่อการย่อยได้ของ cellulose และ hemicellulose ในหญ้ามีตั้งแต่ร้อยละ 1 ถึงมากกว่า 22% พบมากในฟางข้าว นอกจากนั้น อาจเป็นตัวยึดเกาะแร่ธาตุต่างๆ ในพืชอาหารสัตว์ ทำให้การใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์ไม่เต็มที่ ปริมาณซิลิกาในพืชก็มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ (negative correlation) กับค่าการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารหยาบ คือ ถ้ามีปริมาณซิลิกาในพืชสูงก็มักพบว่า ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารหยาบชนิดนั้นต่ำ

2.2.5 เพคติน (pectin) เป็นเฮเทอโรโพลีแซ็กคาไรด์ที่อยู่รวมกับเซลลูโลสในผนังเซลล์พืช ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกันคล้ายกาว ละลายในน้ำเย็นแต่ไม่ละลายในน้ำร้อน ประกอบด้วย D-galacturonic acid เป็นหลักต่อกันด้วยตำแหน่ง α -(1→4)-D-galacturonic acid บางครั้งอาจถูก esterified ด้วยหมู่เมทิล มีคุณสมบัติคล้ายวุ้น (บุญล้อม, 2546)

2.3 การใช้ประโยชน์จากทางใบปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

2.3.1 คุณค่าทางโภชนาของทางใบปาล์มน้ำมัน

ทางใบปาล์มน้ำมัน หมายถึงส่วนของทางใบทั้งหมด ประกอบด้วยใบย่อย (leaflets) และแกนทางใบ (petioles) จากต้นปาล์มน้ำมัน ซึ่งเรียกว่า oil palm frond (OPF) ทางใบปาล์มน้ำมันถือเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมปลูกปาล์มน้ำมัน เพราะทางใบปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่จะถูกวางทิ้งไว้คลุมดิน หรือวางทิ้งไว้ในสวนปาล์ม โดยปล่อยให้จุลินทรีย์เข้าย่อยสลายประมาณ 6 เดือนจึงจะกลายเป็นปุ๋ย ซึ่งผลพลอยได้จากทางใบปาล์มเหล่านั้นสามารถนำมาพัฒนาเป็นอาหารสัตว์ได้ ปัจจุบันถูกนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องอย่างแพร่ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ โดยเฉพาะในช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบ

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาของทางใบปาล์มน้ำมันมีโปรตีนประมาณ 4.2–6.25 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 44.8 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 4.7–6.6 เปอร์เซ็นต์ (Ishida and Abu Hassan, 1997; Khamseekhiew et al., 2002; Zahari and Alimon, 2003) ขณะที่ Abu Hassan et al. (1995); Abu Hassan et al. (2006) รายงานว่าองค์ประกอบทางโภชนาของทางปาล์มน้ำมันสด (fresh oil palm frond) นั้นประกอบด้วยโปรตีน 2–6 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 38.5 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 78.7 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 55.6 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 3.2 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่าย 20 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 5.66 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ทำนองเดียวกับวุฒิชัย (2549) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มสดมีโปรตีนร้อยละ 5.2 ส่วนโภชนาอื่นๆ นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม คุณค่าทางโภชนาอาจผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุของปาล์ม และทางใบปาล์มน้ำมัน อายุที่เก็บเกี่ยว ความถี่ในการเก็บ สัดส่วนของใบกับแกนทางใบ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสภาพอากาศ เป็นต้น สรุปทางใบปาล์มน้ำมันประกอบด้วยวัตถุแห้ง โปรตีน เถ้า ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน เฉลี่ย 31.1–39.6, 4.2–6.3, 3.2–10.0, 60.2–69.5, 45.5–55.6 และ 22.5–47.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2.3) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีโดยเฉพาะโปรตีน ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน จะผันแปรไปตามส่วนประกอบของทางใบคือ ทางใบปาล์มน้ำมันทั้งทางใบจะมีปริมาณเยื่อใยมากกว่าทางใบปาล์มที่ตัดส่วนก้านใบออก เนื่องจากส่วนก้านใบจะเป็นส่วนที่มีปริมาณเยื่อใยมากที่สุด และมีโปรตีนต่ำสุด ขณะที่ ใบย่อยปาล์มน้ำมัน (leaflets) มีโปรตีนเฉลี่ย 11 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมัน แสดงให้เห็นว่าใบย่อยปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบที่มีศักยภาพสูงสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพราะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าระดับความต้องการเพื่อการดำรงชีพ (6.25 เปอร์เซ็นต์) ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Playne, 1972) สอดคล้องกับรายงานของ Oshio et al. (1990) ที่รายงานว่า ใบย่อยปาล์มน้ำมันมีโปรตีน และไขมันสูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมัน ขณะที่ ทางใบปาล์มน้ำมัน และใบย่อยปาล์มน้ำมันมีเซลลูโลส (cellulose) ต่ำกว่าเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ดังนั้น ในอนาคตเฉพาะใบย่อยปาล์มน้ำมันน่าจะเป็นแหล่งอาหารหยาบที่มีศักยภาพสูงสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดี

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางโภชนะของทางปาล์มสดนั้นกับอาหารหยาบชนิดอื่น เช่น ฟางข้าว พบว่ามีค่าการย่อยได้ค่อนข้างต่ำ แต่ใกล้เคียงกับการย่อยได้ของฟางข้าว (Abu Hassan et al., 1991) ขณะที่ มีโปรตีนสูงกว่า และมีปริมาณโภชนะใกล้เคียงกับหญ้าเนเปียร์ (Mohd Suki, 2003) ซึ่งให้เห็นว่าทางใบปาล์ม น้ำมันมีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง และสัตว์กินพืชอื่นๆ (herbivores) ได้ (Alimon and Hair Bejo 1995) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์โภชนะที่ย่อยได้รวม (TDN) และการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter digestibility) ของทางใบปาล์มน้ำมันพบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำ โดยทางใบปาล์มน้ำมัน มีเปอร์เซ็นต์โภชนะที่ย่อยได้รวม และการย่อยได้ของวัตถุแห้ง เท่ากับ 35.1 และ 35.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Ishida and Abu Hassan, 1997; Wan Zahari and Alimon, 2004) ขณะที่ หญ้าขนมีโภชนะที่ย่อยได้รวม 51.4–52.0 เปอร์เซ็นต์ (ทิศสานต์, 2544) ซึ่งโภชนะที่ย่อยได้รวมต่ำ ทำให้เกิดปัญหาการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเมื่อสัตว์กินเข้าไปมีการแตกตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็กๆ สัตว์จะต้องขยอกกลับมาเคี้ยวใหม่จนกระทั่งอาหารมีขนาดเล็กลง นอกจากนี้ ทางใบปาล์มน้ำมันต้องอยู่ในกระเพาะรูเมนนาน (long rumen retention time) ทำให้อัตราการไหลผ่านออกจากกระเพาะรูเมนช้าลง (จีระชัย, 2529) ทำให้สัตว์กินทางใบปาล์มน้ำมันเพิ่มเข้าไปใหม่ได้น้อยลงเนื่องจากมีอาหารเต็มอยู่กระเพาะ

Table 2.3 Chemical composition of oil palm frond (OPF) (% DM basis)

Composition ⁸	OPF ¹	OPF ²	OPF ³	OPF ⁴	OPF ⁵	OPF ⁶	Napier grass ⁷
DM	39.6	38.2	31.1	–	36.4	–	31.6
OM	–	–	–	94.70	–	95.7	–
CP	5.1	5.3	4.2	6.3	5.8	4.7	6.2
EE	3.3	2.7	2.0	–	1.2	2.1	1.9
Ash	10.0	8.2	4.7	5.3	6.6	3.2	6.8
NDF	60.2	68.7	69.5	67.6	–	78.7	–
ADF	54.1	54.6	–	45.5	–	55.6	–
ADL	47.4	22.5	–	26.6	–	–	–
Tannin	–	–	–	8.5	–	–	–
Ca	–	–	–	–	0.6	–	0.36
P	–	–	–	–	0.09	–	0.14
TDN	–	–	–	–	35.1	–	41.6
IVDMD ⁶	–	–	35.6	–	–	–	–
ME (MJ/kg ⁻¹)	–	–	–	–	4.9	5.65	5.94

ที่มา: ดัดแปลงจาก ¹ขวัญดาว และคณะ (2549), ²ประดิษฐ์ และคณะ (2551); ³Ishida and Abu Hassan (1997); ⁴Khamsekhiew *et al.* (2002); ⁵Wan Zahari and Alimon (2004); ⁶Alimon and Hair Bejo (1995); ⁷Mohd Suki (2003)

⁸DM = Dry matter; OM = Organic matter; CP = Crude protein; NDF = Neutral detergent fiber; ADF = Acid detergent fiber; ADL = Acid detergent lignin; TDN = Total digestible nutrient; IVDMD = In vitro dry matter digestibility; ME = Metabolizable energy

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” มกราคม พ.ศ. 2559

นอกจากนี้ ปริมาณของลิกนินก็เป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้ถึงปริมาณการย่อยได้ของอาหาร ซึ่ง Akmar et al. (1996) รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันมีปริมาณลิกนิน (lignin) และซิลิกา (silica) สูง ทำให้คุณค่าทางโภชนา และการย่อยได้ลดลง ดังนั้น ถ้ามีการขจัดเอาลิกนินออกจะช่วยให้การย่อยได้เพิ่มขึ้น (พันทิพา, 2539) ดังนั้น หากนำทางใบปาล์มน้ำมันสดมาผ่านการปรับปรุงคุณภาพ เช่น นำไปหมักในแบบรูปทางใบปาล์มน้ำมันหมัก (oil palm frond silage) นำไปอัดเม็ด (oil palm frond pellet) ก็จะช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของโภชนาในสัตว์ได้ (Dahlan et al., 2000; Islam et al., 2000) ซึ่ง Abu Hassan et al. (2006) รายงานว่า การหมักจะทำให้การย่อยได้เพิ่มขึ้นประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การหมักทางปาล์มสดร่วมกับยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 12.5 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ 44.20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการหมักทางปาล์มสดร่วมกับยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 20.89 เปอร์เซ็นต์ แต่การย่อยได้จะลดลงเหลือ 35.80 เปอร์เซ็นต์ (Abu Hassan and Ishida, 1992) ตรงกันข้ามกับ ญัสสุสา (2552) ที่ศึกษาทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าจุลศาสตร์การผลิตแก๊ส ค่าปริมาณแก๊ส ค่าอัตราการผลิตแก๊ส และค่าศักยภาพในการผลิตแก๊สไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับค่าอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 32.30, 33.42, 32.93 และ 36.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลทั้ง 4 ทริทเมนต์ เท่ากับ 4.75, 4.93, 4.86 และ 5.33 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ ($P>0.05$) ทำนองเดียวกับปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนา กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสำหรับสมดุลไนโตรเจนของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบีย 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ Bengaly (2002) พบว่าการนำทางใบปาล์มน้ำมันทรีตส์ โดยการนึ่งด้วยแรงดันสูงทำให้การย่อยได้เพิ่มขึ้น เนื่องจาก ทำให้พันธะการเกาะกันของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสที่เกาะกับลิกนินลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Paengkoum et al. (2006) ที่รายงาน ว่า ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุของทางใบปาล์มน้ำมันทรีตส์โดยการนึ่งด้วยแรงดันสูงสูงกว่ากลุ่มควบคุม (ทางใบปาล์มน้ำมันที่ไม่ทรีตส์โดยการนึ่งด้วยแรงดันสูง) ดังนั้น จึงสามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสด หมัก หรือการนึ่งด้วยแรงดันสูงเป็นแหล่งอาหารหยาบในสัตว์ได้

2.3.2 การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบต่างๆ เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

2.3.2.1 การเตรียมทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบ

โดยทั่วไปเกษตรกรจะเก็บเกี่ยวทะเลสาบทุกๆ 15 วัน ดังนั้น ในแต่ละเดือนจะมีการตัดทางใบปาล์มออกอย่างน้อย 2 ทางใบต่อต้น หลังจากนั้น นำไปสับกับเครื่องสับให้มีขนาด 1-2 ซม. แล้วนำไปให้สัตว์กินรูปแบบต่างๆ เช่น แบบสด (fresh or green OPF) แบบหมัก (silage) อัดเม็ด (pellet) อัดก้อน หรือให้สัตว์กินเป็นอาหารในรูปแบบผสมเสร็จ (TMR) หรืออาหารแบบแยกส่วน (Abu Hassan and Ishida, 1991)

2.3.2.2 แนวทางการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบต่างๆ เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การใช้ประโยชน์จากทางใบปาล์มน้ำมันในสัตว์ได้มีการศึกษาวิจัยมาเป็นเวลานาน เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารชนิดต่างๆ (อาหารหยาบ) ได้สูง โดยอาศัยกิจกรรมและเอ็นไซม์ของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในกระเพาะรูเมน สำหรับแนวทางการนำทางใบปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะ มีอยู่ 3 แบบ ได้แก่

แบบที่ 1 ให้กินสด โดยนำมาแขวนในคอกหรือนำมาหั่น เสริมด้วยอาหารชั้น

แบบที่ 2 ให้กินในรูปหมัก โดยนำทางปาล์มน้ำมันมาผ่านกระบวนการหมักก่อนนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ เสริมด้วยอาหารชั้น ระดับที่เหมาะสมในการใช้ทางปาล์มหมักเลี้ยงสัตว์ ในโคเนื้อ โคนม แกะ หรือแพะเท่ากับ 50, 30 และ 30 เปอร์เซ็นต์

แบบที่ 3 ให้กินในรูปอาหารผสมเสร็จ (total mixed ration, TMR) โดยนำทางปาล์มน้ำมันสด หรือหมักผสมร่วมกับวัตถุดิบต่างๆ ซึ่งเป็นรูปแบบที่เหมาะสม สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น

Dahlan et al. (2000) ศึกษาผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดในอาหารแพะต่อปริมาณอาหารที่กินได้ และการย่อยได้ของโภชนะ โดยใช้สูตรอาหาร 5 สูตร ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันสด (D₁) ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก (D₂) ทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกับกากน้ำตาล (D₃) ทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด (D₄) และทางใบปาล์มน้ำมันสับผสมกากเนื้อใบปาล์ม น้ำมัน รำข้าวเปลือกถั่วเหลือง กากน้ำตาล ปลาป่น ยูเรีย แร่ธาตุผสม และเกลือ (NaCl) ในรูปอาหารผสมสำเร็จรูปแล้ว นำมาอัดเม็ด (D₅) โดยแพะที่ได้รับอาหาร D₁, D₂, D₃ และ D₄ ได้รับอาหารชั้นในรูปอาหารอัดเม็ดเสริมปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่าปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุทั้งหมด และปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมทั้งหมดของแพะที่ได้รับอาหาร D₄ และ D₅ สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหาร D₁, D₂ และ D₃ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แสดงให้เห็นว่าการอัดเม็ดทางใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งส่งผลให้ระดับความชื้นในทางใบปาล์มน้ำมันลดลง และความหนาแน่นของอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้สัตว์กินได้ง่ายขึ้น สำหรับการย่อยได้ของโภชนะพบว่า แพะที่ได้รับอาหาร D₂ และ D₃ ในรูปของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และอาหาร D₄ ในรูปของทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะที่ใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหาร D₁ ในรูปของทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ ในขณะที่แพะที่ได้รับอาหาร D₅ ในรูปของทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับวัตถุดิบแหล่งโปรตีน วัตถุดิบแหล่งพลังงาน และอัดเม็ด มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม และลิกโนเซลลูโลสเพิ่มขึ้น 29, 15, 68 และ 89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะในแพะที่ได้รับอาหาร D₅ ยังสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะในแพะที่ได้รับอาหาร D₂, D₃ และ D₄

Khamsekhiew et al. (2002) ทำการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมือง ที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดเสริมถั่วลิสงเถา (*Arachis pintoi*) ในอัตราส่วน 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ในปริมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่าระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดเสริมถั่วลิสงเถาที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (91.9 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) มีค่าสูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดเสริมถั่วลิสงเถาที่ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ (43.6, 74.2 และ 88.9 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ ระดับถั่วลิสงเถาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมน มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดเสริมถั่วลิสงเถา 50 เปอร์เซ็นต์ มีระดับกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนสูงสุด คือ 69.2 มิลลิโมลต่อลิตร ขณะที่ Islam (1999) อ้างโดย Khamsekhiew et al. (2002) รายงานว่า ทางใบ (frond) ของปาล์มน้ำมันมีผนังเซลล์สูงกว่าใบ (leaf) ทาง (petiole) และเส้นกึ่งกลางใบ (midrib) ของปาล์มน้ำมัน ทำให้การ

ย่อยได้ของวัตถุดิบ และผนังเซลล์ค่อนข้างต่ำ ซึ่งการเสริมถั่วลันเตาในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ด จะช่วยให้การย่อยได้ของวัตถุดิบ และผนังเซลล์ของทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดสูงขึ้น เนื่องจาก จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้รับไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจากถั่วลันเตา ส่งผลให้กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนเกิดได้ดีขึ้น

2.3.3 การใช้ประโยชน์จากทางใบปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารชนิดต่างๆ (อาหารหยาบ) ได้สูง เนื่องจากกิจกรรมและเอ็นไซม์ของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในกระเพาะรูเมน จุลินทรีย์สามารถใช้แหล่งพลังงานที่ได้จากการสลายตัวของอาหารคาร์โบไฮเดรต เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน แป้ง และน้ำตาล เป็นต้น และใช้แหล่งไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย กรดอะมิโน และเปปไทด์ที่ได้จากการสลายตัวของอาหารโปรตีน หรือแอมโมเนียที่ได้จากการสลายตัวจากสารประกอบพวกไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen, NPN) (เมธา, 2533) ซึ่ง NPN ที่นิยมนำมาใช้เลี้ยงสัตว์คือ ยูเรีย โดยจุลินทรีย์จะใช้ประโยชน์ได้จากการย่อยด้วยเอ็นไซม์จากตัวจุลินทรีย์ แล้วนำผลผลิตดังกล่าวมาสังเคราะห์เป็นโปรตีน (microbial protein, MCP) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย เมื่อจุลินทรีย์เหล่านี้ออกจากกระเพาะรูเมนไปสู่ส่วนของกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก สัตว์จะสามารถย่อยและดูดซึมทำให้สัตว์ได้รับโปรตีนเพิ่มมากขึ้น นอกเหนือจากส่วนโปรตีนที่ได้รับจากอาหาร

การใช้ประโยชน์จากทางใบปาล์มน้ำมันในสัตว์ได้มีการศึกษาวิจัยมาเป็นเวลานาน เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารชนิดต่างๆ (อาหารหยาบ) ได้สูง โดยอาศัยกิจกรรม และเอ็นไซม์ของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในกระเพาะรูเมน โดยจุลินทรีย์ทำการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของโพลีแซ็กคาไรด์ได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น กลูโคส หรือเพนโตส โดยผ่านวิธีต่างๆ จากนั้นกลูโคสหรือเพนโตสจะถูกหมักในกระเพาะรูเมนอย่างรวดเร็ว และถูกสังเคราะห์ไปเป็นกรดไพรูวิก (pyruvic acid) หรือไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งเป็นตัวกลางที่สำคัญในการสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยได้ ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนเป็นเป็นกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFAs) ซึ่งเป็นผลผลิตสุดท้าย (end-products) ที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid, C₂) กรดบิวทีริก (butyric acid, C₄) กรดโพรพิอิก (propionic acid, C₃) เป็นหลัก และกรดวาเลอริก (valeric acid, C₅) ไอโซวาเลอริก (isovaleric acid) และไอโซบิวทีริก (isobutyric acid) อาจพบบ้างแต่ในปริมาณน้อย ซึ่งสัตว์จะดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป อย่างไรก็ตาม สัตว์เคี้ยวเอื้องที่กินทางใบปาล์มจะขาดโปรตีน และแหล่งของไนโตรเจนที่จะเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย ทำให้การเจริญของจุลินทรีย์ลดลง ทำให้การหมักย่อยไม่มีประสิทธิภาพ ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ และปริมาณโปรตีนที่ได้จากจุลินทรีย์ลดลง ทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตช้า ให้ผลผลิตต่ำ มีความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำ ดังนั้น ในการนำเอาวัสดุอาหารหยาบพวกทางใบปาล์มมาใช้เป็นอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง จำเป็นต้องมีการเสริมอาหารพวกโปรตีน และพลังงาน หรือการปรับปรุงคุณภาพของอาหารหยาบให้มีการย่อยได้เพิ่มขึ้นเพื่อให้สัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบได้มากขึ้น โดยใช้จุลินทรีย์ต่างๆ เป็นต้น

2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ปริมาณการกินได้ของอาหาร หมายถึง ปริมาณของอาหารที่สัตว์กินเข้าไปในร่างกายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยที่สัตว์เคยชินกับอาหารนั้นและยอมรับอาหารชนิดนั้นโดยไม่มีอาการบ่งคับ ตลอดจนสามารถเลือกกินได้อย่างอิสระ (*ad libbitum*) โดยไม่จำกัด (unrestricted) (มีเศษเหลือ 5–10%) (Forbes, 1986) การวัดค่าปริมาณการกินได้ นิยมแสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (dry matter intake, DMI) ในหน่วยสากลมีหน่วยเป็นค่ากิโลกรัม หรือกรัมที่กินได้ต่อวัน (kg/d หรือ g/d) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (percent of body weight, %BW) หรือกรัมที่กินได้ต่อน้ำหนักกิโลกรัมเมแทบอลิก (g/kg metabolic body weight, g/kg BW^{0.75}) ปริมาณการกินได้ของสัตว์มีความสำคัญมากเพราะเกี่ยวข้องกับภาระเจริญเติบโต ปัจจัยที่ทำให้ผลผลิตในสัตว์แตกต่างกันประกอบด้วย ปริมาณการกินได้ และคุณค่าทางโภชนาของอาหารที่สัตว์กิน ถ้าสัตว์กินอาหารได้น้อย หรืออาหารที่กินมีคุณค่าทางโภชนาต่ำสัตว์ก็จะให้ผลผลิตต่ำ ในทางตรงกันข้าม ถ้าสัตว์กินอาหารได้มากและอาหารที่สัตว์กินมีคุณค่าทางโภชนาสูงสัตว์ก็จะให้ผลผลิตสูง

ทางใบปาล์มน้ำมันโดยทั่วไปมักจะมีโภชนาที่ย่อยได้รวม (total digestible nutrient, TDN) ต่ำ ทำให้เกิดปัญหาการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเมื่อสัตว์กินเข้าไปมีการแตกตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็กช้า สัตว์จะต้องขยอกกลับมาเคี้ยวใหม่จนกระทั่งอาหารมีขนาดเล็กลง นอกจากนี้ ทางใบปาล์มน้ำมันต้องอยู่ในกระเพาะรูเมนนาน (long rumen retention time) ทำให้อัตราการไหลผ่านออกจากกระเพาะรูเมนช้าลง (จีระชัย, 2529) เมื่ออาหารที่อยู่ในกระเพาะรูเมนนานมีการไหลออกช้าเนื่องจากมีอาหารเต็มกระเพาะอยู่ ทำให้สัตว์กินทางใบปาล์มน้ำมันเพิ่มเข้าไปใหม่ได้น้อยลง ปริมาณของลิกนินก็เป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้ถึงปริมาณการย่อยได้ของอาหาร (McDonald et al., 1995) ดังนั้น ถ้ามีการขจัดเอาลิกนินออก หรือสลายพันธะของลิกนินออกจากเยื่อใยได้ จะช่วยให้การย่อยได้เพิ่มขึ้น (พันทิพา, 2539; McDonald et al., 1995) โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน หรือไส้ติ่งสามารถขจัดเอาลิกนินอาหารหยาบออกได้

2.4 การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของอาหารหยาบ

2.4.1 วิธีการปรับปรุงอาหารหยาบคุณภาพต่ำ

การที่ทางใบปาล์มน้ำมันมีค่าการย่อยได้ และคุณค่าทางโภชนาต่ำ ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการนำมาเป็นอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของใบปาล์มน้ำมัน ดังนั้น ปัจจุบันนักโภชนาศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้องได้พยายามปรับปรุงคุณภาพของใบปาล์มน้ำมันเพื่อให้สัตว์กินใบปาล์มน้ำมันได้มากขึ้น และได้รับสารอาหารสูงขึ้น Ibrahim (1983) กล่าวว่า มีหลายวิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงอาหารหยาบคุณภาพต่ำเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร ปริมาณการกิน และการย่อยได้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 วิธี คือ 1) วิธีทางกายภาพ 2) วิธีการทางเคมี 3) วิธีทางเคมี-กายภาพ และ 4) วิธีทางชีวภาพ

1) วิธีการทางกายภาพ (physical treatment)

เป็นการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบโดยการใช้เครื่องมือกลต่างๆ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ เช่น การแช่น้ำ การสับ การบด การอัดเม็ด การต้มการนึ่ง การอบไอน้ำ และการฉายแสง เป็นต้น การแช่น้ำจะช่วยในการกำจัดสารออกซาเลต (oxalate) ออกไปได้บางส่วน แต่มีข้อเสียคือ จะทำให้โภชนาที่ละลายได้ (soluble nutrients) สูญเสียไปด้วย ได้มีการศึกษาการสับ การบด และการ

อัดเม็ด ซึ่งเป็นวิธีการลดขนาดของฟางข้าว พบว่ามีผลให้สัตว์กินฟางข้าวได้มากขึ้น ส่วนการนึ่ง การใช้รังสีแกมมา การใช้ไอน้ำร้อนสามารถทำให้การย่อยได้ของอาหารสูงขึ้นเนื่องจากการสลายตัวของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส แต่จะไม่มีผลต่อการสลายพันธะของลิกนิน (ยิ่งลักษณ์, 2543) ส่วนการศึกษาในทางไบปาล์มน้ำมัน Bengaly (2002) พบว่าการนำทางไบปาล์มน้ำมันทรีตส์โดยการนึ่งด้วยแรงดันสูงทำให้การย่อยได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากทำให้พันธะการเกาะกันของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสที่เกาะกับลิกนินลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Paengkoum et al. (2006) ที่รายงานว่า ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุของทางปาล์มน้ำมันทรีตส์โดยการนึ่งด้วยแรงดันสูงสูงกว่ากลุ่มควบคุม (ทางปาล์มน้ำมันที่ไม่ทรีตส์โดยการนึ่งด้วยแรงดันสูง) อย่างไรก็ตาม วิธีการเหล่านี้ยังไม่เหมาะสมที่จะใช้ในระดับเกษตรกร หรือฟาร์มขนาดเล็ก เนื่องจากการจัดการค่อนข้างยาก และค่าใช้จ่ายสูง (Ibrahim, 1983)

2) วิธีการทางเคมี (chemical treatment)

เป็นการปรับปรุงคุณภาพโดยการใช้สารเคมี โดยสารเคมีที่ใช้ในวิธีการนี้แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กรดต่าง และตัวออกซิไดส์ (Doyle et al., 1986)

1. กรดที่ใช้ในการเพิ่มค่าการย่อยได้ของอาหารหยาบ ได้แก่ กรดซัลฟิวริก และกรดเกลือ เป็นต้น โดยกรดจะไฮโดรไลซ์เฮมิเซลลูโลสในผนังเซลล์ ทำให้ได้น้ำตาลออกมา และบางครั้งยังทำให้พันธะระหว่างลิกนิน และคาร์โบไฮเดรตแยกออก ซึ่ง Doyle et al. (1986) ทำการศึกษาในฟางข้าว พบว่าทำให้ฟางข้าวมีค่าการย่อยได้เพิ่มขึ้น และ Saha et al. (2005) ที่ศึกษาการใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% (v/v) pretreatment ฟางข้าว พบว่าการย่อยได้เพิ่มขึ้น

2. ต่างที่ใช้ในการเพิ่มค่าการย่อยได้ของอาหารหยาบ ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ยูเรีย และแอมโมเนีย เป็นต้น Jackson (1977) ทำการศึกษาในฟางข้าว ได้รายงานว่าต่างจะทำปฏิกิริยากับฟางข้าวโดยจะทำให้แขนของไฮโดรเจนที่จับระหว่างเซลลูโลส 2 โมเลกุลอ่อนตัวลง และต่างจะย่อยบางส่วนของแขนที่จับกันระหว่างกลุ่มของกรดยูรีนิกของเฮมิเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลไซโลสกลูโคส และเซลโลไบโอส และย่อยกลุ่มอะซิติกของเฮมิเซลลูโลสให้กลายเป็นน้ำตาลไซโลส (Crosthwaite et al., 1984) ทำให้ส่วนประกอบของผนังเซลล์เกิดการอ่อนตัว ทำให้จุลินทรีย์สามารถเข้าไปสัมผัส และย่อยได้มากขึ้น ทำให้ฟางข้าวมีค่าการย่อยได้มากขึ้น ส่วนการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในฟางข้าวจะทำให้การย่อยได้ และการกินได้ของฟางข้าวเพิ่มมากขึ้น เพราะต่างจะช่วยให้ลิกนินสามารถละลายได้มากขึ้น หรือทำให้การจับตัวกันระหว่างลิกนิน หรือกลุ่ม phenolic กับส่วนผนังเซลล์หลวมตัวขึ้น (Ibrahim, 1983) การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในฟางข้าวจะเกิดปฏิกิริยาซักร่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ จึงต้องมีการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อทำให้ระยะเวลาในการหมักสั้นลง (Doyle, 1982) การใช้ยูเรีย-แอมโมเนียในฟางข้าว เมื่อสัตว์กินฟางข้าวที่มียูเรียเข้าไป ยูเรียจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ยูรีเอส (urease) จากจุลินทรีย์ได้แอมโมเนียกับคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับน้ำได้แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นต่างเข้าไปทำลายพันธะระหว่างลิกนินที่จับกับเซลลูโลส หรือเฮมิเซลลูโลส และจุลินทรีย์ยังสามารถใช้ประโยชน์จากแอมโมเนียโดยทำปฏิกิริยากับกรดคีโต (keto acid) จากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตได้เป็นกรดอะมิโน ซึ่งจะถูกร่างเป็นโปรตีนของจุลินทรีย์ซึ่งจะถูกย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็กโดยเอนไซม์ของสัตว์เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนของสัตว์ต่อไป (Ibrahim, 1983) ส่วนในทางปาล์มน้ำมัน Abu Hassan et al. (2006) รายงานว่า การหมักทางปาล์ม

สดร่วมกับยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์จะทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 12.5 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ 44.20 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ การหมักทางปาล์มสดร่วมกับยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์จะทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 20.89 เปอร์เซ็นต์ แต่การย่อยได้จะลดลงเหลือ 35.80 เปอร์เซ็นต์ (Abu Hassan and Ishida, 1992) และ Diaz et al. (2013) ที่ศึกษาการใช้ alkaline peroxide ปรับสภาพ (pretreatment) ไร่ข้าวพบว่า การย่อยได้เพิ่มขึ้น แต่การปรับสภาพไร่ด้วยสารเคมีต่างๆ นั้น ต้องคำนึงถึงอันตรายจากสารเคมีที่อาจตกค้างเมื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์ด้วย

3. ตัวออกซิโดสที่ใช้ในการเพิ่มค่าการย่อยได้ของอาหารหยาบ ได้แก่ ก๊าซคลอรีน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น โดยตัวออกซิโดสจะมีผลทำให้พันธะระหว่างลิกนิน และคาร์โบไฮเดรตแตกตัว เพื่อเพิ่มการย่อยได้ของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสแต่ไม่มีผลต่อการลดปริมาณของลิกนิน แต่มีการพบว่าถ้าหากใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงจะมีผลทำให้ลิกนินละลายได้สูงขึ้นโดยปลดแรงดึงดูดระหว่างจุดเชื่อมของลิกนิน หรือ phenolic group กับส่วนประกอบของผนังเซลล์ ทำให้ลิกนินแยกตัวออกมาจากเซลลูโลส (Ibrahim, 1983) ข้อเสียของการใช้สารเคมี คือ การลงทุนสูง การมีพิษตกค้าง การสูญเสียโภชนาที่ละลายง่าย เช่น คาร์โบไฮเดรต และเฮมิเซลลูโลส (พันธิพา, 2539) อีกทั้งอาจมีอันตรายต่อสัตว์ และผู้ปฏิบัติงาน ตลอดจนมีผลตกค้างในสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดมลภาวะได้

3) วิธีการทางกายภาพ-เคมี (physico-chemical treatment)

เป็นการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบโดยการใช้ทั้งวิธีกล และวิธีทางเคมีร่วมกันโดยทั่วไปแล้วพบว่า มีผลดีมากกว่าการใช้วิธีใดวิธีหนึ่งเพียงอย่างเดียว (วิบูลย์ศักดิ์, 2530) โดยวิธีการนี้ได้แก่ การบดฟางข้าว ร่วมกับการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ การอัดเม็ดฟางข้าวร่วมกับการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ และการนั่งร่วมกับการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น การหั่น และการบดจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของฟางข้าวให้เพิ่มขึ้น ทำให้สารเคมีสามารถทำปฏิกิริยาได้ทั่วถึงขึ้น ส่งผลให้ค่าการย่อยได้เพิ่มขึ้น วิธีการใช้สารเคมี เช่น ยูเรียร่วมกับการอัดเม็ดของฟางข้าวเพื่อช่วยให้การย่อยได้ดีขึ้น เพราะความร้อนในระหว่างการอัดเม็ดจะช่วยให้ยูเรียสลายตัวเป็นแอมโมเนีย ส่วนการใช้ความร้อนร่วมกับการใช้สารเคมีตัวอื่นๆ จะมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเร่งปฏิกิริยาทางเคมีให้เกิดเร็วขึ้นทำให้ค่าการย่อยได้สูงขึ้น (ถนัด, 2531)

4) วิธีการทางชีวภาพ (biological treatment)

เป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์ในธรรมชาติ ประเภท แบคทีเรีย ยีสต์ รา หรือ เอนไซม์ (Ibrahim, 1983) จุลินทรีย์ในธรรมชาติที่มีความสามารถย่อยลิกนินจะเป็นกลุ่มของเชื้อรา Class Basidiomycetes มี 3 กลุ่ม คือ white rot fungi, soft rot fungi และ brown rot fungi (Cowling, 1961; Kirk and Alder, 1970; Kirk et al., 1978; Gilbertson, 1980) ซึ่งใน 3 กลุ่มนี้ white rot fungi เป็นกลุ่มที่มีประสิทธิภาพในการย่อยลิกนิน (lignin) และสารประกอบอะโรมาติก (aromatic) อื่นๆ สูงที่สุด (Cowling, 1961) นอกจากนี้เชื้อรา Class Basidiomycetes ยังสามารถเปลี่ยนลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) ให้กลายเป็นโปรตีนที่ใช้เป็นอาหารของสัตว์ได้อีกด้วย (Romeo, 1983) การเพิ่มคุณค่าของอาหารหยาบโดยใช้เชื้อรากลุ่ม white rot fungi ได้มีการใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะเห็ดสกุล *Pluratus* เป็นเห็ดที่มีความสามารถในการย่อยสลายสารที่มีโมเลกุลซับซ้อนได้ดี (กิตติพงศ์ และปัญญา, 2533) เป็นพวกที่ชอบเซลลูโลส (cellulose) และลิกนิน (lignin) วัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดเหล่านี้จึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพก่อน นอกจากนี้ ยังใช้วัสดุเพาะได้อย่างกว้างขวาง สามารถใช้วัสดุแทบทุกชนิดที่เป็นผลพลอยได้จากการเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมจากต้นพืช

โดยเฉพาะฟางข้าว นอกจากนี้เห็ดสกุล *Plurotus* ยังสามารถเปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเจนในฟางข้าวให้กลายเป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจนได้ ทำให้อัตราส่วนของสารอินทรีย์ไนโตรเจนสูงขึ้น ส่งผลให้ฟางข้าวมีคุณภาพที่ดีขึ้นตามไปด้วย (ปาณิสรา, 2548) Rahman et al. (2011) ศึกษาการปรับปรุงความสามารถในการย่อยสลายได้ของทางไบโพลีเมอร์น้ำมันโดยใช้กลุ่ม *white rot fungi* พบว่ากลุ่ม *white rot fungi* 9 ชนิด (*Ceriporiopsis subvermispora*, *Pleurotus ostreatus*, *Phlebia brevispora*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus eryngii* and *Trametes versicolor*) มีความสามารถย่อยสลายได้สูงสุด และมีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้จากการศึกษาใน *in vitro* gas อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับระยะเวลาในการสร้างโคไลนในกระบวนการหมักแบบอาหารแข็ง (solid state fermentation) เนื่องจากมีเพิ่มการสูญเสียของอินทรีย์วัตถุ (OM) และองค์ประกอบภายในเซลล์ที่ละลายน้ำได้ (neutral detergent soluble, NDS) และทำให้ลดความสามารถในการสลายได้ของลิกนิน (Raj et al., 1989; Singh et al., 1990) นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อรา อาหารเลี้ยงเชื้อ และสภาพของการเพาะเลี้ยง (culture condition) เป็นต้น (Tripathi and Yadav, 1992)

2.4.2 กลไกการย่อยสลายลิกนินโดย *white rot fungi*

กลไกในการย่อยสลายลิกนินของเห็ดราแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป แต่โดยกระบวนการหลักแล้วมีลักษณะคล้ายกัน โดยในการย่อยสลายลิกนิน *white rot fungi* จะผลิตเอนไซม์ 3 ชนิด คือ LiP, MnP และ glyoxal oxidase (GLOX) (Kirk et al., 1976) โดยเอนไซม์ทั้งสามมีการทำงานร่วมกัน (Figure 2.6)

โดยในอันดับแรกเอนไซม์ GLOX จะทำหน้าที่ในการผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สำหรับการทำงานของ peroxidase แล้วจะมี LiP เป็นเอนไซม์หลักในกระบวนการย่อยโครงสร้างที่เป็น non-phenolic ของลิกนินในส่วนที่เป็น aromatic nuclei จะถูก oxidized ไปเป็น aryl cation radical ซึ่งจะถูกตัดในขบวนการ fragmentation ในขณะที่ผลิต veratryl alcohol ซึ่งเป็น secondary metabolite ทำหน้าที่กระตุ้นการสร้าง LiP และเป็นตัวกลางในการส่งถ่ายประจุ (charge-transfer mediator) เอนไซม์ MnP จะผลิต Mn^{3+} ซึ่งเมื่อถูก chelate จะทำหน้าที่ oxidize สารพวก phenolic สารระหว่างปฏิกิริยาทั้งที่เป็น aliphatic และ aromatic ก็จะถูก metabolize ต่อโดยราจนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (ภิญญาตา, 2546) ซึ่งผลของปฏิกิริยาจะปรากฏชัดเมื่อระดับความเป็นกรดต่างเหมาะสม (ประธาน, 2536) โดยเชื้อเห็ดภูฐาน (*Pleurotus eous*) จะสามารถย่อยวัตถุดิบได้ดีเมื่ออยู่ในสภาพความเป็นกรดต่างที่เป็นกลาง (pH 7.0) หรืออยู่ในช่วง pH 6.5–7.5

การทดลองเกี่ยวกับการใช้เห็ด *pleurotus* ในการปรับปรุงคุณภาพของผลพลอยได้ทางการเกษตรแล้วนำมาเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยปัจจุบันยังมีน้อยมาก ผลการศึกษาเบื้องต้น ยิ่งลักษณ์ (2543) ได้ทดลองใช้เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajorcaju*) ในการปรับปรุงคุณภาพของหญ้าแฝกแล้วนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ในแกะ พบว่าหญ้าแฝกที่ใช้เห็ดนางฟ้าในการปรับปรุงคุณภาพมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม พลังเซลล์ และเซลลูโลส เพิ่มขึ้นจากหญ้าแฝกปกติ 51.17, 16.14, 29.43 และ 25.21% เป็น 54.87, 33.32, 31.40 และ 28.68% ตามลำดับ และ ปาณิสรา (2548) รายงานว่าเห็ด *pleurotus* ทำให้ฟางข้าวมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงขึ้น และยังสามารถเพิ่มการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุในฟางได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม สัมประสิทธิ์การย่อยได้ที่เกิดขึ้นอาจมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณของเอนไซม์ที่ผลิตจากสายพันธุ์เชื้อเห็ดแต่ละชนิดที่มีความแตกต่างกัน (Ball and Jackson, 1995; Phan and Sabaratnam, 2012) และความเฉพาะเจาะจงต่อชนิดอาหาร (substrate specificity) หรือชนิดเชื้อของเห็ดแต่ละชนิด

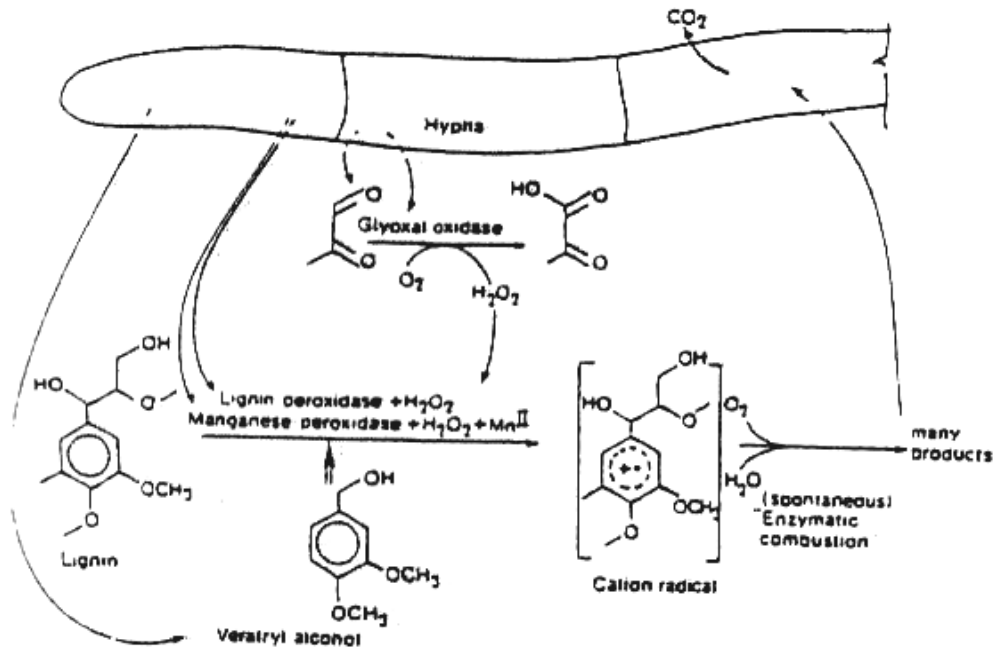


Figure 2.6 System of lignin digestion of white rot fungi

ที่มา: Krik and Hammol (1992)

โดยสรุปจากการตรวจเอกสารจะเห็นได้ว่า ปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มียานทดลองใดที่ได้มีการใช้ทางไบโอบาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มคุณค่าโดยวิธีการทางชีวภาพ โดยเฉพาะการใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์มาทดลองเลี้ยงในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนั้น เพื่อศึกษาถึงวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะ การย่อยได้ และสมรรถภาพการผลิต การทดลองนี้จึงเป็นการทดลองแรกที่มีการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตทางไบโอบาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะ โดยการใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์ในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยการศึกษาจะทำในรูปแบบของการใช้งานจริง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ และนำเชื่อถือเพื่อให้เกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยสามารถนำผลการทดลองนี้ไปใช้ในการพัฒนาเป็นแหล่งอาหารหยาบ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างเป็นรูปธรรม และมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

2.5 บทบาทของจุลินทรีย์ต่อการย่อยสลายอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีวิวัฒนาการและพัฒนารวมที่มีความเฉพาะตัว โดยมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากอาหารเยื่อใย (dietary fiber) ซึ่งสัตว์ทั่วไปโดยเฉพาะสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมน ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และเชื้อรา (fungi) ซึ่งในกระเพาะรูเมน ประกอบไปด้วยชนิดของแบคทีเรียที่สำคัญหลักอย่างน้อย 30 ชนิด (species) และมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 10^{10} – 10^{12} เซลล์ต่อมิลลิลิตรของของเหลวในรูเมน มีโปรโตซัว 40 ชนิด (species) มีความเข้มข้น 10^5 – 10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตรของของเหลวรูเมน และมีเชื้อรา 5 ชนิด (species) มีความเข้มข้นน้อยกว่า 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตรของของเหลวในกระเพาะรูเมน ซึ่งพบว่าแบคทีเรียมีบทบาทและความสำคัญมากกว่าโปรโตซัว และเชื้อราต่ออัตรา และขอบเขตของการย่อยสลายอาหารเยื่อใย การผลิตกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน กรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดจะถูกดูดซึมผ่านผนัง

ของรูเมนเป็นส่วนใหญ่ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้เป็นแหล่งหลักของพลังงาน ส่วนจุลินทรีย์โปรตีน ไชมัน และคาร์โบไฮเดรตของจุลินทรีย์ตลอดจนส่วนของโภชนะของอาหารที่เหลือ จะไหลผ่านออกจากกระเพาะรูเมน เข้าสู่ทางเดินอาหารส่วนล่าง โดยเฉพาะที่ลำไส้เล็ก เพื่อการย่อยสลาย และการดูดซึมใช้ในสัตว์ต่อไป (Ghorbani et al., 2002)

นอกจากนี้ จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนยังสามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งโปรตีนต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถใช้ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ (non-protein nitrogen, NPN) โดยจุลินทรีย์จะทำงานได้ดีถ้าสภาพภายในกระเพาะรูเมนมีความเป็นกรด-ด่าง (rumen pH) ที่เหมาะสม คือ อยู่ในช่วง 6.5-7.0 และมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 39-40 องศาเซลเซียส ทำให้ทั้งแบคทีเรีย โปรโตซัวและเชื้อรา สามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว และเหมาะสมต่อการย่อยอาหาร (เมธา, 2533) จากการรายงานของ Satter and Slyter (1974) พบว่า นอกจากความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมแล้ว ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนก็มีความสำคัญต่อการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ด้วย ซึ่งระดับที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 4-5 mg% ส่วน Song and Kennelly (1990) พบว่าระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 15-20 mg% ที่จะก่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายและกระบวนการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนที่เหมาะสม

2.5.1 เมแทบอลิซึมของโปรตีนในกระเพาะรูเมน

โปรตีนในอาหารมักประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) โปรตีนแท้ (true protein) เช่น insulin, globulin, albumin และ keratins เป็นต้น และ 2) ไนโตรเจนจากโปรตีนไม่แท้ (non protein nitrogen, NPN) มีทั้งที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น กรดแอมิโนอิสระ กรดนิวคลีอิก เอไมด์ (amide) เอมีน (amine) และยูเรีย และเป็นสารอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์ และแอมโมเนียมซัลเฟต เป็นต้น (บุญล้อม, 2527; เมธา, 2533) ซึ่งมีอัตราการย่อยสลายแตกต่างกัน พบว่าสาร non-protein nitrogen (NPN) มีอัตราการสลายเร็วที่สุด ซึ่งการย่อยและการเมทาโบลิซึมของสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Figure 2.7) ได้เป็น peptide กรดแอมิโน และแอมโมเนีย ต่อจากนั้นจะมีการสลายตัวกรดแอมิโนส่วนหนึ่งโดยกระบวนการ deamination โดยอาศัยเอ็นไซม์จากจุลินทรีย์ได้เป็นแอมโมเนีย และ α -keto acid (บุญล้อม, 2527; เมธา, 2533) แล้วจุลินทรีย์ หรือตัวสัตว์เองจะนำไปใช้ประโยชน์สังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีน เมธา (2533) กล่าวว่า 80% ของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ถูกสังเคราะห์โดยการใช้แอมโมเนีย ส่วนอีก 20% ใช้กรดแอมิโนโดยตรง ส่วน α -keto acid อาจถูกสลายตัวต่อไปเพื่อใช้ในการสร้างสารประกอบอื่นๆ หรือเป็นแหล่งพลังงาน เช่น acetic, propionic, butyric, iso-butyric และ iso-valeric เป็นต้น

2.5.2 เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ซึ่งอยู่ในรูปของโพลีแซ็กคาไรด์ จะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น กลูโคส หรือเพนโตส โดยผ่านวิถีต่างๆ จากนั้นกลูโคสหรือเพนโตสจะถูกหมักในกระเพาะรูเมนอย่างรวดเร็ว และถูกสังเคราะห์ไปเป็นกรดไพรูวิก (pyruvic acid) หรือไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งเป็นตัวกลางที่สำคัญในการสังเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนเป็นเป็นกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFAs) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย (end-products) ที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid, C₂) กรดบิวทีริก (butyric acid, C₄) กรดโพรพิออนิก (propionic acid, C₃) เป็นหลัก (Figure 2.8) และกรดวาเลอริก (valeric acid, C₅) ไอโซวาเลอริก

(isovaleric acid) และไอโซบิวทีริก (isobutyric acid) อาจพบบ้างแต่ในปริมาณน้อย ซึ่งสัตว์จะดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป จากการศึกษาพบว่า น้ำตาลจะถูกเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว รองลงมาคือแป้ง และพวกที่เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์พืช เช่น เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส จะถูกเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด นอกจากนี้ยังมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) แก๊สเมเทน (CH₄) และความร้อนมีประมาณ 20% (ME) ส่วนพลังงานที่ผลิตได้ในรูป ATP จากกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ

- 1) ใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสร้างเซลล์จุลินทรีย์
- 2) ใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อการดำรงชีพ Nocek and Russell (1988) กล่าวว่า ตัวที่จำกัดการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ที่สำคัญคือ พลังงาน ดังนั้น อาหารโคนมจึงต้องมีโภชนะพลังงานแก่จุลินทรีย์อย่างเพียงพอ และในสัดส่วนที่เหมาะสมกันจึงจะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนมีประสิทธิภาพสูงสุด

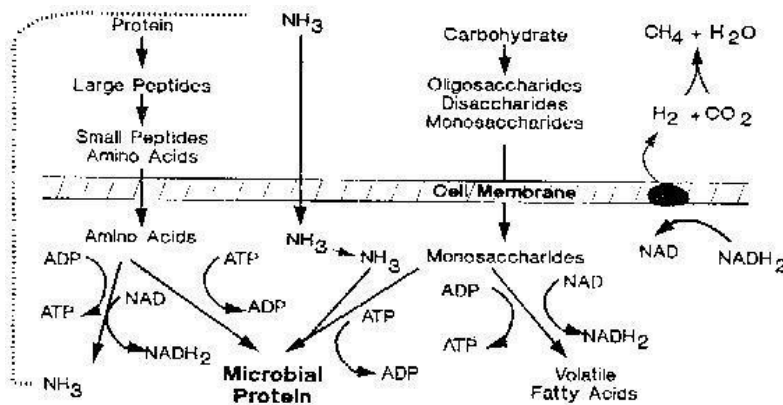


Figure 2.7 Utilization of protein and carbohydrates by rumen bacteria

ที่มา: Nocek and Russell (1988)

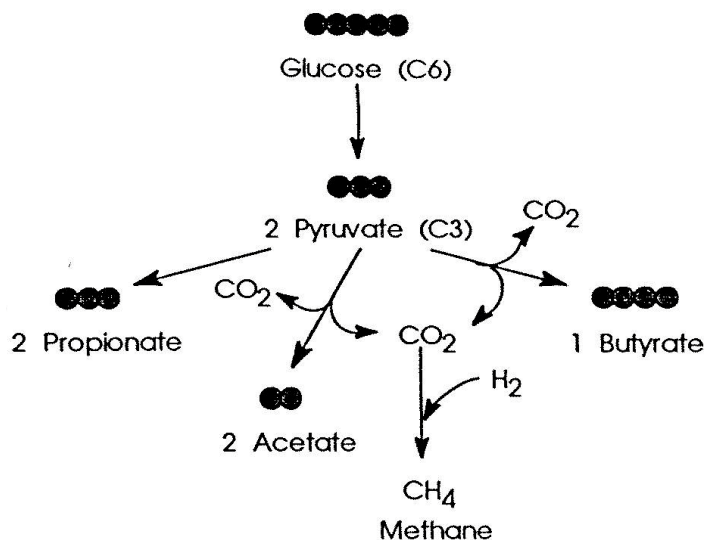


Figure 2.8 Outline of the pathways of carbohydrate in the rumen

ที่มา: Preston and Leng (1987)

2.5.3 การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน

จุลินทรีย์โปรตีนในกระเพาะรูเมนสังเคราะห์จากกรดแอมมิโน และเปปไทด์ที่ได้จากการย่อย สลายโปรตีนหรือพวกที่อยู่ในรูปอิสระ อย่างไรก็ตามพบว่าแอมโมเนียที่หมุนเวียนอยู่ในกระเพาะรูเมนเป็นแหล่งไนโตรเจนหลักในการสังเคราะห์โปรตีนเช่นกัน (Aharoni et al., 1991) Al-Rabbat et al. (1971) รายงานว่า 61 เปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์โปรตีนมาจากแอมโมเนีย และ 39 เปอร์เซ็นต์มาจากกรดแอมมิโน และเปปไทด์ อย่างไรก็ตาม Maeng et al. (1976) รายงานว่า สัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างแอมโมเนีย และกรดแอมมิโนในการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนคือ 75 เปอร์เซ็นต์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ 25 เปอร์เซ็นต์กรดแอมมิโน-ไนโตรเจน นอกจากนี้ พลังงาน ATP ที่สัตว์ได้รับ ซึ่งได้จากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมนก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน จุลินทรีย์โปรตีนเมื่อถูกย่อยสลายที่กระเพาะจริง และลำไส้เล็ก จะมีผลต่อองค์ประกอบของกรดแอมมิโนที่ได้ เนื่องจากจุลินทรีย์มีความสามารถในการใช้แหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน เพื่อนำมาสังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีนในเซลล์ ฉลอง (2541) รายงานว่า ปริมาณไนโตรเจนในจุลินทรีย์เท่ากับ 36-49 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ซึ่ง 85 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมดจะอยู่ในรูปของโปรตีนแท้ โปรตีนในตัวจุลินทรีย์เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง โดยโปรโตซัวมีการย่อยได้ดีกว่าแบคทีเรีย แม้ว่าค่า biological value (BV) ของโปรตีนของโปรโตซัว และแบคทีเรียจะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อคิดเป็นค่า net protein utilization (NPU) พบว่าโปรโตซัวมีค่าสูงกว่าแบคทีเรีย

2.6 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุง และการเพิ่มคุณภาพของอาหารหยาบโดยการหมักด้วยจุลินทรีย์เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ในการนำเอาจุลินทรีย์ต่างๆ มาใช้ในการเพิ่มคุณค่า หรือคุณภาพให้กับอาหารหยาบเพื่อเป็นอาหารสัตว์ โดยเฉพาะในทางไบโपाल์มน้ำมัน สิ่งที่ต้องคำนึงถึงนอกจากกลุ่มของจุลินทรีย์ที่จะนำมาคัดเลือกให้เหมาะสมเพื่อให้สามารถย่อยสลายลิกนินได้สูง และมีการสูญเสียคาร์โบไฮเดรตน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อคงโภชนะในอาหารสัตว์ไว้ให้ได้มากที่สุด และจุลินทรีย์จะต้องไม่เป็นพิษต่อคน หรือสัตว์ และสภาพแวดล้อม อีกทั้งสามารถนำมาประยุกต์ใช้โดยมีกระบวนการที่ง่ายไม่ยุ่งยาก ต้นทุนต่ำ โดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ คือ กลุ่มเห็ดกินได้ ซึ่งยังสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนให้กับอาหารหยาบมากขึ้นอีกด้วย

การทดลองเกี่ยวกับการใช้เห็ด *pleurotus* ในการปรับปรุงคุณภาพของผลพลอยได้ทางการเกษตรแล้วนำมาเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยปัจจุบันยังมีน้อยมาก ผลการศึกษาเบื้องต้น ยิ่งลักษณ์ (2543) ได้ทดลองใช้เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajorcaju*) ในการปรับปรุงคุณภาพของหญ้าแฝกแล้วนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ในแกะ พบว่าหญ้าแฝกที่ใช้เห็ดนางฟ้าในการปรับปรุงคุณภาพมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุโปรตีนรวม ผนังเซลล์ และเซลลูโลส เพิ่มขึ้นจากหญ้าแฝกปกติ 51.17, 16.14, 29.43 และ 25.21% เป็น 54.87, 33.32, 31.40 และ 28.68% ตามลำดับ และปาณิสรา (2548) รายงานว่าเห็ด *pleurotus* ทำให้ฟางข้าวมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงขึ้น และยังสามารถเพิ่มการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุในฟางได้อีกด้วย

Dorado et al. (1999) ทำการศึกษาการหมักฟางแบบ solid state fermentation เป็นเวลา 60 วัน ด้วยเชื้อกลุ่ม white rot fungi 4 ชนิด คือ *Phanerochaete chrysosporium*, *Pleurotus eryngii*, *Phlebia radiata* และ *Ceriporiopsis subvermispora* พบว่าจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิดสามารถผลิตเอ็นไซม์ Mn²⁺ peroxidase ซึ่งมีส่วน

สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของลิกนินในฟางข้าว และพบว่า *Pleurotus eryngii* ย่อยลิกนินได้สูงที่สุด แต่ *Pleurotus eryngii* และ *Ceriporiopsis subvermispota* ให้ค่าน้ำหนักที่หายไปน้อยที่สุด และย่อยสลายลิกนินได้รวดเร็วในช่วง 30 วันแรกของการหมัก สอดคล้องกับรายงานของ Punj (1967) ซึ่งใช้เห็ดกินได้สกุล *Pleurotus* 3 ตัว คือ *P. ostreatus*, *P. cajus* และ *P. florida* หมักในฟางข้าวพบว่า สามารถย่อยสลายลิกนินและลดปริมาณของลิกนินในฟางข้าวได้ จาก 6% เหลือ 3% แต่มีการสูญเสียองค์ประกอบของวัตถุแห้งถึง 50% และยังพบรายงานอีกว่า เชื้อเห็ดในสกุล *Pleurotus* sp. สามารถทำให้การย่อยได้ของข้าวสาลีเพิ่มขึ้นจาก 40% เป็น 60-65% (Zadrazil, 1984) นอกจากนี้ พบว่าเชื้อ *Coprinus* sp., *Pleurotus florida*, *Pleurotus sajor-caju* และ *Sporotrichum pulverulentum* สามารถเพิ่มโปรตีนให้กับฟางข้าว และชานอ้อยในการหมักแบบแห้ง (solid state fermentation, SSF) โดยมีระยะเวลาหมักเป็นเวลา 14, 21 และ 30 วัน โดยพบว่าฟางข้าว และชานอ้อยมีโปรตีนสูงขึ้น ($P < 0.05$) และไม่มีผลต่อค่าการย่อยได้ ฟางข้าวที่หมักด้วยเชื้อ *Pleurotus sajor-caju* ให้ค่าโปรตีนสูงสุด ($P < 0.05$) ปริมาณลิกนิน และลิกโนเซลลูโลสลดลงเล็กน้อย ($P > 0.05$) เมื่อหมักเป็นเวลา 30 วัน (ประธาน, 2536)

Hadder et al. (1992) ทดลองหมักฟางข้าวเป็นเวลา 30 วัน โดยใช้เชื้อ white rot fungi 3 ชนิด คือ *Cyathus stercoreus* ATCC-36910, *Pharerochaete chrysosporium* BKM และ *Pleurotus sajor-caju* 357 ทำการหมักแบบแห้งโดยใช้ส่วนของใบ และลำต้นของฟางข้าว พบว่าค่า In vitro dry matter disappearance (IVDMD) เพิ่มขึ้นเป็น 49% และ 46.3% เมื่อใช้เชื้อ *Cyathus stercoreus* (Cs) ATCC-36910 และ *Pleurotus sajor-caju* (Ps) 357 ตามลำดับ

นอกจากนี้ ยังมีการนำเอาจุลินทรีย์อื่นๆ มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหมัก และคุณค่าทางอาหาร โดย Streeter et al. (1982) หมักฟางข้าวสาลีด้วยเชื้อ *Pleurotus ostreatus* ร่วมกับเชื้อแบคทีเรีย *Erwinia carotovora* พบว่าค่าการย่อยได้เพิ่มจาก 32.7% เป็น 47.7% ($P < 0.05$) Singh and Gupta (1979) ใส่เชื้อ *Lactobacillus planarum* ลงในส่วนผสมของฟางข้าวกับหญ้าแพรก โดยทำการหมักเป็นเวลา 35 วัน พบว่ามีปริมาณของกรดแลกติกเพิ่มจาก 1.6 เป็น 2.18% และกรดไขมันระเหยได้เพิ่มจาก 3.6 เป็น 6.54% ส่วนจุลินทรีย์อื่นๆ ที่น่าสนใจ ได้แก่ ยีสต์ ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งวิตามินให้กับจุลินทรีย์ได้ ยีสต์จัดเป็น fungi ที่อยู่ใน Class Ascomycetes สามารถเจริญได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน ยีสต์เป็นแหล่งโปรตีนและวิตามินที่ดี มีโปรตีนประมาณ 40% ของน้ำหนักแห้งของยีสต์ และมีปริมาณของกรดอะมิโนไลซีนสูง แต่ในการเสริมยีสต์ในอาหารสัตว์ก็มีการจำกัดเนื่องจากประมาณ 20% ของ crude protein nitrogen ในยีสต์มาจากส่วนของ nucleic acid ซึ่งถ้าให้ปริมาณมากเกินไปในอาหารสัตว์ อาจเกิดปัญหาการเพิ่มของระดับยูริกแอซิดในกระแสเลือด (Charline, 2000) ซึ่งส่งผลต่อสุขภาพของสัตว์

โดยสรุปจากการตรวจเอกสารจะเห็นได้ว่า สามารถใช้เชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ มาใช้ในการเพิ่มคุณค่าหรือคุณภาพให้กับอาหารหยาบเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีงานทดลองใดที่ได้มีการใช้ทางไบโपाส์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มคุณค่าโดยวิธีการทางชีวภาพ โดยเฉพาะการใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์มาทดลองเลี้ยงในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนั้น เพื่อศึกษาถึงวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการย่อยได้ และสมรรถภาพการผลิต การทดลองนี้จึงเป็นการทดลองแรกที่มีการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไบโपाส์มน้ำมัน และทางไบโपाส์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยการใช้อุณหภูมิของจุลินทรีย์ใน

การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยการศึกษาจะทำในรูปแบบของการใช้งานจริง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง และ นำเชื่อถือเพื่อให้เกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยสามารถนำผลการทดลองนี้ไปใช้ในการพัฒนา เป็นแหล่งอาหารหยาบ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างเป็นรูปธรรม และมีประสิทธิภาพ ต่อไปในอนาคต

อีกทั้งเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่การพัฒนาการใช้ประโยชน์ทางไบโपाส์น้ำมันที่ผ่านการ เพิ่มคุณค่าโดยวิธีการทางชีวภาพในอาหารผสมครบส่วน หรืออาหารผสมสำเร็จรูป (total mixed ration, TMR) สำหรับเลี้ยงโคเนื้อ โคนม กระบือ แพะ และแกะต่อไป โดยมีสมมุติฐานคือ การใช้การใช้จุลินทรีย์ในกลุ่ม white rot fungi สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนา และ การย่อยได้ของทางไบโपाส์น้ำมันสูงขึ้นเพื่อเพิ่มการใช้วัตถุดิบที่เป็นเศษเหลือทางการเกษตรเป็นอาหารสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้ร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ ในรูปแบบอาหารผสมครบส่วน (TMR) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของเนื้อ และนมสามารถปฏิบัติได้โดยใช้อาหารสัตว์ใน ท้องถิ่น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน โดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน (Effect of White Rot Fungal Treatment on Chemical Composition and Ruminal Degradability by *In Sacco* Method of Oil Palm Frond) โดยการศึกษาครั้งนี้มีกิจกรรมการวิจัย แบ่งออกเป็นหัวข้อย่อยๆ ดังนี้

โครงการย่อยที่ 1 การเจริญของเส้นใยเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน ทางใบปาล์มน้ำมัน และอาหารเลี้ยงเชื้อพื้นฐาน

อุปกรณ์และวิธีการ

1.1 เชื้อเห็ด

เชื้อเห็ดที่ใช้ทดลองได้รับจากศูนย์รวบรวมเชื้อเห็ด สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ จำนวน 6 ชนิด คือ 1. เห็ดนางรมฮังการี (*Pleurotus ostreatus*, PO) 2. เห็ดนางนวล (*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

เชื้อเห็ดทุกชนิดเลี้ยงไว้บนอาหารวุ้น PDA (potato dextrose agar) และเก็บรักษาไว้ที่ 5°C ก่อนการทดลอง ทำการย้ายเชื้อลงเลี้ยงบน PDA ในจานเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 5-7 วัน จึงย้ายเชื้อลงในขวดที่มีเมล็ดข้าวฟ่างหนึ่งฆ่าเชื้อแล้วเป็นเวลา 7-10 วัน หรือจนเชื้อเจริญเต็มขวดเมล็ดข้าวฟ่าง เชื้อดังกล่าวใช้เป็น inoculums ในการทดลอง

1.1.1. ทดสอบการเจริญของเห็ดบนอาหารวุ้น (PDA)

ทำการเปรียบเทียบอัตราการเจริญของเห็ดทั้ง 6 ชนิด (ตามรายละเอียดในข้อย่อยที่ 1.1) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำในจานเลี้ยงเชื้อที่บรรจุอาหารวุ้น PAD (มันฝรั่ง 200 กรัม + น้ำตาล dextrose 20 กรัม + วุ้น 12 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร) ปริมาตร 20 มล. ก่อนการทดลองได้ย้ายเชื้อลงเลี้ยงบนอาหารวุ้น PDA เป็นอาหาร 5 วัน จึงใช้ที่เจาะจุกคอ르크 ขนาด 5 มม. เจาะขอบโคโลนีของเชื้อเห็ดแต่ละชนิดเพื่อใช้เป็น inoculum สำหรับการทดลอง หลังจากการปลูกเชื้อแล้วบ่มเชื้อเห็ดที่อุณหภูมิห้อง (28-32 °C) แต่ละเห็ดทำ 4 plates (4 replication) วัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีของเห็ดเมื่อครบ 2 และ 4 วัน ตามลำดับ

1.1.2 ทดสอบการเจริญของเห็ดบนใบปาล์มน้ำมันสด และทางใบปาล์มน้ำมันสด

ทำการตัด และบดใบปาล์ม หรือทางปาล์มให้ละเอียดด้วยเครื่องตัด แล้วจึงนำมาอัดลงในจานเลี้ยงเชื้อให้แน่น ปิดฝาจานเลี้ยงเชื้อแล้วจึงนำจานเลี้ยงเชื้อใส่ลงในถุงพลาสติกทึบร้อนอุณหภูมิ 4 จาน นำไปหนึ่งใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 30 นาที ปลดปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น จึงปลูกเชื้อเห็ดแต่ละชนิดลงไป หลังการปลูกเชื้อแล้วบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28-32 °C) การทดลองครั้งนี้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยมีกลุ่มทดลองประกอบด้วยเชื้อรา 6 ชนิด (ตามรายละเอียดในข้อย่อยที่ 1.1) วัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีของเห็ดเมื่อครบ 2, 4 และ 6 วัน ตามลำดับ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความ

แปรปรวนแบบ 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 แพกตอเรียนให้กับหน่วยทดลองในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (6x2 factorial arrangement in CRD) ชนิดๆ (treatment) ละ 4 flask ทำการศึกษา 2 ปัจจัยคือ

ปัจจัยที่ 1 เชื้อรา 6 ชนิด (ตามรายละเอียดในข้อย่อที่ 1.1)

ปัจจัยที่ 2 อาหารเลี้ยงเชื้อ คือ ใบปาล์มสด และทางใบปาล์มน้ำมันสด

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

1.3 การประเมิน (measurement)

ทำการประเมินภายหลังการบ่มเชื้อที่

สัปดาห์แรก W_1 = First week of incubation

สัปดาห์ที่สอง W_2 = Second week of incubation

สัปดาห์ที่สาม W_3 = Third week of incubation

ในระหว่างทดลอง เมื่อสิ้นสุดการบ่มเชื้อในสัปดาห์สุดท้าย ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง แล้วนำไปอบผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าประกอบทางเคมี 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)

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (statistical analysis)

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)

โครงการย่อยที่ 2 ผลของการเจริญเส้นใยเห็ดบนไบโพาส์น้ำมัน (OPL) และทางไบโพาส์น้ำมัน (OPF) ร่วมกับยูเรีย

2.1 ผลของการเจริญเส้นใยเห็ดบนไบโพาส์น้ำมัน (OPL) ร่วมกับยูเรีย

อุปกรณ์และวิธีการ

2.1.1 เชื้อเห็ด (ตามรายละเอียดในข้อย่อยที่ 1.1)

2.1.2 ทดสอบการเจริญของเส้นใยเห็ดบนไบโพาส์น้ำมัน

ในการทดลองครั้งนี้ ทำการจัดทรีทเมนต์แบบ 6x3 แพกตอเรียนให้กับหน่วยทดลองในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (6x3 factorial arrangement in CRD) ชนิดๆ (treatment) ละ 4 flask ทำการศึกษา 2 ปัจจัยคือ

ปัจจัยที่ 1 เชื้อรา 6 ชนิด (ตามรายละเอียดในข้อย่อยที่ 1.1)

ปัจจัยที่ 2 ระดับยูเรีย 0, 0.5 และ 1%

ทดสอบใน flask ขนาด 500 ml เติมน้ำผสมระดับยูเรียระดับต่าง (0, 0.5 และ 1%) ในไบโพาส์มบด และปรับให้มีความชื้นประมาณ 60% จึงใส่ลงใน flask ประมาณครึ่งหนึ่งของ flask นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 30 นาที เมื่อเย็นจึงใส่เชื้อเห็ดแต่ละชนิดที่เลี้ยงไว้บนเมล็ดข้าวฟ่างลงไปในอัตรา 5 กรัมต่อ flask แล้วเขย่าให้เข้ากัน ทำการประเมินการเจริญของเชื้อหลังการบ่มเชื้อ 1-3 สัปดาห์

2.1.3 การประเมิน (measurement)

ทำการประเมินภายหลังการบ่มเชื้อที่

สัปดาห์แรก W_1 = First week of incubation

สัปดาห์ที่สอง W_2 = Second week of incubation

สัปดาห์ที่สาม W_3 = Third week of incubation

ในระหว่างทดลอง เมื่อสิ้นสุดการบ่มเชื้อในสัปดาห์สุดท้าย ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมี 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)

2.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (statistical analysis)

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 6x3 Factorial arrangement in Completely Randomized Design โดยใช้ Proc GLM และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

2.2 ผลของการเจริญเส้นใยเห็ดบนทางไบโพาส์น้ำมัน (OPF) ร่วมกับยูเรีย

อุปกรณ์และวิธีการ

2.2.1 เชื้อเห็ด (ตามรายละเอียดในข้อย่อยที่ 1.1)

2.2.2 ทดสอบการเจริญของเส้นใยเห็ดบนทางไบโพาส์น้ำมัน

ในการทดลองครั้งนี้ ทำการจัดทรีทเมนต์แบบ 6x3 แพกต่อเรียนให้กับหน่วยทดลองในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (6x3 factorial arrangement in CRD) ชนิดๆ (treatment) ละ 4 flask ทำการศึกษา 2 ปัจจัยคือ

ปัจจัยที่ 1 เชื้อรา 6 ชนิด (ตามรายละเอียดในข้อย่อที่ 1.1)

ปัจจัยที่ 2 ระดับยูเรีย 0, 0.5 และ 1%

ทดสอบใน flask ขนาด 500 ml เติมน้ำผสมระดับยูเรียระดับต่าง (0, 0.5 และ 1%) ในทางใบปาล์มบด และปรับให้มีความชื้นประมาณ 60% จึงใส่ลงใน flask ประมาณครึ่งหนึ่งของ flask นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 30 นาที เมื่อเย็นจึงใส่เชื้อเห็ดแต่ละชนิดที่เลี้ยงไว้บนเมล็ดข้าวฟ่างลงไปในอัตรา 5 กรัมต่อ flask แล้วเขย่าให้เข้ากัน ทำการประเมินการเจริญของเชื้อหลังการบ่มเชื้อ 1-3 สัปดาห์

2.2.3 การประเมิน (measurement)

ทำการประเมินภายหลังการบ่มเชื้อที่

สัปดาห์แรก W_1 = First week of incubation

สัปดาห์ที่สอง W_2 = Second week of incubation

สัปดาห์ที่สาม W_3 = Third week of incubation

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)

2.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (statistical analysis)

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 6x3 Factorial arrangement in Completely Randomized Design โดยใช้ Proc GLM และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

โครงการย่อยที่ 3 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาและการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์มน้ำมัน (OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ที่ผ่านการเพิ่มโภชนาโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์

3.1 วิธีการวิจัย

3.1.1 สัตว์ทดลองและการเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้โคเนื้อลูกผสมพื้นเมือง-ชาร์โรเลส์เพศผู้เจาะกระเพาะรูเมน 3 ตัว (น้ำหนักเฉลี่ย 326±5 กก.) เลี้ยงแบบผูกยืนโรงในช่องขังเดี่ยว มีรางอาหาร และถ้วยน้ำดื่มอัตโนมัติอยู่ด้านหน้า โคทุกตัวได้รับการผ่าตัดฝังท่อที่มีฝาปิดเปิดบริเวณกระเพาะหมัก (rumen cannulated beef cattle) เพื่อวัดความสามารถในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และอินทรีย์วัตถุ ใน *in situ* ของของทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มโภชนาโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์ โดยใช้ nylon-bag technique (Ørskov and McDonald, 1979) ก่อนที่จะศึกษา โคจะได้รับหญ้าแห้งแบบเต็มที่ (*ab libitum*) และให้อาหารข้นเสริมที่มีโปรตีนหยาบ 14.0% ในระดับ 0.5% ของ

น้ำหนักตัว แบ่งให้ 2 ครั้ง เช้า 8.00 น. และ 16.00 น. โดยปรับสัตว์เป็นเวลา 15 วัน และได้รับน้ำและแร่ธาตุ (trace mineralized salt) อย่างอิสระ

3.2 การเตรียมอาหารทดลอง

วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ใบปาล์ม (OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ที่ผ่านการเพิ่มโภชนาการโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์ (จากการทดลองย่อยที่ 1 และ 2) สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารโดยเก็บเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งนำมาชั่งน้ำหนักและอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักหลังอบเพื่อนำมาหาค่าเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง (% DM) ในสภาพสด และส่วนที่ 2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. เพื่อหาการย่อยได้โดยวิธี *in sacco* (หรือ *in situ* หรือ nylon bag technique) ตามวิธีของ Ørskov and McDonald (1979) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) และวิเคราะห์ผนังเซลล์ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

3.3 การเตรียมถุงไนลอน

เตรียมถุงไนลอนโดยใช้ถุงขนาด 7x15 ซม. ที่มีรู (pore size) ขนาด 40–60 μm (Ørskov and McDonald, 1979) ก่อนทำการทดลองต้องนำถุงมาอบที่ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 48 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำหนักคงที่ จากนั้นนำมาใส่ในโถดูดความชื้น รอให้เย็น แล้วนำมาชั่ง จดบันทึกน้ำหนักของถุงแต่ละใบตามหมายเลขที่กำกับไว้

3.4 วิธีทำการทดลอง

1. นำตัวอย่างใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มโภชนาการโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์มาบดผ่านตะแกรง 2 มม.
2. เตรียมถุงไนลอนที่มีขนาด 7x15 ซม. มีขนาดรู 40–60 μm
3. ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม (air dry basis) ใส่ในถุงไนลอนที่ชั่งน้ำหนักแล้ว นำไปย่อยในกระเพาะรูเมนของโคที่เจาะกระเพาะไว้แล้วให้มีระยะเวลาในการแช่อยู่นานต่างๆ กัน คือ 4, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง คำนวณเวลาที่เริ่มบ่มแช่เพื่อให้สามารถนำถุงออกมาในเวลาเดียวกันโดยซ้ำที่ 1, 2 และ 3 ของแต่ละทรีทเมนต์จะถูกบ่มแช่ในโคตัวที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ นำถุงตัวอย่างแต่ละทรีทเมนต์ที่จะนำลงบ่มแช่ในเวลาเดียวกัน มามัดติดกับสายพลาสติกยาวประมาณ 30 ซม. และมีเชือกยาวประมาณ 60 ซม. เพื่อเป็นห่วงยึดกับฝาปิด cannula ตำแหน่งที่เหมาะสมของการใส่ถุงไนลอนในกระเพาะรูเมนคือ ลึกประมาณ 50 ซม. จากฝา cannula โดยให้อยู่ในส่วนล่างของรูเมน (ventral sac of the rumen) เพราะเป็นตำแหน่งที่ถุงสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ทั้งในส่วนที่เป็น ของแข็ง (solid phase) และของเหลว (liquid phase) เมื่อครบกำหนดแล้วดึงถุงทั้งหมดออกจากกระเพาะรูเมนพร้อมกัน ส่วนค่า washing loss ทำโดยนำตัวอย่างไปแช่ในอ่างน้ำอุ่น (water bath) ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยไม่ต้องแช่ในกระเพาะรูเมน ทำในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับการนำถุงทั้งหมดออกจากกระเพาะรูเมน เพื่อจะได้นำไปเข้าเครื่องชั่งผ้าพร้อมกัน ค่าของตัวอย่างที่สูญหายไปจากถุงชุดนี้ถือเป็นส่วนที่ละลายได้ทันที

ถุงตัวอย่างที่นำออกจากกระเพาะรูเมนจะถูกนำไปใส่ในกระตักน้ำแข็งทันที เพื่อลดอุณหภูมิป้องกันกระบวนการหมักที่จะเกิดขึ้นนอกกระเพาะรูเมน จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อเอาเศษอาหารชิ้นใหญ่ๆ ออก แล้วจึงนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งผ้าพร้อมทั้งถุงตัวอย่างที่หาค่าส่วนที่ละลายได้ทันทีประมาณ 15 นาที หลังจากนั้น

นำไปอบที่ 60°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนแห้งสนิทแล้วจึงชั่งน้ำหนักที่เหลือ แล้วนำเศษอาหารที่เหลือในถุงไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนและผนังเซลล์ ตามวิธีการของ AOAC (1990); (Van Soest et al., 1991) และนำมาคำนวณค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและโภชนะ (อินทรีย์วัตถุ ผนังเซลล์และโปรตีน ตามลำดับ) ตามสมการของเมธา (2533) ดังนี้

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

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

จากนั้นนำค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและโปรตีนที่คำนวณได้ตามระยะเวลาที่แช่บ่มในกระเพาะหมัก นำข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ (effective degradability) ที่ out flow rate 0.08 ตามสมการเอ็กซ์โปเนนเชียล $P = a + b(1 - e^{-ct})$ ตามวิธีของ Ørskov and McDonald (1979) อ้างโดยเมธา (2533) ส่วนค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ (washing loss rate) และค่าคงที่ของอัตราการย่อยสลาย (degradability rate constant) ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุและโปรตีนหายาบโดยใช้ IFRU fitcurve procedure ตามวิธีของ Chen (1996)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (statistical analysis)

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติแบบ Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีหมักที่ทำให้ทางใบปาล์มน้ำมันมีค่าการย่อยสลายจากการวัดโดยวิธี *in sacco* สูงที่สุดเพื่อประกอบการพิจารณาในการใช้ใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มโภชนะโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์ โดยทดสอบปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมดุลไนโตรเจนในการทดลองที่ 3 ต่อไป

7. สถานที่ทำการทดลอง และเก็บข้อมูล

1. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ. สงขลา 90110
2. ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ. สงขลา 90110
3. โรงเรือนเลี้ยงแพะ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ. สงขลา 90110
4. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110
5. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จ. สกลนคร 47160

8. ระยะเวลาทำการวิจัย

ใช้เวลาดทดลอง 2 ปี ตั้งแต่เดือน มีนาคม พ.ศ. 2556 – เดือนกันยายน พ.ศ. 2558

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะหมักโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” มกราคม พ.ศ. 2559

บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์

การทดลอง ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะ
รูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน

มีผลการวิจัยแบ่งออกเป็นหัวข้อการทดลองย่อยๆ ดังนี้

4.1 การเจริญของเส้นใยเห็ดบนอาหารเลี้ยงเชื้อพีดีเอ (potato dextrose agar, PDA) ใบปาล์ม
น้ำมัน (oil palm leaflet, OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF)

ในการนำเอาจุลินทรีย์ต่างๆ มาใช้ในการเพิ่มคุณค่า หรือคุณภาพให้กับอาหารหยาบเพื่อเป็นอาหาร
สัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะในใบปาล์มน้ำมัน (oil palm leaflet, OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond,
OPF) นั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึง นอกจากกลุ่มของจุลินทรีย์ที่จะนำมาคัดเลือกให้เหมาะสมเพื่อให้สามารถย่อย
สลายลิกนินได้สูง และมีการสูญเสียคาร์โบไฮเดรตน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สิ่งสำคัญ คือต้องคง หรือรักษา
โภชนะในอาหารสัตว์ไว้ให้ได้มากที่สุด และที่สำคัญจุลินทรีย์จะต้องไม่เป็นพิษต่อคน หรือสัตว์ และ
สภาพแวดล้อม อีกทั้งสามารถนำมาประยุกต์ใช้โดยมีกระบวนการที่ง่ายไม่ยุ่งยาก และต้นทุนต่ำ โดยกลุ่ม
จุลินทรีย์ที่นิยมใช้คือ กลุ่มเห็ดกินได้ (edible mushrooms) ซึ่งยังสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนให้กับอาหารหยาบ
มากขึ้นอีกด้วย

เชื้อเห็ดที่ใช้ทดลองครั้งนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์รวบรวมเชื้อเห็ด สำนักวิจัยพัฒนา
เทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ จำนวน 6 ชนิด (Table 4.1) ประกอบด้วย 1. เห็ดนางรม
ฮังการี (*Pleurotus ostreatus*, PO) 2. เห็ดนางรมวอล (*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 ซึ่งทั้งหมดเป็นเชื้อเห็ดชนิดที่กินได้

Table 4.1 Number, code, common name and scientific name of six species of white rot fungi (edible mushrooms)

No.	Code	Common name (in Thai)	Scientific name
1	PO	เห็ดนางรมฮังการี (oyster mushroom)	<i>Pleurotus ostreatus</i>
2	PD	เห็ดนางรมวอล (pink oyster mushroom)	<i>Pleurotus djamor</i>
3	LS	เห็ดขอนขาว	<i>Lentinus squarrosulus</i>
4	SC	เห็ดแครง (split gills)	<i>Schizophyllum commune</i>
5	LP	เห็ดกระด้าง	<i>Lentinus polychrous</i>
6	LSc	เห็ดตีนปลอก	<i>Lentinus sajor-caju</i>

เห็ดเป็นจุลินทรีย์กลุ่ม white rot fungi มีความสามารถในการย่อยสลายลิกนินได้สูง เอ็นไซม์ที่ใช้ใน
การย่อยลิกนินประกอบด้วย laccase, manganese peroxidase และ lignin peroxidase ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละชนิด
จะผลิตเอ็นไซม์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โครงสร้างของเอ็นไซม์ประกอบด้วยส่วน iron porphyrin complex
หรือฮีม (heme) เกิดปฏิกิริยาโดย hydrogen peroxide กระตุ้นปฏิกิริยาออกซิเดชันดึงเอาอิเลคตรอนออกจาก

phenolic ring ของลิกนิน ทำให้โพลีเมอร์ของลิกนินแตกตัว ที่ pH เหมาะสม (ยิ่งลักษณ์, 2543; Hadder et al., 1993)

4.1.1 การเจริญของเส้นใยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

4.1.1.1 อาหารวุ้นพีดีเอ (potato dextrose agar, PDA) จากการทดลองเลี้ยงเส้นใยเห็ดทั้ง 6 ชนิดบนอาหารวุ้น (PDA) เป็นเวลา 2 และ 4 วัน พบว่า เชื้อเห็ดตีนปลอก (LSc) เจริญได้ดีสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) (Table 4.1.1) และวัดขนาดความกว้างของโคโลนีเฉลี่ย 85.5 mm มีลักษณะเป็นฝ้าสีขาวทึบ และมีความหนาแน่นเมื่อเปรียบเทียบกับเห็ดชนิดอื่น (Figure 4.1.1) ขณะที่ การเจริญของเห็ดนางนวล (PD) และเห็ดขอนขาว (LS) ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่ต่ำกว่าเห็ดกระด้าง (LP) และเห็ดแครง (SC) มีการเจริญต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ (46.3 mm) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$)

Table 4.1.1 The mycelial growth (mm) of six species of white rot fungi on PDA after 2 and 4 days

Species	Colony diameter (mm) ¹	
	2 days	4 days
<i>Pleurotus ostreatus</i> (PO)	24.5 ^{bc}	61.5 ^d
<i>Pleurotus djamor</i> (PD)	28.3 ^b	69.3 ^c
<i>Lentinus squarrosulus</i> (LS)	27.3 ^{bc}	65.5 ^c
<i>Schizophyllum commune</i> (SC)	23.3 ^c	46.3 ^e
<i>Lentinus polychrous</i> (LP)	34.5 ^a	73.8 ^b
<i>Lentinus sajor-caju</i> (LSc)	37.0 ^a	85.5 ^a
SEM ²	1.32	1.32
P-value	<0.001	<0.001

^{a-e} 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 ($n = 4$).

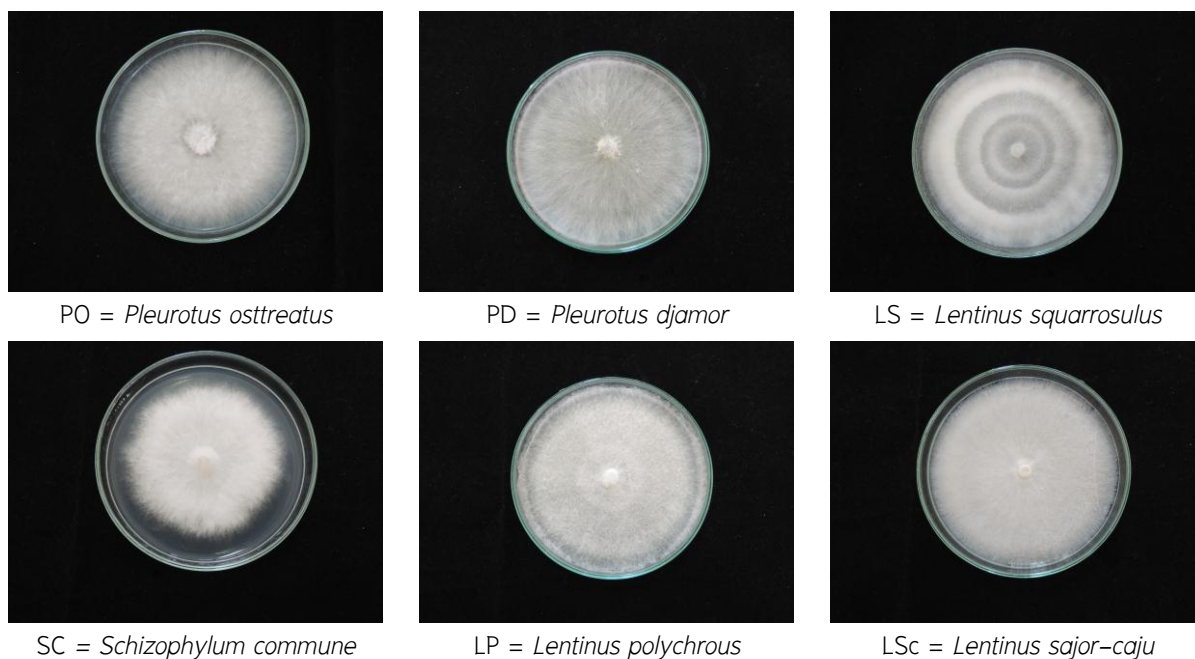


Figure 4.1.1 Colonies of six species of white rot fungi on potato dextrose agar (PDA) after 4 days

4.1.1.2 ใบปาล์มน้ำมัน (oil palm leaflet, OPL) จากการทดลองเลี้ยงเส้นใยเห็ดทั้ง 6 ชนิด บนอาหารใบปาล์ม (OPL) เป็นเวลา 2, 4 และ 6 วัน พบว่าเมื่อเลี้ยงเชื้อได้ 6 วัน เห็ดตีนปลอก (LSc) เห็ดขนขาว (LS) และเห็ดแครง (SC) มีการเจริญได้ดีไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.001$) (Table 4.1.2) วัดขนาดความกว้างของโคโลนีมีค่าอยู่ในช่วง 78.8–82.0 mm (Figure 4.1.2) ขณะที่ การเจริญของเห็ดนางนวล (PD) มีค่าต่ำกว่า (32.3 mm) กลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.001$) ดังนั้น ในเชื้อเห็ดทั้ง 6 ชนิด มีเห็ด 3 ชนิด คือ LSc, LS และ SC ที่มีความเหมาะสม และสามารถเจริญได้ดี ($P < 0.001$) บน OPL มากกว่าเชื้อเห็ดชนิดอื่น ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการคัดเลือกเห็ดเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของ OPL หรือแหล่งอาหารหยาบอื่นๆ ต่อไป

4.1.1.3 ทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF) จากการทดลองเลี้ยงเส้นใยเห็ดทั้ง 6 ชนิด บนอาหารทางใบปาล์ม (OPF) เป็นเวลา 2, 4 และ 6 วัน พบว่า เมื่อเลี้ยงเชื้อได้ 6 วัน เห็ดตีนปลอก (LSc) และเห็ดแครง (SC) มีการเจริญได้ดีไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.001$) (Table 4.1.3)

วัดขนาดความกว้างของโคโลนีมีค่าอยู่ในช่วง 82.3–88.8 mm (Figure 4.1.3) รองลงมาคือ เห็ดขนขาว (LS) และเห็ดกระด้าง (LP) ขณะที่ การเจริญของเห็ดนางรม (PO) และเห็ดนางนวล (PD) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ (43.5 และ 43.5 mm ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.001$) ดังนั้น ในเชื้อเห็ดทั้ง 6 ชนิด มีเห็ด 2 ชนิด คือ LSc และ SC ที่มีความเหมาะสม และสามารถเจริญได้ดี ($P < 0.001$) บน OPF มากกว่าเชื้อเห็ดชนิดอื่น ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการคัดเลือกเห็ดเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของ OPF หรือแหล่งอาหารหยาบอื่นๆ ต่อไป

Table 4.1.2 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).

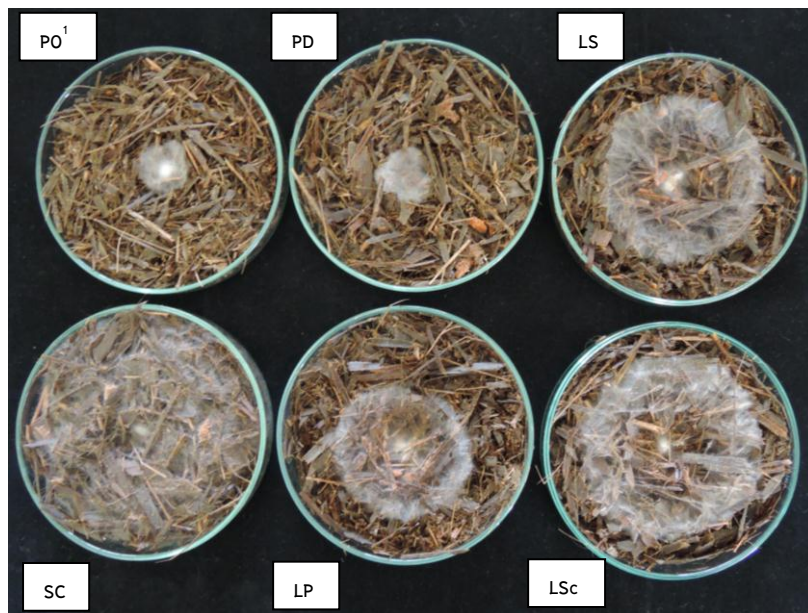


Figure 4.1.2 Colonies of six species of white rot fungi on oil palm leaflet meal after 6 days

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

Table 4.1.3 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).

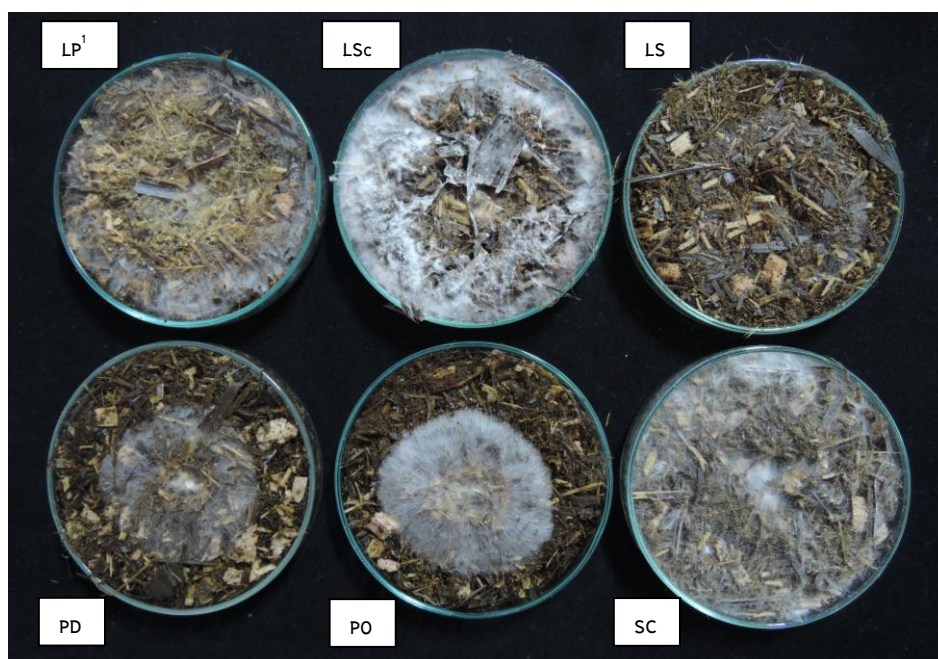


Figure 4.1.3 Colonies of six species of white rot fungi on oil palm frond meal after 6 days

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

4.1.2 การเจริญของเส้นใยเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมัน

จากการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ด และอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์มน้ำมันที่มีเชื้อเห็ด จำนวน 6 ชนิด คือ 1. เห็ดนางรมฮังการี (*Pleurotus ostreatus*, PO) 2. เห็ดนางนวล (*Pleurotus djamor*, PD) 3. เห็ดชอนขาว (*Lentinus squarrosulus*, LS) 4. เห็ดแครง (*Schizophyllum commune*, SC) 5. เห็ดกระด้าง (*Lentinus polychrous*, LP) และ 6. เห็ดตีนปลอก (*Lentinus sajor-caju*, LSc) ตามลำดับ และอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์มน้ำมัน 2 ชนิด คือ ใบปาล์มน้ำมัน (oil palm leaflet, OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF) ตามลำดับ ต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ด

ผลการทดลอง พบว่ามีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด และอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์มน้ำมัน (Table 4.1.4) โดยเชื้อเห็ด LSc และ SC มีการพัฒนาของเชื้อใน OPF สูงกว่าใน OPL ($P < 0.01$) และสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเห็ดกลุ่มอื่นๆ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเส้นใยพบว่า เชื้อเห็ด LSc มีค่าอยู่ในระดับสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และเชื้อที่ให้ค่าความหนาแน่นของเส้นใยรองลงมาคือ เชื้อ SC, PO, PD และ LS ตามลำดับ ขณะที่ เชื้อ LP มีความหนาแน่นของเส้นใยบางที่สุด จึงจัดว่าเชื้อ LP (เห็ดกระด้าง) เจริญได้น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P < 0.01$) (Figure 4.1.4–4.1.7) ดังนั้น ในเชื้อเห็ดทั้ง 6 ชนิด มีเห็ด 2 ชนิด คือ LSc และ SC ที่มีความเหมาะสม และสามารถเจริญได้ดี ($P < 0.001$) บน OPL และ OPF มากกว่าเชื้อเห็ดชนิดอื่น ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

Table 4.1.4 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 ^g	6.1 ^d	4.1 ^g	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 ^F			<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).

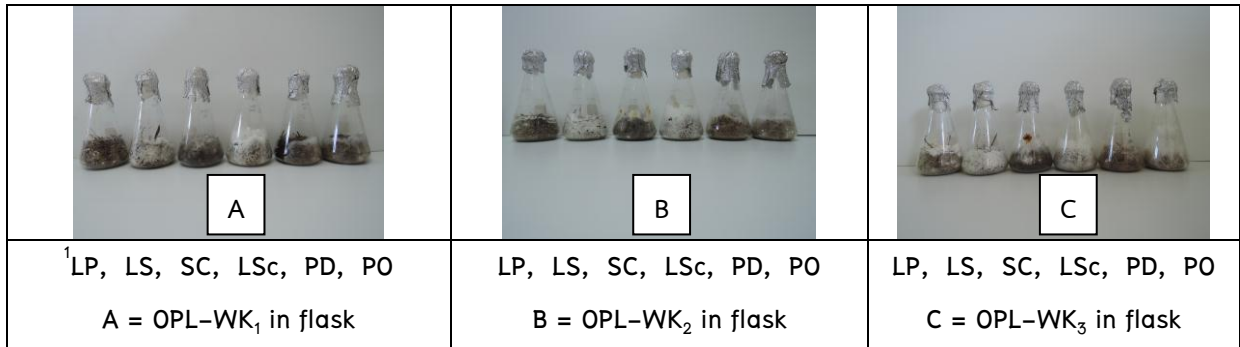


Figure 4.1.4 Growth of six white rot fungi in flask containing oil palm leaflet meal as substrate after **A)** 1 week (WK₁), **B)** 2 weeks (WK₂) and **C)** 3 weeks (WK₃), respectively

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

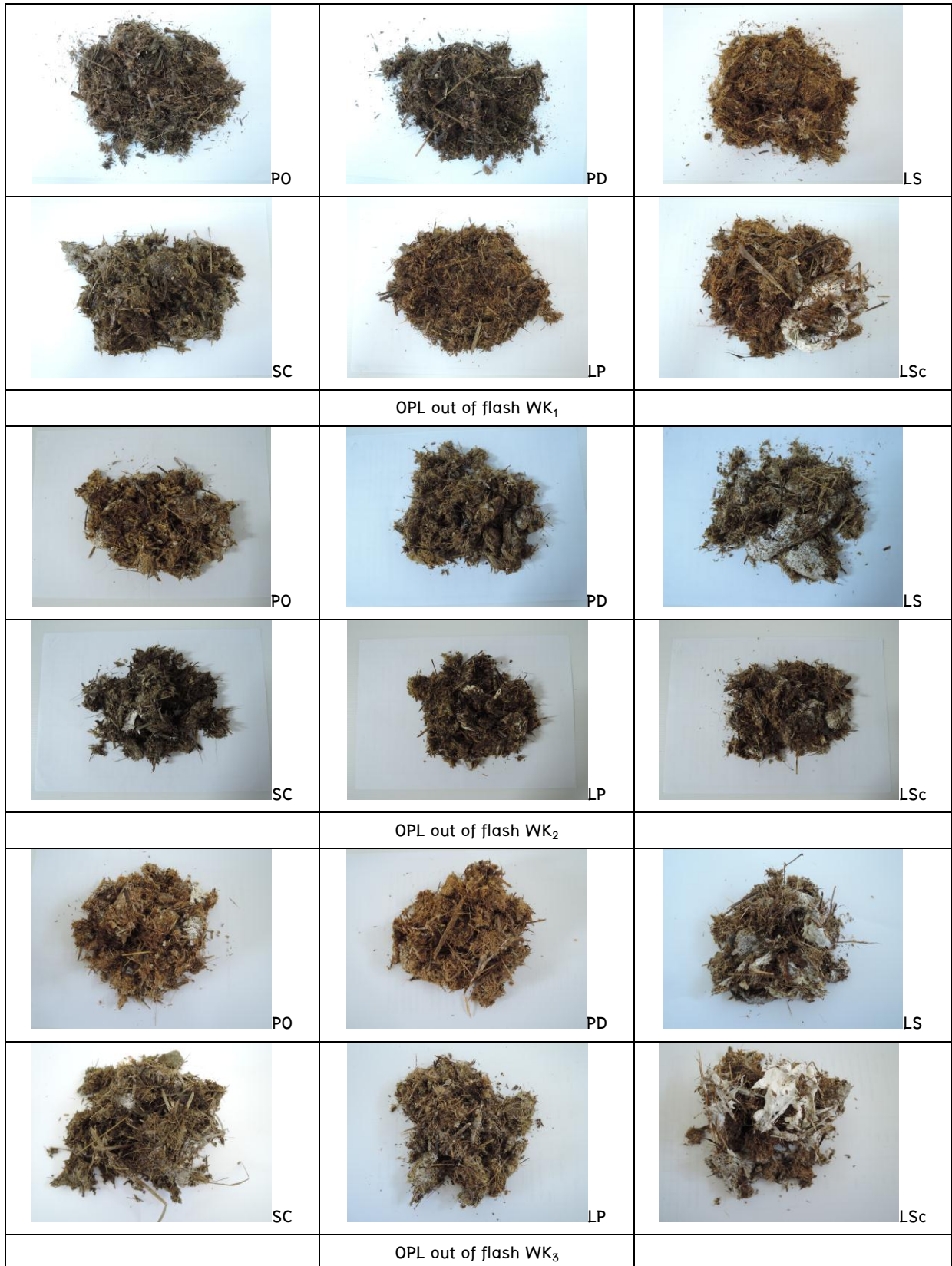


Figure 4.1.5 Characteristics of oil palm leaflet meal after colonizing by white rot fungi for 1–3 weeks (WK₁, WK₂ and WK₃), respectively

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

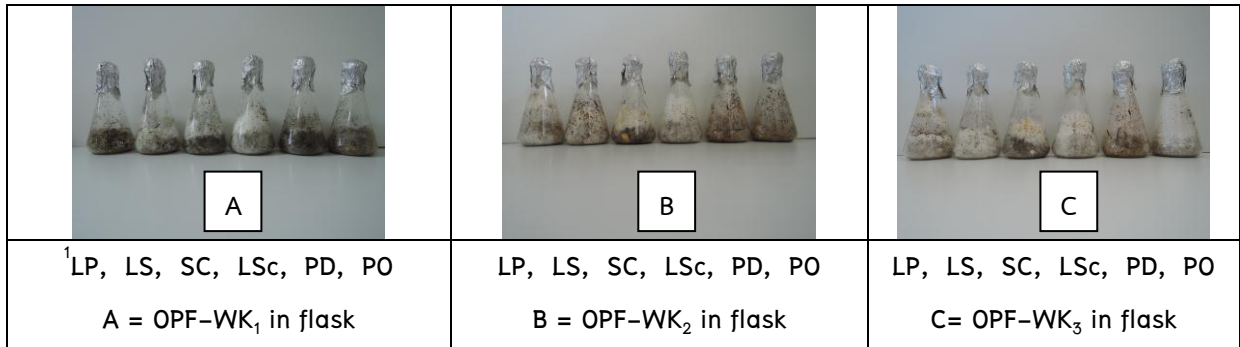


Figure 4.1.6 Growth of six white rot fungi in flask containing oil palm frond meal as substrate after A) 1 week (WK₁), B) 2 weeks (WK₂) and 3 weeks (WK₃), respectively

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

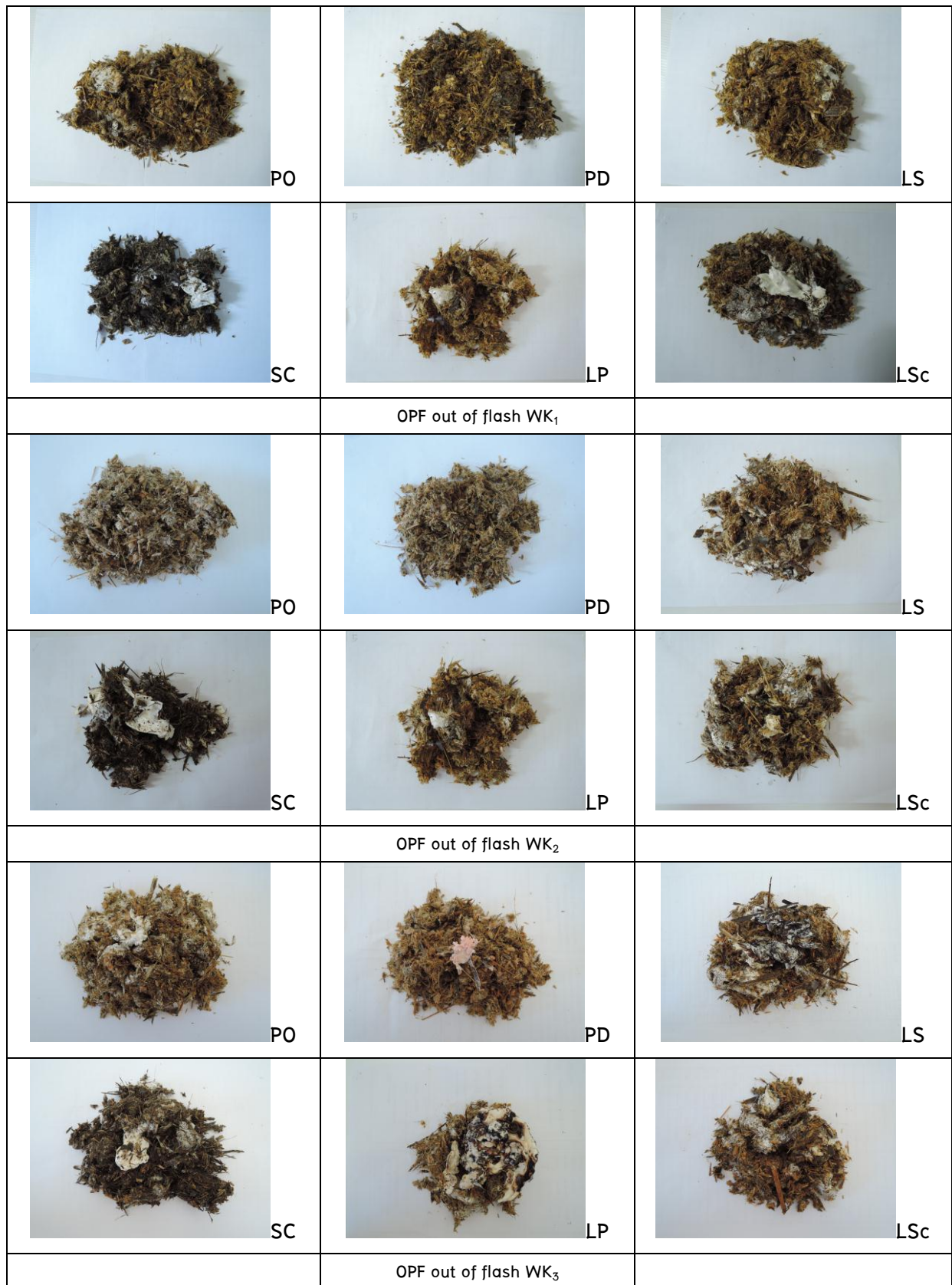


Figure 4.1.7 Characteristics of oil palm frond meal after colonizing by white rot fungi for 1–3 weeks (WK₁, WK₂ and WK₃), respectively

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

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” มกราคม พ.ศ. 2559

4.1.3 ผลของชนิดเส้นใยเห็ดที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของใบปาล์มน้ำมัน (OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF)

OPL และ OPF ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็น OPL และ OPF ที่นำมาจากต้นปาล์มน้ำมันในแปลงทดลองของภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110 จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ OPL และ OPF (Table 4.1.5) พบว่าค่าวัตถุแห้ง (DM) โปรตีนรวม (CP) ผนังเซลล์ (NDF) และลิกโนเซลลูโลส (ADF) ไม่มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด (F) และอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์มน้ำมัน (O: OPL และ OPF) แต่มีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$) ของอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์มน้ำมัน (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 4.1.5 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	
	Average	62.44	61.50	63.67	63.95	65.03	64.01			OxF	
CP	OPL ²	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	
	Average	7.07 ^{BC}	6.97 ^C	7.06 ^{BC}	7.50 ^{AB}	7.35 ^{ABC}	7.66 ^A			OxF	
NDF	OPL ²	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	
	Average	75.67 ^B	76.62 ^{AB}	77.06 ^{AB}	73.52 ^C	77.83 ^A	73.25 ^C			OxF	
ADF	OPL ²	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	
	Average	63.37 ^{ABC}	64.06 ^{ABC}	65.47 ^{AB}	61.01 ^{BC}	66.79 ^A	60.26 ^C			OxF	

^{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).

จาก Table 4.1.5 เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มเชื้อรา พบว่าเชื้อ LP, LS และ PD มีค่า NDF และ ADF ไม่แตกต่างกัน แต่มีค่าสูงกว่าเชื้อ SC และ LSc แสดงว่ามีความสามารถในการสลาย NDF และ ADF ต่ำเมื่อ

เปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ ซึ่งการลดลงของ NDF และ ADF อาจจะเนื่องมาจากเชื้อราสามารถละลายผนังเซลล์ (cell wall) เพื่อใช้เป็นแหล่งของคาร์บอน ดังนั้น จึงเปลี่ยนสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (soluble carbohydrate) และละลายน้ำไม่ได้ (insoluble carbohydrate) ใน OPL ได้ สอดคล้องกับรายงานของ Singh (1990); Fazaeli et al. (2004) อย่างไรก็ตาม การย่อยสลายของ NDF และ ADF ของเชื้อรามีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของเชื้อรา (Jalc et al., 1996; Zadrazil et al., 1996) มากกว่านั้น มีรายงานการลดลงของ ADL ในฟางข้าวสาลีที่ทรีทด้วยเชื้อรา *P. pulmonarius* และ *P. sajor-caju* (Moysen and Verachtert, 1991)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของ CP พบว่าเชื้อ LSc, SC และ LP มีค่า CP ไม่แตกต่างกัน แต่มีค่าสูงกว่าเชื้อ PD ซึ่งโดยทั่วไป CP มีค่าเพิ่มขึ้นภายหลังการหมัก โดยเฉพาะปริมาณ CP ใน mycelium มีรายงานพบว่ามีปริมาณสูง (Ragunathan et al., 1996) ดังนั้นเป็นที่คาดหวังว่า OPL ที่ทรีทด้วยเชื้อราที่มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ดังนั้น จากการศึกษาเปรียบเทียบในเชื้อเห็ดทั้ง 6 ชนิด พบว่าเชื้อ LSc, SC และ LP มีค่า CP สูงกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งสัมพันธ์กับความหนาแน่น และอัตราการเจริญเติบโตเชื้อ สอดคล้องกับการศึกษาของ Fazaeli et al. (2004) ที่รายงานว่า ฟางข้าวสาลีที่ทรีทด้วยเชื้อราสามารถเพิ่ม CP เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

มีเห็ด 2 ชนิด คือ LSc และ SC ที่มีความเหมาะสม และสามารถเจริญได้ดี ($P < 0.001$) บน OPL และ OPF มากกว่าเชื้อเห็ดชนิดอื่น เพราะมีค่า NDF และ ADF น้อยกว่าแต่มีค่า CP สูงกว่า ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป โดยเฉพาะค่า NDF และ ADF ที่สูงมีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในอาหารของสัตว์ (Hart and Wanapat, 1992) ขณะที่ ปริมาณ และคุณภาพของโปรตีนที่สูงมีผลต่อปริมาณการกินได้ และการนำไปใช้ประโยชน์ของสัตว์ และอาจกระทบต่อโภชนะที่ได้รับด้วย หากปริมาณการกินได้ต่ำก็จะส่งผลให้โภชนะที่ได้รับต่ำไปด้วย (Oldham, 1984)

จากการศึกษาดังนี้ OPL และ OPF มี CP อยู่ในช่วง 8.35–9.27 และ 5.49–6.06% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า OPL เป็นแหล่งอาหารหยาบที่มีศักยภาพสูงสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพราะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าระดับความต้องการเพื่อการดำรงชีพ (6.25%) ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Playne, 1972) สอดคล้องกับรายงานของ Oshio et al. (1990) ที่รายงานว่า OPL มีโปรตีน และไขมันสูงกว่า OPF ดังนั้น ในอนาคตเฉพาะใบย่อยปาล์มน้ำมันน่าจะเป็นแหล่งอาหารหยาบที่มีศักยภาพสูงสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดี ขณะที่ CP ของ OPL มีค่าสูงกว่ารายงานของ Ishida and Abu Hassan (1997) และ Alimon and Hair Bejo (1995) ที่รายงานว่า ทางปาล์มน้ำมันสด (fresh oil palm frond, FOPF) มี CP 4.2–4.7% ขณะที่ Abu Hassan et al. (1995); Abu Hassan et al. (2006) รายงานว่า องค์ประกอบทางโภชนะของ FOPF นั้นประกอบด้วยโปรตีน 2–6% ผนังเซลล์ 78.7% ลิกโนเซลลูโลส 55.6% เถ้า 3.2% คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่าย 20% และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 5.66 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

4.2. ผลของการเจริญเส้นใยเชื้อเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับยูเรีย

4.2.1 ผลของการเจริญเส้นใยเชื้อเห็ดบนใบปาล์มน้ำมันร่วมกับยูเรีย

4.2.1.1 การเจริญเส้นใยเชื้อเห็ด

จากการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ด และอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์มน้ำมัน ร่วมกับยูเรียที่มีเชื้อเห็ด จำนวน 6 ชนิด คือ 1. เห็ดนางรมฮังการี (*Pleurotus ostreatus*, PO) 2. เห็ดนางนวล (*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 และใบปาล์มน้ำมัน (oil palm leaflet, OPL) ที่มีระดับยูเรีย 0, 0.5 และ 1% ตามลำดับ ต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ด

ผลการทดลอง พบว่ามีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด และอาหารเลี้ยงเชื้อ (OPL) ที่มีระดับยูเรียต่างกัน โดยเชื้อเห็ด LSc และ SC มีการพัฒนาของเชื้อทั้งใน OPL สูงกว่า ($P < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเห็ดกลุ่มอื่นๆ ตามลำดับ (Table 4.2.1) อาจเนื่องมาจากเชื้อรากรุ่นนี้สามารถละลายผนังเซลล์ (cell wall) เพื่อใช้เป็นแหล่งของคาร์บอนในการเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้น จึงเปลี่ยนสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (soluble carbohydrate) และละลายน้ำไม่ได้ (insoluble carbohydrate) ใน OPL ได้ สอดคล้องกับรายงานของ Singh (1990); Fazaeli et al. (2004)

Table 4.2.1 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

เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเส้นใยพบว่า เชื้อเห็ด LSc มีค่าอยู่ในระดับสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และเชื้อที่ให้ ความหนาแน่นของเส้นใยรองลงมาคือ เชื้อ SC, PO, PD และ LS ตามลำดับ ขณะที่ เชื้อ PD และ LP มีความหนาแน่นของเส้นใยบางที่สุด จึงจัดว่าเชื้อ PD (เห็ดนางนวล) เจริญได้น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยเฉพาะใน OPL น้อยกว่าใน OPF) ขณะที่ LP (เห็ดกระด้าง) เจริญได้น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ ทั้งใน OPL และ OPF ตามลำดับ (Figure 4.2.1 และ 4.2.2)

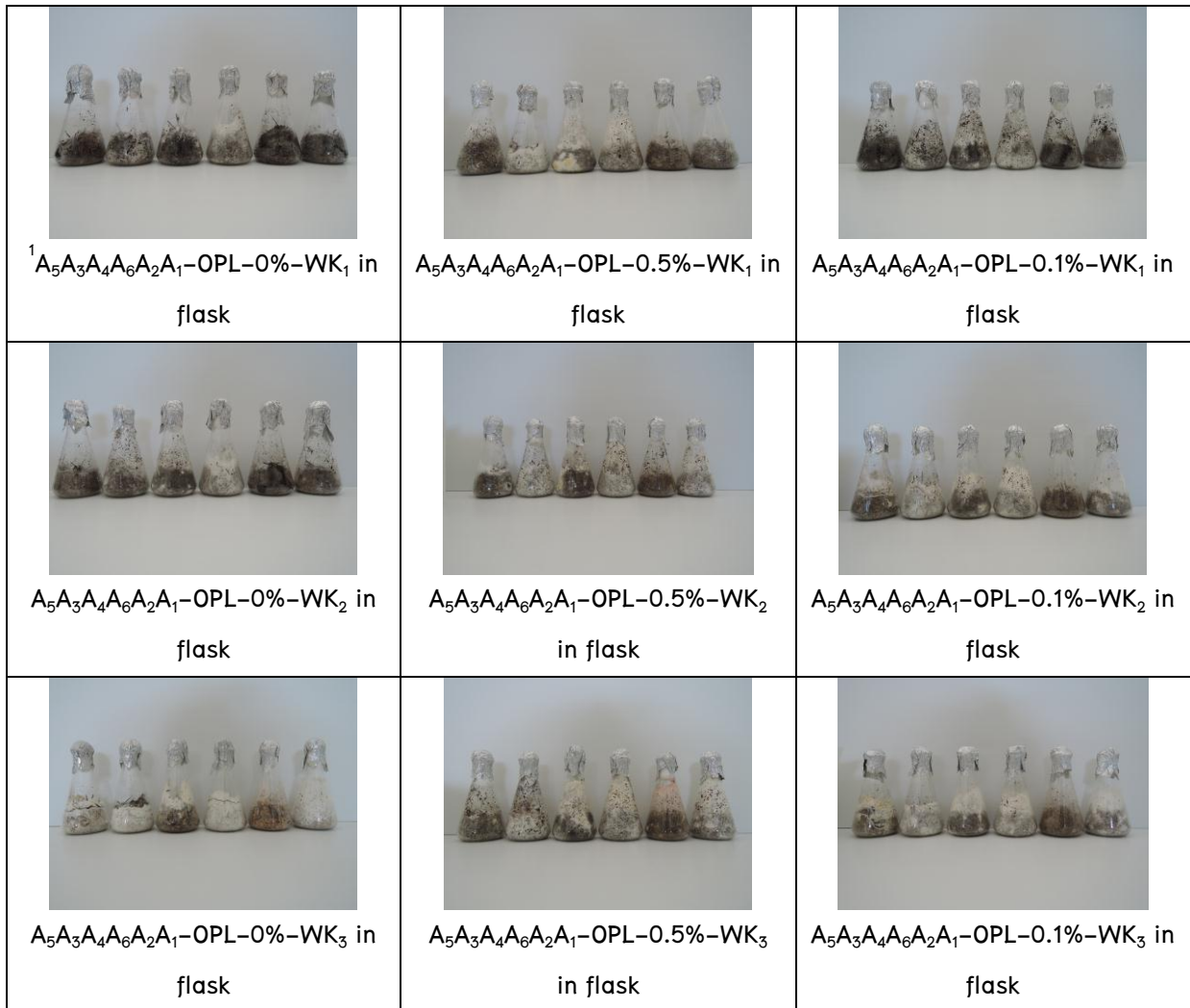


Figure 4.2.1 Growth of six white rot fungi in flask containing oil palm leaflet meal as substrate after A) 1 week (WK₁), B) 2 weeks (WK₂) and 3 weeks (WK₃), respectively

¹ A₅= LP = *Lentinus polychrous*, A₃= LS = *Lentinus squarrosulus*, A₄= SC = *Schizophyllum commune*, A₆= LSc = *Lentinus sajor-caju*, A₂= PD = *Pleurotus djamor*, A₁= PO = *Pleurotus ostreatus*.

4.2.1.2 ผลของชนิดเส้นใยเห็ดที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของใบปาล์มน้ำมันร่วมกับยูเรีย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ OPL (Table 4.2.2) 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 รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” มกราคม พ.ศ. 2559

และ 1% ขณะที่ ชนิดเชื้อเห็ดพบว่า เชื้อ LP มีค่าเฉลี่ยของ DM สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างกับ กลุ่ม PD, LS และ LSc โดยกลุ่ม PO มีค่าต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่า CP พบว่า กลุ่ม LS, SC และ LSc ที่ระดับยูเรีย 1% มีระดับโปรตีนสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และ เชื้อ LS ที่ระดับยูเรีย 0% มีค่าต่ำสุด ทำนองเดียวกับค่า NDF พบว่ามีความแตกต่างกัน โดย LSc และ PD ที่ระดับยูเรีย 1% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ และค่า ADF พบว่า LSc ที่ระดับยูเรีย 1% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ขณะที่ และ LP ที่ระดับยูเรีย 0% มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ เมื่อพิจารณาค่าเถ้ารวมของทุกกลุ่ม (Table 4.2.2) พบว่ามี อิทธิพลร่วมของ U และ F และกลุ่ม LP และ LS มีค่าสูงกว่า ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ ขณะที่ ระดับ U ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

Table 4.2.2 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 ^{gh}	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 ^{gh}	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%.

4.2.2 การเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ดบนทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับยูเรีย

4.2.2.1 การเจริญเส้นใยเชื้อเห็ด

จากการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ด และอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์มน้ำมันร่วมกับยูเรียที่มีเชื้อเห็ด จำนวน 6 ชนิด คือ 1. เห็ดนางรมฮังการี (*Pleurotus ostreatus*, PO) 2. เห็ดนางนวล (*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 และอาหารเลี้ยงเชื้อ คือ ทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF) ที่มีระดับยูเรีย 0, 0.5 และ 1% ตามลำดับต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ด

ผลการทดลอง พบว่าการเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ดไม่มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด และอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์มน้ำมัน (Table 4.2.3) แต่มีความแตกต่างกันของชนิดของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย (U) โดยเชื้อเห็ด LSc และ SC มีการพัฒนาของเชื้อสูง ($P < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเห็ดกลุ่มอื่นๆ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเส้นใยพบว่า เชื้อเห็ด LSc มีค่าอยู่ในระดับสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และเชื้อที่ให้ความหนาแน่นของเส้นใยรองลงมาคือ เชื้อ SC, PO, PD และ LS ตามลำดับ ขณะที่ เชื้อ LP มีความหนาแน่นของเส้นใยบางที่สุด จึงจัดว่าเชื้อ LP (เห็ดกระด้าง) เจริญได้น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ (Figure 4.2.2) ดังนั้น ในเชื้อเห็ดทั้ง 6 ชนิด มีเห็ด 2 ชนิด คือ LSc และ SC ที่มีความเหมาะสม และสามารถเจริญได้ดีบน OPF มากกว่าเชื้อเห็ดชนิดอื่น ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

Table 4.2.3 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

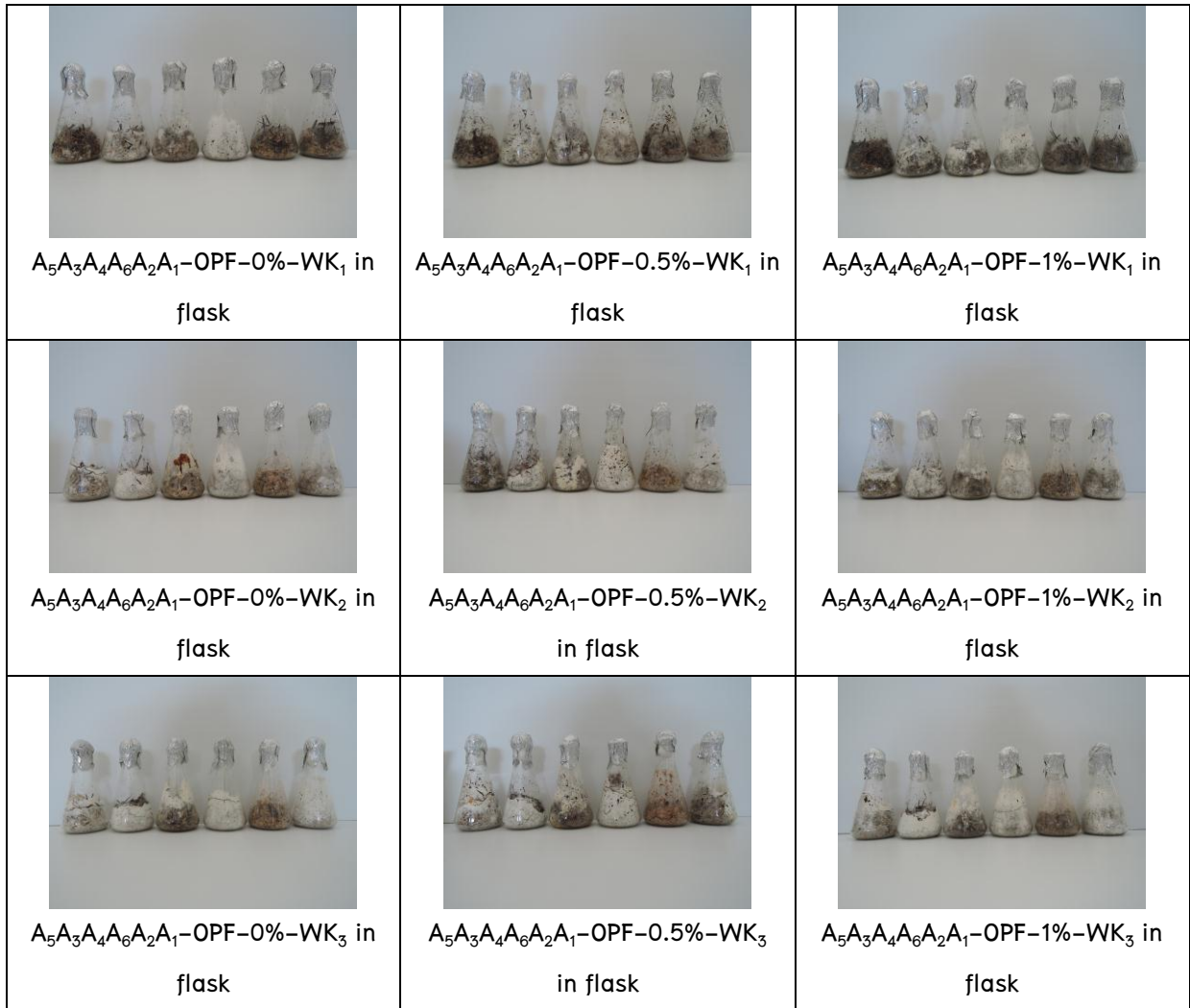


Figure 4.2.2 Growth of six white rot fungi in flask containing oil palm frond meal as substrate after A) 1 week (WK₁), B) 2 weeks (WK₂) and 3 weeks (WK₃), respectively

¹ A₅= LP = *Lentinus polychrous*, A₃= LS = *Lentinus squarrosulus*, A₄= SC = *Schizophyllum commune*, A₆= LSc = *Lentinus sajor-caju*, A₂= PD = *Pleurotus djamor*, A₁= PO = *Pleurotus ostreatus*.

4.2.2.2 ผลของชนิดเส้นใยเห็ดที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับยูเรีย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ OPF (Table 4.2.4) 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 ซึ่งการลดลงของ NDF และ ADF อาจจะเป็นเนื่องมาจากเชื้อราสามารถละลายผนังเซลล์ (cell wall) เพื่อใช้เป็นแหล่งของคาร์บอน ดังนั้น จึงเปลี่ยนสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (soluble carbohydrate) และละลายน้ำไม่ได้ (insoluble carbohydrate) ใน OPL ได้ สอดคล้องกับรายงานของ Singh (1990); Fazaeli et al. (2004) อย่างไรก็ตาม การย่อยสลายของ NDF และ ADF ของเชื้อรามีความแตกต่างกัน

ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของเชื้อรา (Jalc et al., 1996; Zadrazil et al., 1996) มากกว่านั้น มีรายงานการลดลงของ ADL ในฟางข้าวสาลีที่ทรีทด้วยเชื้อรา *P. pulmonarius* และ *P. sajor-caju* (Moysen and Verachtert, 1991)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของเชื้อเห็ด (F) ต่อองค์ประกอบทางเคมีพบว่าเชื้อ LSc, SC และ LS มีค่า CP สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ขณะที่ ค่า NDF พบว่า เชื้อ LSc มีค่าต่ำที่สุดแตกต่างจากกลุ่ม PO และ LS ทำนองเดียวกับค่า ADF พบว่า เชื้อ LSc และ SC มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P < 0.01$) อาจเนื่องเหตุผลดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ขณะที่ค่าเถ้ารวมไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

Table 4.2.4 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%.

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” มกราคม พ.ศ. 2559

4.3 การศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์ม และทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มโภชนาโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์

4.3.1 ผลของชนิดเส้นใยหืดที่มีผลต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์มน้ำมัน (OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF)

การวิเคราะห์ความสามารถในการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยใช้เทคนิคถุงไนลอน (nylon bag technique, NBT) ดังแสดงใน Figure 4.3.1 และ Table 4.3.1 ตามลำดับความสามารถในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (dry matter disappearance, DMD) ของวัตถุดิบอาหารทดลองทั้ง 12 ชนิด พบว่าการย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มในกระเพาะรูเมน (rumen incubation time) (0–96 ชั่วโมง) โดยเชื้อ LSc มีความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด รองลงมาคือ SC ขณะที่กลุ่มอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยกลุ่ม LP มีค่าต่ำสุด อาจเนื่องมาจาก เกี่ยวข้องกับความสามารถในการพัฒนาการเจริญของเชื้อ โดยเชื้อเห็ด LSc มีการพัฒนาของเชื้อได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ (จากผลการทดลองที่ 4.1.2) ซึ่งความสามารถในการย่อยสลายมีความแตกต่างกันตามชนิดของเชื้อที่สามารถเข้าไปย่อยสลายผนังเซลล์ (Jennings and Lysek, 1999; Call and Mücke, 1997) สอดคล้องกับรายงานของ Jalc et al. (1996) ที่รายงานว่า ความสามารถในการย่อยสลายมีสัมพันธ์กับชนิดของเชื้อ ซึ่งพบว่าการย่อยสลายของ DM, OM และ ADF ของฟางข้าวสาลีที่บ่มที่เวลา 48 ชั่วโมง มีค่าสูงสุดเมื่อหมักด้วยเชื้อกลุ่ม *Plyporus ciliatus* และจากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง OPL กับ OPF พบว่า OPL มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ (0–96 ชั่วโมง) โดยเฉลี่ยสูงกว่า OPF เท่ากับ 30.47 และ 29.46% ตามลำดับ

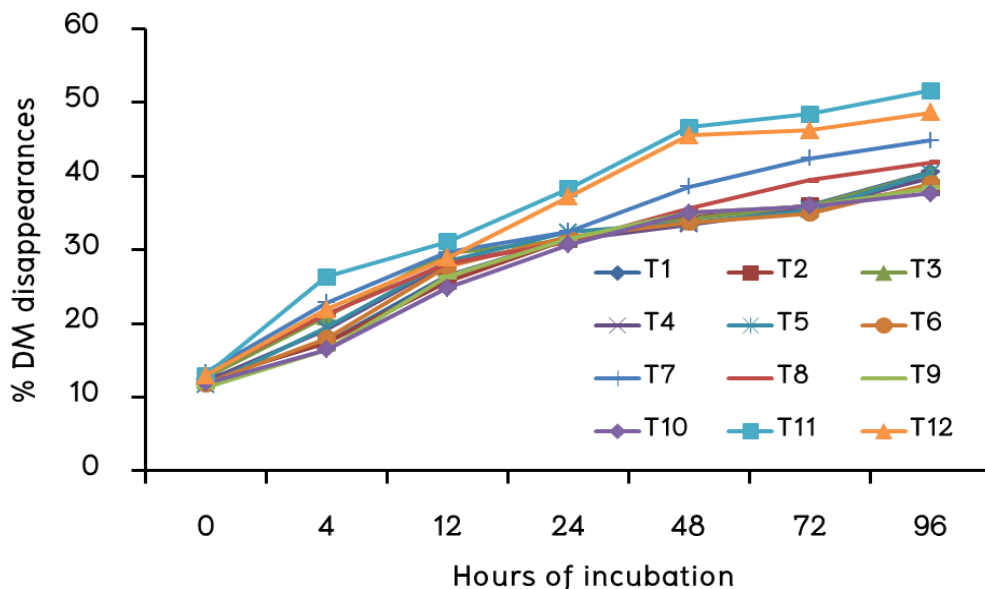


Figure 4.3.1 In situ DM disappearances (DMD) of OPL and OPF as affected by WRF at various hours of incubation

เมื่อพิจารณาลักษณะค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD (DM degradation) ของวัตถุดิบอาหารทดลองทั้งหมดจาก Figure 4.3.1 ทั้ง OPL และ OPF มีความสามารถในการย่อยสลายได้ค่อนข้างต่ำ

(slightly low degradation) เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD ของ LSc ที่ช่วงเวลา 96 ชั่วโมง พบว่ามีความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD มากกว่า 50% ของทั้งหมด สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ แสดงให้เห็นว่า DMD ของ LSc เป็นแหล่งพลังงานที่ดี และจุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์ได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ในกระเพาะรูเมน ขณะที่ กลุ่มอื่นๆ ยกเว้น LSc มีความสามารถในการย่อยสลายของ DMD น้อยกว่า 50% แสดงให้เห็นว่า DMD ของ กลุ่มอื่นๆ สามารถไหลผ่าน หรือหลีกเลี่ยง (by pass หรือ escape) จากการย่อยสลายภายในกระเพาะรูเมน และอาจสามารถย่อยได้ในลำไส้เล็กของสัตว์

Table 4.3.1 Degradability (%) of DM at different incubation times of rumen incubation

Parameters	PO ¹		PD		LS		SC		LP		LSc	
	OPL ²	OPF	OPL	OPF	OPL	OPF	OPL	OPF	OPL	OPF	OPL	OPF
TC ³	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂
DM disappearance (%) at different hour of rumen incubation												
0	12.37	12.36	12.71	12.18	11.65	11.86	13.34	13.24	11.32	11.87	12.94	12.93
4	17.46	17.46	20.97	19.23	19.45	18.00	22.79	21.25	16.48	16.48	26.32	21.95
12	26.45	25.73	29.58	28.12	28.48	27.75	29.65	28.12	26.32	24.84	31.10	28.89
24	31.52	31.52	31.37	31.37	32.44	31.73	32.52	31.02	31.43	30.70	38.28	37.20
48	34.33	34.33	34.18	33.47	33.75	33.75	38.57	35.64	35.01	35.01	46.63	45.54
72	35.99	35.99	35.85	35.56	35.41	34.98	42.44	39.49	35.96	35.96	48.42	46.22
96	40.58	38.40	40.45	39.72	40.45	38.99	44.87	41.90	38.40	37.67	51.61	48.68

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.

การวิเคราะห์การย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Table 4.3.2) 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 (Table 4.3.2) แต่มีความแตกต่างกัน (P<0.01) ของกลุ่มเชื้อรา (WRF) 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 รองลงมาคือ SC และต่ำที่สุดในกลุ่ม PD, LP และ PO ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพการย่อยสลาย (effective degradability, ED) ของ DMD ที่ outflow rate 0.08/h มีค่าอยู่ในช่วง 22.3–30.8% พบว่ามีความแตกต่างกัน (P<0.01) ของกลุ่มเชื้อรา LSc มีค่าสูงกว่ากลุ่ม

เชื้อกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่ม LSc-OPL มีค่าสูงสุด เท่ากับ 30.8% ขณะที่ ค่าของ LP-OPF มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 22.3% และเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง OPL และ OPF พบว่า OPL มีค่าสูงกว่า OPF ($P < 0.01$) อาจเนื่องมาจาก OPL มีค่า NDF และ ADF ต่ำกว่า (จากผลการทดลองที่ 4.1.2) ซึ่ง Gutierrez et al. (1996) กล่าวว่า การหมักฟางด้วยเชื้อ *Pleurotus* fungi จะลดปริมาณผนังเซลล์ และเพิ่มส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่ายในฟางส่งผลต่อการย่อยสลายได้ของเอ็นไซม์ ซึ่งค่าของ ED ของ DMD ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ มีค่าต่ำกว่าค่า ED ของทางใบสาคุ (old sago leaves) และทางสาคุ (old sago petiole) (40.6 และ 40.2% ตามลำดับ) (Chanjula and Ngampongsai, 2007) และต่ำกว่ามันเฮย์ (cassava hay) และใบมันสำปะหลังแห้ง (cassava leaf) 64.7 และ 65.0% ตามลำดับ (Chanjula and Somnok, 2007) และต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงาน เช่น มันเส้น มันเทศ กากมันเส้น และรำหยาบ (63.0–92.5%) (Chanjula et al., 2003)

Table 4.3.2 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 ^B	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 ^{gh}	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 ^{gh}	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).

ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวอาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของชนิดแป้ง และปริมาณเยื่อใย ซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของแป้ง และปริมาณเยื่อใยที่แตกต่างกัน และองค์ประกอบทางเคมี (Huntington, 1997) ซึ่ง Vitti et al. (1999) รายงานว่า ค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD โดยการใช้เทคนิคถุงไนลอน มีสหสัมพันธ์ทางลบ (negative correlation) กับค่า NDF และ ADF ผลจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า SC-OPL, LSc-OPL และ LSc-OPF มีศักยภาพสูงสำหรับใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในสัตว์เคี้ยวเอื้องเมื่อพิจารณาจากค่า ED และเชื้อเห็ด LSc และ SC น่าจะเป็นเห็ดที่จะนำมาศึกษาต่อเพื่อปรับสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียม OPF และ OPL เป็นแหล่งอาหารหยาบต่อไป

อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ ค่าความสามารถในการย่อยสลายได้โดยการใช้เทคนิคถุงไนลอน ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงผลของการย่อยสลายได้ทั้งหมดในท้องทางเดินอาหาร และความสามารถในการย่อยได้ในลำไส้เล็กของอาหาร ซึ่งยังมีความแตกต่างในกลุ่มของวัตถุดิบอาหารสัตว์ และปัจจัยที่อาจยับยั้งการย่อยได้ จำเป็นต้องมีการทำการศึกษาต่อไป ในการศึกษาความสามารถในการย่อยสลายในลำไส้เล็ก โดยใช้เทคนิค mobile bag technique (De Boer et al., 1987) หรือทดลองหาการย่อยได้ในตัวสัตว์ (in vivo) ต่อไป

ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดต่าง (ruminal pH) และอุณหภูมิในกระเพาะรูเมนในแต่ละช่วงเวลา (0-96 ชั่วโมง) ของโคเนื้อลูกผสมพื้นเมือง-ชาร์โรเลส์เพศผู้ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ (Table 4.3.3) พบว่าอยู่ในช่วง 6.3-7.2 และ 38.0-39.7 °C โดยมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 6.9 และ 38.9 °C ตามลำดับ ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) (Hoover, 1986) และการย่อยของโปรตีน (6.0-7.0) (Hungate, 1969) สอดคล้องกับรายงานของเมธา (2533) ที่รายงานว่า ระดับ pH ที่เหมาะสมในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 6.5-7.0 อย่างไรก็ตาม ค่าอุณหภูมิในกระเพาะรูเมนในแต่ละช่วงเวลาอาจผันแปรได้ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่สุ่ม ตำแหน่งที่สุ่ม อุณหภูมิของน้ำที่สัตว์กิน จากการทดลองพบว่า ช่วงเวลาที่สุ่มตอนบ่าย (12.30-15.30 น.) มีค่าอุณหภูมิสูงกว่าช่วงเวลาที่สุ่มตอนเช้า (6.00-9.00) หรือกลางคืน (22.00-03.00 น.)

Table 4.3.3 Ruminal pH and temperature (°C) in crossbred beef steers

h post feeding	Temperature means \pm SD	pH means \pm SD
0	39.1 \pm 0.1	7.2 \pm 0.3
4	39.3 \pm 0.6	7.1 \pm 0.6
12	39.7 \pm 0.6	6.9 \pm 0.6
24	39.0 \pm 0.0	6.9 \pm 0.2
48	38.0 \pm 0.0	6.9 \pm 0.1
72	39.0 \pm 0.0	6.3 \pm 0.7
96	38.7 \pm 0.0	6.7 \pm 0.1
Means \pm SD	38.9 \pm 0.2	6.9 \pm 0.3

4.3.2 ผลของชนิดเส้นใยเห็ดที่มีผลต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์มน้ำมัน (OPL) ร่วมกับยูเรีย

การวิเคราะห์ความสามารถในการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (OPL) โดยใช้เทคนิคถุงไนลอน (nylon bag technique, NBT) ดังแสดงใน Figure 4.3.2 และ Table 4.3.4 ตามลำดับความสามารถในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (dry matter disappearance, DMD) ของวัตถุดิบอาหารทดลองทั้ง 18 ชนิด พบว่าการย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มในกระเพาะรูเมน (rumen incubation time) (0–96 ชั่วโมง) โดยเชื้อ LSc มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด อาจเนื่องมาจาก เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเจริญพัฒนาของเชื้อ โดยเชื้อเห็ด LSc มีการพัฒนาของเชื้อได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ (จากผลการทดลองที่ 4.1.2) ขณะที่กลุ่มอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาผลของระดับของยูเรีย พบว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 1% มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ดีกว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 0 และ 0.5% ตามลำดับ

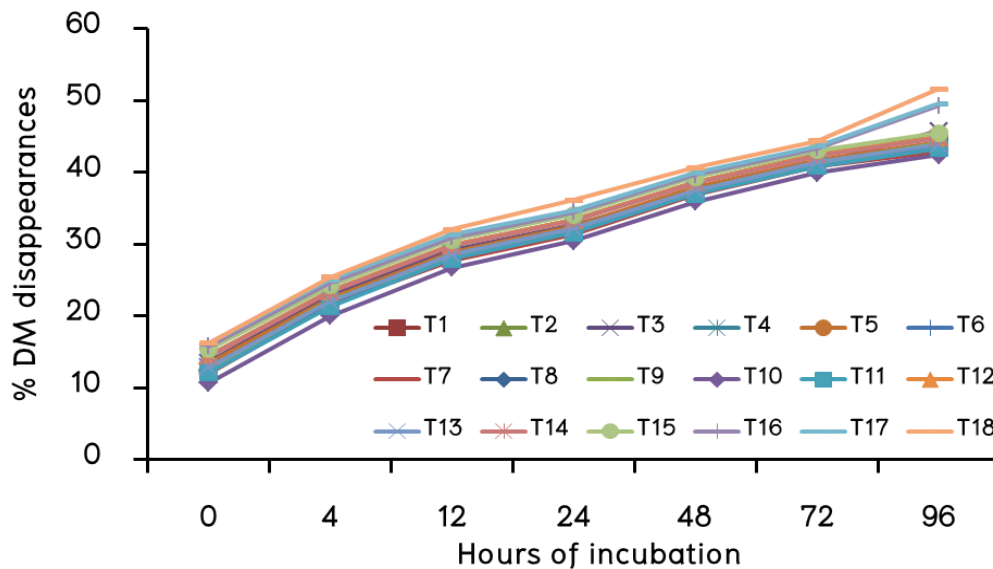


Figure 4.3.2 In situ DM disappearances (DMD) of OPL with levels of urea at various hours of incubation

เมื่อพิจารณาลักษณะค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD (DM degradation) ของวัตถุดิบอาหารทดลองทั้งหมดจาก Figure 4.3.2 ค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ของ 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% แสดงให้เห็นว่า DMD ของ LSc เป็นแหล่งพลังงานที่ดี และจุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์ได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ในกระเพาะรูเมน ขณะที่ กลุ่มอื่นๆ มีความสามารถในการย่อยสลายของ DMD น้อยกว่า 50% แสดงให้เห็นว่า DMD ของ กลุ่มอื่นๆ สามารถไหลผ่าน หรือหลีกเลี่ยง (by pass หรือ escape) จากการย่อยสลายภายในกระเพาะรูเมน และอาจสามารถย่อยได้ในลำไส้เล็กของสัตว์

การวิเคราะห์การย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Table 4.3.5) พบว่ามีอิทธิพลร่วมของเชื้อรา (F) และระดับยูเรีย (U) ต่อค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ (washing loss rate, a) ค่าการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน (potential degradability rate, a+b) ยกเว้น ค่าคงที่อัตราการย่อยสลาย (degradability rate รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” มกราคม พ.ศ. 2559

constant, c) และค่าประสิทธิภาพการย่อยสลาย (effective degradability, ED) ของ DMD (Table 4.3.5) 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 4.3.4 Degradability (%) of DM at different incubation times of rumen incubation

Main factor		DM disappearance (%) at different hour of rumen incubation of OPL							
F ¹	U ^{2,3}	0	4	12	24	48	72	96	
PO	0	12.39	21.94	28.14	31.78	37.17	41.08	43.90	
	0.5	13.34	22.79	28.20	32.52	37.13	40.99	44.14	
	1	13.52	22.95	29.08	32.66	37.26	41.12	45.72	
PD	0	12.86	22.01	28.54	32.15	37.51	41.40	43.84	
	0.5	13.34	22.43	28.92	32.52	37.85	41.72	44.14	
	1	14.43	23.41	29.82	33.37	38.64	42.46	44.85	
LS	0	11.90	21.51	27.75	31.40	36.82	40.76	42.85	
	0.5	12.39	21.94	28.14	31.78	37.17	41.08	43.53	
	1	12.58	22.11	28.30	31.93	37.31	41.21	44.02	
SC	0	10.64	20.01	26.71	30.41	35.91	39.90	42.40	
	0.5	12.10	21.32	27.91	31.56	36.97	40.89	43.35	
	1	14.42	23.40	29.81	33.36	38.63	42.45	44.84	
LP	0	12.86	22.01	28.54	32.15	37.51	41.40	43.84	
	0.5	14.27	23.26	29.68	33.24	38.52	42.34	44.74	
	1	15.34	24.22	30.57	34.08	39.29	43.07	45.43	
LSc	0	15.78	24.61	30.93	34.42	39.60	43.36	49.25	
	0.5	16.22	25.01	31.29	34.76	39.92	43.66	49.51	
	1	16.22	25.36	32.00	36.15	40.62	44.36	51.62	

¹White rot fungi: PO = *Pleurotus ostreatus*, PD = *Pleurotus djomor*, LS = *Lentinus squarrosulus*, SC = *Schizophyllum commune*, LP = *Lentirius 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%.

เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพการย่อยสลาย (effective degradability, ED) ของ DMD ที่ outflow rate 0.08/h มีค่าอยู่ในช่วง 22.5–28.8% โดยภาพรวมพบว่าเชื้อ LSc (28.1%) มีค่าสูงกว่ากลุ่มเชื้อกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ขณะที่ ระดับยูเรียมีความแตกต่างกัน โดยระดับยูเรียที่ 1% (26.4%) มีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 0.5% (25.5%) และ 0% (24.8%) U ตามลำดับ อาจเนื่องมาจาก เกี่ยวข้องกับ

ความสามารถในการเจริญพัฒนาของเชื้อ โดยเชื้อเห็ด LSc มีการพัฒนาของเชื้อได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ (จากผลการทดลองที่ 4.1.2) ซึ่งความสามารถในการย่อยสลายมีความแตกต่างกันตามชนิดของเชื้อที่สามารถเข้าไปย่อยสลายผนังเซลล์ (Jennings and Lysek, 1999; Call and Mücke, 1997) สอดคล้องกับรายงานของ Jalc et al. (1996) ที่รายงานว่า ความสามารถในการย่อยสลายสัมพันธ์กับชนิดของเชื้อ ซึ่งพบว่า การย่อยสลายของ DM, OM และ ADF ของฟางข้าวสาลีที่บ่ม ที่เวลา 48 ชม. มีค่าสูงสุดเมื่อหมักด้วยเชื้อกลุ่ม *Plyporus ciliatus*

Table 4.3.5 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	13.5 ^{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 ^{fgh}	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).

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” มกราคม พ.ศ. 2559

ซึ่งค่าของ ED ของ DMD ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ มีค่าต่ำกว่าค่า ED ของทางใบสาคุ (old sago leaves) และทางสาคุ (old sago petiole) (40.6 และ 40.2% ตามลำดับ) และต่ำกว่ามันเฮย์ (cassava hay) และใบมันสำปะหลังแห้ง (cassava leaf) 64.7 และ 65.0% ตามลำดับ (Chanjula and Somnok, 2007) และต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงาน เช่น มันเส้น มันเทศ กากมันเส้น และรำหยาบ (63.0–92.5%) (Chanjula et al., 2003) ความแตกต่างดังกล่าวอาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของชนิดแป้ง และปริมาณเยื่อใย ซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของแป้ง และปริมาณเยื่อใยที่แตกต่างกัน และองค์ประกอบทางเคมี (Huntington, 1997) ซึ่ง Vitti et al. (1999) รายงานว่า ค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD โดยการใช้เทคนิคถุงไนล่อน มีสหสัมพันธ์ทางลบ (negative correlation) กับค่า NDF และ ADF ผลจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า LSc-OPL มีศักยภาพสูงสำหรับใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในสัตว์เคี้ยวเอื้องเมื่อพิจารณาจากค่า ED

อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ ค่าความสามารถในการย่อยสลายได้โดยการใช้เทคนิคถุงไนล่อน ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงผลของการย่อยสลายได้ทั้งหมดในท้องทางเดินอาหาร และความสามารถในการย่อยได้ในลำไส้เล็กของอาหาร ซึ่งยังมีความแตกต่างในกลุ่มของวัตถุดิบอาหารสัตว์ และปัจจัยที่อาจยับยั้งการย่อยได้ จำเป็นต้องมีการทำการศึกษาต่อไป ในการศึกษาความสามารถในการย่อยสลายในลำไส้เล็ก โดยใช้เทคนิค mobile bag technique (De Boer et al., 1987) หรือทดลองหาการย่อยได้ในตัวสัตว์ (in vivo) ต่อไป

4.3.3 ผลของชนิดเส้นใยเห็ดที่มีผลต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ร่วมกับยูเรีย

การวิเคราะห์ความสามารถในการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (OPF) โดยใช้เทคนิคถุงไนลอน (nylon bag technique, NBT) ดังแสดงใน Figure 4.3.3 และ Table 4.3.6 ตามลำดับความสามารถในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (dry matter disappearance, DMD) ของวัตถุดิบอาหารทดลองทั้ง 18 ชนิด พบว่าการย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มในกระเพาะรูเมน (rumen incubation time) (0–96 ชั่วโมง) โดยเชื้อ LSc มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด อาจเนื่องมาจากเกี่ยวข้องกับความสามารถในการเจริญพัฒนาของเชื้อ โดยเชื้อเห็ด LSc มีการพัฒนาของเชื้อได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ (จากผลการทดลองที่ 4.1.2) ขณะที่กลุ่มอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาระดับของยูเรีย พบว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 1% มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ดีกว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 0 และ 0.5% ตามลำดับ

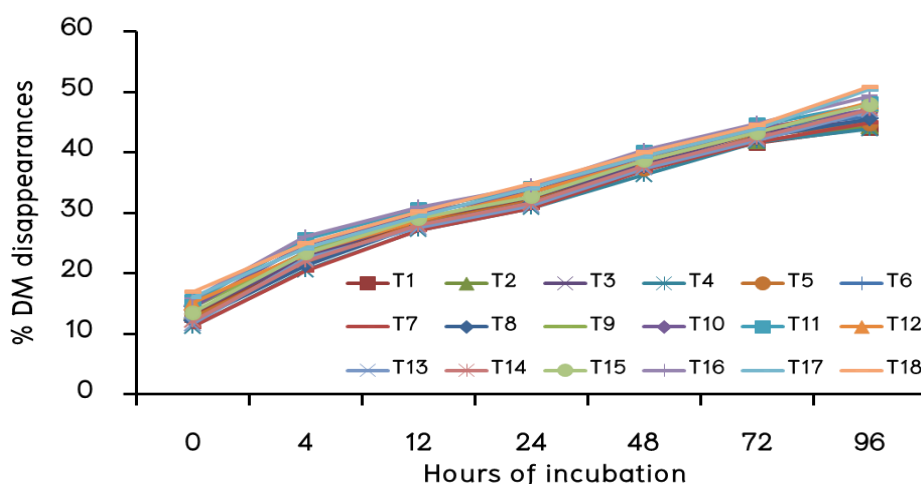


Figure 4.3.3 In situ DM disappearances (DMD) of OPF with levels of urea at various hours of incubation

เมื่อพิจารณาลักษณะค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD (DM degradation) ของวัตถุดิบอาหารทดลองทั้งหมดจาก Figure 4.3.3 ค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD ของ LSc เฉลี่ย (50.19%) ที่ช่วงเวลา 96 ชั่วโมง ที่เสริมยูเรียระดับต่างๆ (0, 0.5 และ 1%) พบว่ามีความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD มากกว่า 50% ของทั้งหมด สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยเฉพาะกลุ่ม LSc-OPL-1% (50.83%) แสดงให้เห็นว่า DMD ของ LSc เป็นแหล่งพลังงานที่ดี และจุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์ได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ในกระเพาะรูเมน ขณะที่ กลุ่มอื่นๆ มีความสามารถในการย่อยสลายของ DMD น้อยกว่า 50% แสดงให้เห็นว่า DMD ของ กลุ่มอื่นๆ สามารถไหลผ่าน หรือหลีกเลี่ยง (by pass หรือ escape) จากการย่อยสลายภายในกระเพาะรูเมน และอาจสามารถย่อยได้ในลำไส้เล็กของสัตว์

การวิเคราะห์การย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Table 4.3.7) พบว่ามีอิทธิพลร่วมของเชื้อรา (F) และระดับยูเรีย (U) ต่อค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ (washing loss rate, a) ค่าการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน (potential degradability rate, a+b) และค่าประสิทธิผลการย่อยสลาย (effective degradability, ED) ยกเว้น ค่าคงที่อัตราการย่อยสลาย (degradability rate constant, c) ของ DMD (Table 4.3.7) และมีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$) ของกลุ่มเชื้อรา (F) โดยภาพรวมพบว่าเชื้อ LSc มีค่าสูงกว่ากลุ่มเชื้อรายานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” มกราคม พ.ศ. 2559

กลุ่มอื่นๆ 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 ระดับยูเรียไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$)

Table 4.3.6 Degradability (%) of DM at different incubation times of rumen incubation

Main factor		DM disappearance (%) at different hour of rumen incubation						
F	U ²	0	4	12	24	48	72	96
PO ¹	0 ³	13.05	22.17	28.69	32.30	37.65	41.53	43.96
	0.5	13.52	22.59	29.07	32.66	37.98	41.84	44.26
	1	13.54	22.59	29.07	32.66	37.98	43.29	45.35
PD	0	11.15	20.47	27.13	30.81	36.28	41.73	43.85
	0.5	12.59	21.76	28.31	31.94	37.31	42.68	44.76
	1	14.43	23.41	29.82	33.37	38.64	43.89	45.93
LS	0	11.14	20.46	27.12	30.81	37.01	41.72	44.96
	0.5	12.11	21.33	27.92	31.56	37.70	42.36	45.56
	1	14.43	23.41	29.82	33.37	39.35	43.89	47.00
SC	0	14.41	24.83	29.81	33.35	39.38	43.88	47.15
	0.5	15.34	25.63	30.57	34.08	39.99	44.48	47.99
	1	15.13	23.31	28.71	33.37	38.70	43.29	48.33
LP	0	11.62	22.36	27.52	31.18	37.36	42.04	46.82
	0.5	12.11	22.05	27.92	31.56	37.70	42.36	47.11
	1	13.52	23.31	29.08	32.66	38.70	43.29	47.96
LSc	0	15.79	26.02	30.93	34.43	40.31	44.77	49.32
	0.5	16.04	24.13	29.48	34.08	39.36	43.90	50.43
	1	16.91	24.92	30.21	34.77	39.99	44.48	50.83

¹White rot fungi: PO = *Pleurotus ostreatus*, PD = *Pleurotus djimor*, LS = *Lentinus squarrosulus*, SC = *Schizophyllum commune*, LP = *Lentirius 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%.

เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพการย่อยสลาย (effective degradability, ED) ของ DMD ที่ outflow rate 0.08/h มีค่าอยู่ในช่วง 22.5-28.8% โดยภาพรวมพบว่าเชื้อ LSc (27.6%) มีค่าสูงกว่ากลุ่มเชื้อกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ขณะที่ ระดับยูเรียไม่แตกต่าง ($P < 0.09$) แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยระดับยูเรียที่ 1% (27.1%) มีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 0.5% (26.5%) และ 0% (26.4%) U ตามลำดับ อาจเนื่องมาจาก เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเจริญพัฒนาของเชื้อ โดยเชื้อเห็ด LSc มีการพัฒนาของเชื้อได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ (จากผลการทดลองที่ 4.1.2) ซึ่งความสามารถในการย่อยสลายมีความแตกต่างกันตามชนิด

ของเชื้อที่สามารถเข้าไปย่อยสลายผนังเซลล์ (Jennings and Lysek, 1999; Call and Mücke, 1997) สอดคล้องกับรายงานของ Jalc et al. (1996) ที่รายงานว่า ความสามารถในการย่อยสลายสัมพันธ์กับชนิดของเชื้อ ซึ่งพบว่า การย่อยสลายของ DM, OM และ ADF ของฟางข้าวสาลีที่บ่ม ที่เวลา 48 ชม. มีค่าสูงสุดเมื่อหมักด้วยเชื้อกลุ่ม *Plyporus ciliatus*

Table 4.3.7 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).

ซึ่งค่าของ ED ของ DMD ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ มีค่าต่ำกว่าค่า ED ของทางใบสาคุ (old sago leaves) และทางสาคุ (old sago petiole) (40.6 และ 40.2% ตามลำดับ) และต่ำกว่ามันเฮย์ (cassava hay) และใบมันสำปะหลังแห้ง (cassava leaf) 64.7 และ 65.0% ตามลำดับ (Chanjula and Somnok, 2007) และต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงาน เช่น มันเส้น มันเทศ กากมันเส้น และรำหยาบ (63.0–92.5%) (Chanjula et al., 2003) ความแตกต่างดังกล่าวอาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของชนิดแป้ง และปริมาณเยื่อใย ซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของแป้ง และปริมาณเยื่อใยที่แตกต่างกัน และองค์ประกอบทางเคมี (Huntington, 1997) ซึ่ง Vitti et al. (1999) รายงานว่า ค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ของ DMD โดยการใช้เทคนิคถุงไนลอน มีสหสัมพันธ์ทางลบ (negative correlation) กับค่า NDF และ ADF ผลจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า กลุ่ม LSc-OPF ที่เสริมยูเรียระดับต่าง มีศักยภาพสูงสำหรับใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในสัตว์เคี้ยวเอื้องเมื่อพิจารณาจากค่า ED อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ ค่าความสามารถในการย่อยสลายได้โดยการใช้เทคนิคถุงไนลอน ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงผลของการย่อยสลายได้ทั้งหมดในท่อทางเดินอาหาร และความสามารถในการย่อยได้ในลำไส้เล็กของอาหาร ซึ่งยังมีความแตกต่างในกลุ่มของวัตถุดิบอาหารสัตว์ และปัจจัยที่อาจยับยั้งการย่อยได้ จำเป็นต้องมีการทำการศึกษาต่อไป ในการศึกษาความสามารถในการย่อยสลายในลำไส้เล็ก โดยใช้เทคนิค mobile bag technique (De Boer et al., 1987) หรือทดลองหาการย่อยได้ในตัวสัตว์ (in vivo) ต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

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

5.1 การเจริญของเส้นใยบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดต่างๆ (PDA, OPL และ OPF) จากการทดลองเลี้ยงเส้นใยเห็ดทั้ง 6 ชนิด พบว่าเชื้อเห็ดตีนปลอก (LSc) เจริญได้ดีสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดต่างๆ (PDA, OPL และ OPF) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเชื้อต่างๆ

5.2 การเจริญของเส้นใยเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมัน

การศึกษากการเจริญของเส้นใยเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมันพบว่า มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด และอาหารเลี้ยงเชื้อจากปาล์มน้ำมัน (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 จึงจัดว่าเชื้อ LP (เห็ดกระด้าง) เจริญได้น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P < 0.01$) ดังนั้น ในเชื้อเห็ดทั้ง 6 ชนิด มีเห็ด 2 ชนิด คือ LSc และ SC ที่มีความเหมาะสม และสามารถเจริญได้ดี บน OPL และ OPF มากกว่าเชื้อเห็ดชนิดอื่น ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

5.3 ผลของการเจริญเส้นใยเชื้อเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับยูเรีย

5.3.1 การศึกษากการเจริญเส้นใยเชื้อเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน (OPL) ร่วมกับยูเรีย (0, 0.5 และ 1%)

พบว่าเชื้อเห็ด LSc และ SC มีการพัฒนาของเชื้อทั้งใน OPL สูงกว่า ($P < 0.01$) 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 แต่ไม่แตกต่างกับ กลุ่ม PD, LS และ LSc เมื่อพิจารณาค่า CP พบว่า กลุ่ม LS, SC และ LSc ที่ระดับยูเรีย 1% มีระดับโปรตีนสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ทำนองเดียวกับค่า NDF พบว่ามีความแตกต่างกัน โดย LSc และ PD ที่ระดับยูเรีย 1% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ และค่า ADF พบว่า LSc ที่ระดับยูเรีย 1% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ

5.3.2 การศึกษากการเจริญเส้นใยเชื้อเห็ดบนใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ร่วมกับยูเรีย (0, 0.5 และ 1%)

พบว่าการศึกษาการเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ดไม่มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด และระดับยูเรีย แต่มีความแตกต่างกันของชนิดของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย (U) โดยเชื้อเห็ด LSc และ SC มีการพัฒนาของเชื้อสูง ($P < 0.01$) เมื่อรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” มกราคม พ.ศ. 2559

เปรียบเทียบกับเชื้อเห็ดกลุ่มอื่นๆ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเส้นใยพบว่า เชื้อเห็ด LSc มีค่าอยู่ในระดับสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และเชื้อที่ให้ความหนาแน่นของเส้นใยรองลงมาคือ เชื้อ SC, PO, PD และ LS ตามลำดับ ดังนั้น ในเชื้อเห็ดทั้ง 6 ชนิด มีเห็ด 2 ชนิด คือ LSc และ SC ที่มีความเหมาะสม และสามารถเจริญได้ดีบน OPF มากกว่าเชื้อเห็ดชนิดอื่น ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ OPF พบว่าค่าโปรตีนรวม (CP) ฟังก์ชันเซลลูโลส (NDF) ลิกโนเซลลูโลส (ADF) และเถ้า (ash) ไม่มีอิทธิพลร่วมของเชื้อเห็ด (F) และระดับยูเรีย ยกเว้น วัตถุแห้ง (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

5.4 การศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์ม และทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มโภชนาการโดยใช้การหมักย่อยของจุลินทรีย์

5.4.1 ผลของชนิดเส้นใยเห็ดที่มีผลต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์มน้ำมัน (OPL) และทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF)

พบว่า การย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มในกระเพาะรูเมน (rumen incubation time) (0-96 ชั่วโมง) โดยเชื้อ LSc มีความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด รองลงมาคือ SC ขณะที่กลุ่มอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยกลุ่ม LP มีค่าต่ำสุด และการวิเคราะห์การย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ พบว่าค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ (washing loss rate, a) ค่าคงที่อัตราการย่อยสลาย (degradability rate constant, c) ค่าการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน (potential degradability rate, a+b) และค่าประสิทธิภาพการย่อยสลาย (effective degradability, ED) ของ DMD โดยเชื้อ LSc มีค่าสูงกว่ากลุ่มเชื้อกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยเฉพาะ LSc-OPL, LSc-OPF รองลงมาคือ SC-OPL และ SC-OPF

5.4.2 ผลของชนิดเส้นใยเห็ดที่มีผลต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของใบปาล์มน้ำมัน (OPL) ร่วมกับยูเรีย

พบว่า การย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มในกระเพาะรูเมน (rumen incubation time) (0-96 ชั่วโมง) โดยเชื้อ LSc มีความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด 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% และการวิเคราะห์การย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ พบว่ามีอิทธิพลร่วมของเชื้อรา (F) และระดับยูเรีย (U) ต่อค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ (washing loss rate, a) ค่าการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน (potential degradability rate, a+b) พบว่าเชื้อ LSc มีค่าสูงกว่ากลุ่มเชื้อกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยเฉพาะ LSc-OPL-1%

5.4.3 ผลของชนิดเส้นใยหัตที่ส่งผลต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ร่วมกับยูเรีย

พบว่า การย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มในกระเพาะรูเมน (rumen incubation time) (0-96 ชั่วโมง) โดยเชื้อ LSc มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด ทำนองเดียวกับระดับของยูเรีย พบว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 1% มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ดีกว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 0 และ 0.5% ตามลำดับ 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 ขณะที่ระดับยูเรียไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพการย่อยสลาย (effective degradability, ED) ของ DMD ที่ outflow rate 0.08/h มีค่าอยู่ในช่วง 22.5-28.8% โดยภาพรวมพบว่าเชื้อ LSc (27.6%) มีค่าสูงกว่ากลุ่มเชื้อกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ขณะที่ ระดับยูเรียไม่แตกต่าง ($P < 0.09$) แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับยูเรียที่เพิ่มขึ้น โดยระดับยูเรียที่ 1% (27.1%) มีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 0.5% (26.5%) และ 0% (26.4%) U ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในการศึกษารุ่นนี้ ค่าความสามารถในการย่อยสลายได้โดยการใช้เทคนิคถุงไนลอน ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงผลของการย่อยสลายได้ทั้งหมดในช่องทางเดินอาหาร และความสามารถในการย่อยได้ในลำไส้เล็กของอาหาร ซึ่งยังมีความแตกต่างในกลุ่มของวัตถุดิบอาหารสัตว์ และปัจจัยที่อาจยับยั้งการย่อยได้ จำเป็นต้องมีการทำการศึกษาต่อไป โดยเฉพาะทดลองหาการย่อยได้ในตัวสัตว์ (in vivo)

จากผลการทดลองครั้งนี้ ในเชื้อหัตทั้ง 6 ชนิด มีหัต 2 ชนิด คือ LSc และ SC ที่มีความเหมาะสมและสามารถเจริญได้ดี บน OPL และ OPF มากกว่าเชื้อหัตชนิดอื่น ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป และจากการศึกษาผลของการเจริญเส้นใยเชื้อหัตบนใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับยูเรีย พบว่าโดยเชื้อ LSc มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้สูงสุด ทำนองเดียวกับระดับของยูเรีย พบว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 1% มีค่าความสามารถในการย่อยสลายได้ดีกว่ากลุ่มที่เสริมยูเรีย 0 และ 0.5% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาในแพะขุน หรือแพะรีดนมในระยะต่างๆ ในสภาวะการเลี้ยงของเกษตรกร ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง และนำเชื้อถือนำไปให้เกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยสามารถนำผลการทดลองนี้ไปใช้ในการพัฒนาเป็นแหล่งอาหารหยาด เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างเป็นรูปธรรม และมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

บทที่ 6

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงศ์ ศิริวานิชกุล และปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์. 2533. เทคโนโลยีการเพาะเห็ด. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

ขวัญดาว แต่งตั้ง เจษฎา เนรมิตศรัทธา และวุฒิชัย ผอมทอง. 2549. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะ. รายงานปัญหาพิเศษ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จีระชัย กาญจนพุดพิงศ์. 2529. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ฟางข้าวราดสารละลายยูเรีย-กากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับวัวนมรุ่นเพศผู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จารุณี อิมเอิบ อังคณา หาญบรรจง งามอาจ อินสังข์ และอรุณี อิงคกุล. 2551. องค์ประกอบทางเคมีและค่าการสลายตัวในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบ และอินทรีย์วัตถุของทางใบปาล์มน้ำมัน. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 29 มกราคม- 1 กุมภาพันธ์ 2551 หน้า 235-244.

ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ณัฐฐา รัตนโกศล วันวิศาข์ งามพ่องใส ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ และเสาวนิต คูประเสริฐ. 2552. ผลการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อการกินได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในแพะ. แก่นเกษตร. 37:235-244.

ถนัด รัตนานุกพงศ์. 2531. การเสริมยูเรีย - กากน้ำตาล และใบกระถิน - กากน้ำตาลในฟางข้าวสำหรับโคนมในฤดูแล้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ชัยรัตน์ นิลนนท์ ธีระพงศ์ จันทรมนิยม ประกิจ ทองคำ นิตน์ สองศรี และยงยุทธ เชื่อมงคล. 2545. การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ชัยรัตน์ นิลนนท์ ธีระพงศ์ จันทรมนิยม ประกิจ ทองคำ และ สมเกียรติ สีสนอง. 2548. การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน. ใน เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. หน้า 51-62. สงขลา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ถนัด รัตนานุกพงศ์. 2531. การเสริมยูเรีย - กากน้ำตาล และใบกระถิน - กากน้ำตาลในฟางข้าวสำหรับโคนมในฤดูแล้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทิศานดี สังข์โพธิ์. 2544. ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะของหญ้าขน (*Brachiaria mutica*) ในแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2527. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. หจก. ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่.

- ประดิษฐ์ อาจชมภู ศิริศักดิ์ บริรักษ์ธนกุล เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒนะ และสมพร จันทระ. 2551. การพัฒนาทางไบโปลาสมันน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะ. เอกสารประกอบ สัมมนาวิชาการ การพัฒนาอาชีพการเลี้ยงแพะอย่างยั่งยืน งานแพะแห่งชาติครั้งที่ 5 ณ สวนสมเด็จพระศรีนครินทร์ นครศรีธรรมราช 23 เมษายน 2551 หน้า 57-66.
- ประธาน เสนีย์วงศ์ ณ. อยุธยา. 2536. การปรับปรุงคุณค่าของฟางข้าวโดยการหมักด้วยเชื้อราเพื่อใช้เป็น อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปาณิสรา สงครามมะลิ. 2548. การเพิ่มปริมาณโปรตีนและคุณค่าทางอาหารในฟางข้าวเพื่อเป็นอาหารสัตว์ โดยใช้จุลินทรีย์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปิ่น จันจุฬา. 2558. การพัฒนาและการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากการปลูกปาล์มน้ำมัน และอุตสาหกรรม น้ำมันปาล์มเพื่อเป็นอาหารสัตว์: 1. ศักยภาพ และการใช้ทางไบโปลาสมันน้ำมันเป็นแหล่งอาหารเอื้อย สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ว. วิทยาศาสตร์สงขลานครินทร์. 2:2-16.
- พันทิพา พงษ์เพ็ญจันทร์. 2539. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ภิญญาดา แซ่ตั้ง. 2546. การโคลนและวิเคราะห์โครงสร้างของยีนลิกนินเนสที่สำคัญจากเห็ดหึ่ง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. พันธุ์พลับพลึง. กรุงเทพฯ.
- ยิ่งลักษณ์ คุ่มสุพรรณ. 2543. ผลของการปรับปรุงคุณภาพหญ้าแฝกโดยเชื้อเห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor- caju*) ต่อการยอมรับและการใช้ประโยชน์ในแกะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิชัย ปานสมุทร วิทยา พงศ์พฤทธิ และชวน อินตะรังสี. 2546. ปาล์มน้ำมัน. สำนักพัฒนาพลังงาน กรม พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพฯ.
- วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. 2530. ผลของการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวต่อการเจริญเติบโตและการย่อยได้ในแกะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วุฒิชัย สีเผือก. 2549. การเพิ่มศักยภาพการเลี้ยงโคเนื้อและแพะโดยใช้ผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมันและ อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในพื้นที่ภาคใต้. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์นครศรีธรรมราช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. เอกสารประกอบการบรรยายพิเศษ โครงการอบรมบริการ วิชาการเรื่อง หลักการใช้ผลพลอยได้จากการปลูกปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเพื่อเป็น อาหารโคและแพะ. คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาสุราษฎร์ ธานี วันที่ 28 เมษายน 2549. 12 น.
- ศิริชัย มามีวัฒนะ. 2532. พันธุ์ปาล์มน้ำมัน: ในโครงการวิจัย และพัฒนาปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยพืชสวนสุ ราษฎร์ธานี. หน้า 11-15.
- ศักดิ์ศิลป์ โชติสกุล และวินาภรณ์ กุฎีรัตน์. 2545. เอกสารวิชาการเรื่องปาล์มน้ำมัน. กรมส่งเสริม การเกษตร, กรุงเทพฯ.
- ศุภรัตน์ บุญคง. 2553. การสกัดเอ็นไซม์โพลีแซคคาไรด์จากก้อนเห็ดใช้แล้วเพื่อเสริมอาหารสัตว์. ปัญหา พิเศษ. วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

- 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).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร-ปาล์มน้ำมัน. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: <http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/palm.pdf> (เข้าถึงเมื่อ 12 ตุลาคม 2557).
- อังคณา หาญบรรจง และดวงสมร สิ้นเจิมสิริ. 2532. การวิเคราะห์และประเมินคุณภาพอาหารสัตว์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- 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.
- Abu Hassan, O. and M. Ishida. 1991. Effect of water, molasses and urea addition on oil palm frond silage quality-Fermentation characteristics and palatability to Kedah-Kelantan bulls. *Proc. of the 3rd. Int. Symp. on the Nutrition of Herbivores. 25-30th August 1991, Penang, Malaysia*, pp. 94.
- Abu Hassan, O. and M. Ishida. 1992. Status of Utilization of select fibrous crop residues and animal performance with emphasis on processing of oil palm fronds (OPF) for ruminant feed in Malaysia. *Tropical Agriculture Research Center (TARC @ JIRCAS), TARS No.25. Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery, Japan*. pp. 134-143.
- Abu Hassan, O., M. Ishida, S. Oshio and Z. Ahmud Tajuddin. 1995. Utilization of oil palm trunk and fronds as feed for ruminant. *Proc.1st International Symp. on the Integration of Livestock and Oil Palm Production. 25-27 May 1995. Kuala Lumpur*. pp. 127-136.
- Abu Hassan, O., M. Ishida, I. Mohd. Shugri and Z. Ahmud Tajuddin. 2006. Oil-palm fronds as a roughage feed source for ruminant in Malaysia. *Livestock research division. Malaysia Agriculture Reserch and Development Institute (MARDI). Kuala Lumpur. Malaysia* 8 p.
- Abu Hassan, O., S. Oshio, A. R. Ismail, D. Mohd. Jaafar, N. Nakanishi, I. Dahlan and S. H. Ong. 1991. Experiences and challenges in processing, treatment, storage and feeding of oil palm trunks based diets for beef production. *Proc. of Seminar on Oil Palm Trunks and Other Palmwood Utilization. (Oil Palm Tree Utilization Committee of Malaysia). 4-5th March 1991, Kuala Lumpur Malaysia*, pp. 231-245.
- Aharoni, Y., H. Tagari and R. C. Bosston. 1991. A new approaches to the quantitative estimation of nitrogen metabolic pathway in the rumen. *Br. J. Nutr.* 66:407-422.
- Akmar, P. F., W. Rashida, W. A. Kadir, W. A. Ibrahim and S. Noraklakman. 1996. Products from oil palm residues. In: *Proceedings of the Agricultural Conference on International Palm Oil Congress, 23-28 September, 1996, Kuala Lumpur. Palm Oil Research Institute of Malaysia*. pp. 588-590.

- Alimon, A. R. and M. Hair Bejo. 1995. Feeding systems based on oil palm byproducts in Malaysia. 1st International Symposium on the integration of livestock to oil palm production. MSAP/FAO and UPM, 25–27th June 1995, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Al-Rabbat, M.F., R.L. Baldwin and W.C. Weimer. 1971. Microbial growth dependence on ammonia nitrogen in the bovine rumen: a quantitative study. J. Dairy Sci. 54:1162–1171.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. The 14th ed., Washington, D. C.: Association of Official Analytical Chemists.
- Ball, A. S. and A. M. Jackson. 1995. The recovery of lignocelluloses–degrading enzymes from spent mushroom compost. Bioresource Technology 54: 311–314.
- Bedford, M. R. and G. G. Partridge. 2001. Enzymes in farm Animal Nutrition. eds. CABI Publ., Wallingford, Oxon, UK.
- Bengaly, K. 2002. Enhancing the Utilization of Oil Palm Fronds (*Elaeis guineensis*) by Stream Treatment and Nitrogen Supplementation in Ruminant. Ph.D. Thesis, Universiti Putra Malaysia.
- Call, H. P. and I. Mücke. 1997. History, overview and applications of mediated lignolytic systems, especially lacase–mediatorsystems (Lignozym–process). J. Biotechnol. 53:163–202.
- Chanjula, P., M. Wanapat, C. Wachirapakorn, S. Uriyapongson and P. Rowlinson. 2003. Ruminant degradability of tropical feeds and their potential use in ruminant diets. Asian–Aust. J. Anim. Sci. 16:211–216.
- Chanjula, P. and S. Sornnok 2007. Effects of Varieties and Timing of Subsequent Cutting on Yield and Chemical Composition of Cassava Hay in Southern. Songklanakarin J. Sci. and Technol. 29:49–60.
- Charline, W. S. 2000. Yeast in Animal Feeds. Available Source: <http://members.aol.com/ChazStone/Yeast.html>, October 31, 2002.
- Chen, X. B. 1996. An Excel Application Programme for Processing Feed Degradability Data. User Manual. Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen.
- 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.
- Cowling, E. B. and T. K. Kirk. 1976. Properties of cellulose and lignocellulosic materials as substrates for enzymatic conversion process. Biochem. Bioeng. Symp. 6:95–123.
- Crosthwaite, C., M. Ishihara and G. N. Richards. 1984. Acid–ageing of lignocellulosics to improve ruminant digestibility–Application to bagasse wheat and rice straw and oat hulls. J. Sci. Food Agric. 35:1041–1050.
- Dahlan, I., Islam, M. and A. M. Rajion. 2000. Nutrient intake and digestibility of fresh ensiled and pelleted oil palm (*Elaeis guineensis*) frond by goats. Asian–Aust. J. Anim. Sci. 13:1407–1413.

- De Boer, G., J. J. Murphy and J. J. Kennelly. 1987. Mobile nylon bag for estimating intestinal available of rumen undegradable protein. *J. Dairy Sci.* 70:977–982.
- Diaz, A., J. L. Toullec., A. Blandino., I. D. Ory and I. Caro. 2013. Pretreatment of rice hulls with alkaline peroxide to enhance enzyme hydrolysis for ethanol production. *Chemical Engineering Transactions* 32: 949–954.
- Dorado, J., G. Almendros, S. Camarero, A. T. Martinez, T. Vares and A. Hatakka. 1999. Transformation of wheat straw in the course of solid–state fermentation by four ligninolytic basidiomycetes. *Enzyme. Microb. Technol.* 25:605–612.
- Doyle, P. T. 1982. *The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds* (Ed. P. T. Doyle). Univ. of Melbourne Printing Services, Parkville, Australia.
- Doyle, P. T., C. Devendra and G. R. Pearce. 1986. Rice straw as feed for ruminant. *International Development Program of Australian University and Collage, Canberra.* 117p.
- Durán, N. and J. L. Reyes. 1988. Chemical and photochemical pretreatment of rice hull and its fungal degradation. *Biotechnology and Bioengineering* 32: 564–568.
- Elisashvili, V., M. Penninckx, E. Kachlishvili, N. Tsiklauri, E. Metreveli, T. Khaziani and G. Kvesitadze. 2008. *Lentinus edodes* and *Pleurotus* species lignocellulotic enzymes activity in submerged and solid–state fermentation of lignocellulosic wastes of different composition. *Bioresource Tech.* 99:457–462.
- Fazaeli, H., H. Mahmodzadeh, Z. A. Y. Rouzbehan, J. B. Liang, and A. Azizi. 2004. Utilization of fungal treated wheat straw in the diet of late lactating cow. *Asian–Aust. J. Anim. Sci.* 17:467–472.
- Forbes, J. M. 1986. *The Voluntary Food Intake of Farm Animal.* London: Butterworths.
- Ghorbani, G. R., D. P. Morgavi, K. A. Beauchemin and J. A. Z. Leedle. 2002. Effects of bacterial direct–fed microbials on ruminal fermentation, blood variables, and the microbial populations of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80:1977–1985.
- Gilbertson, R. L. 1980. Wood–rotting fungi of North America. *Mycologia.* 72:1–49.
- Gutierrez, A., A. Prieto and A. T. Martinez. 1996. Structure characterization of extracellular polysaccharides produced by fungi from the genus *Pleurotus*. *Carboh. Res.* 281:143–154.
- Hadder, Y., Z. Kerem and B. Gorodecki. 1993. Biodegradation of ligno cellulosic agricultural waste by *Pleurotus sajor–caju*. *J. of Biotechnol.* 30:133–139.
- 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.
- Hart, F. J. and M. Wanapat. 1992. Physiology of digestion of urea–treated rice straw in swamp buffalo. *Asian–Aust. J. Anim. Sci.* 5:617–622.
- Hoover, W. H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 69:2755–2766.

- Hungate, R. E. 1969. A roll tube method for cultivation of strict anaerobes. In: Methods in Microbiology. (Eds.) J. R. Norris and D. W. Ribbons. New York. Academic. 313:117.
- Huntington, G.B. 1997. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. J. Anim. Sci. 75:852–867.
- 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. Jelani. 2000. Productivity and nutritive values of different fractions of oil palm (*Elaeis guineensis*) frond. Asian–Aust. J. Anim. Sci. 13:1113–1120.
- Jackson, M. B. 1977. Review article: The alkali treatment of straw. Anim. Feed Sci. Technol. 2:105–130.
- Jalc, D., F. Nerud, R. Zitnan and P. Siroka. 1996. The effect of white–rot *Basidiomycetes* on chemical composition and *in vitro* digestibility of wheat straw. Folia Microbiol. 41:73–75.
- Jennings, D. H. and G. Lysek. 1999. Fungal biology. 2e sny. Understanding the fungal lifestyle. p. 166. BIOS Scientific Publishers Ltd., UK.
- Khamsekhiew, B., J. B. Liang, Z. A. Jelani and C. C. Wong. 2002. Fibre degradability of oil palm frond pellet, supplemented with *Arachis pintoii* in cattle. Songklanakarin J. Sci. Technol. 24: 209–216.
- Krik, T. K. and E. Alder. 1970. Methoxyl deficient structural elements in lignin of sweetgum decayed by a brown–rot fungus. Acta Chem Scandinavica. 24:337–390.
- Kirk, T. K., Schultz, W. J. Connors, L. F. Lorenz and J. G. Zeikus. 1978. Influence of culture parameters on lignin metabolism by *Phanerochaete chrysosporium*. Arch. Microbiol. 117:277–285.
- Lim, S–H., Y–H. Lee and H–W. Kang. 2013. Efficient recovery of lignocellulolytic enzymes of spent mushroom compost from oyster mushroom, *Pleurotus* spp., and potential use in dye decolorization. Mycobiology. 41:214–220.
- Maeng, W. J., C. J. Van Nevel, R. L. Baldwin and J. G. Morris. 1976. Rumen microbial growth rates and yields: effect of amino acids and protein. J. Dairy Sci. 59:68–79.
- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh and C. A. Morgan. 1995. Animal Nutrition. 5th ed. Prentice Hall: London.
- Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing Sugar. Analytical Chemistry. 31:426–428.
- Mohd Suki, H. I. 2003. Fattening of beef cattle with oil palm by–products–oil palm frond based diets. Proceedings of the 8th Meeting of the Regional Working Group on Grazing and Feed Resources

- for Southeast Asia, (eds. Ridzwan, A.H., A.H. Nor Raizan and M. N. Samiyah). Kuala Lumpur, Malaysia, 22–28 September 2003, pp. 71–75.
- Morad, N. A. and A. A. K. Mustafe. 1997. Process design for palm oil refinery. Feed mix. 5:27–29.
- 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.
- Nimz, H. 1974. Beech Lignin–Proposal of a Constitutional Scheme. Angew. Chem. Int. Ed. 13:313–321.
- Nocek, J. E. and J. B. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system, Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. J. Dairy Sci. 71:2070–2107.
- 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.
- Oldham, J. D. 1984. Protein–energy interrelationships in dairy cows. J. Dairy Sci. 67:1090–1114.
- Oshio, S., O. Abu Hassan, A. Takigawa, D. M. Jafar, A. Abe, I. Dahlan and N. Nakanishi. 1990. Processing and utilization of oil palm by–products for ruminants. In MARDI/TARC Collaborative Study Report, pp. 110.
- Ørskov, E. R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92:499–503.
- 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.
- Paengkoum, P., J. B. Liang, Z. A. Jalan and M. Basery. 2006. Utilization of steam–treated oil palm frond in growing goats : I Supplementation with dietary urea. Asian–Aust. J. Anim. Sci. 19:1305–1313.
- Phan, C–W. and V. Sabaratnam. 2012. Potential uses of spent mushroom substrate and its associated lignocellulosic enzymes. Applied Microbiology and Biotechnology 96:863–873.
- Playne, M. J. 1972. Australian Journal of Experimental Agriculture. Animal Husbandry. 12:378.
- Preston, T. R. and R. A. Leng. 1987. Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Sub–tropics. Penambull Book Armidale, Australia.
- Punj, M. L. 1967. The Utilization of Agricultural By–products and industrial Waste Materials for Evolving Economic Rations for Livestock. Research Highlight of All India Coordinated Research Project. College of Veterinary Science and Animal Husbandry, J. N. Krishi Vidyalaya, Jabalpur (M. P.).

- Ragunathan, R., R. Gurusamy, M. Palaniswamy and M. Swaminathan. 1996. Cultivation of *Pleurotus* spp. on various agro-residues. *Food Chem.* 55:139–144.
- Rahman, M. M., M. Lourenc, H. A. Hassim, J. J. P. Baars, A. S. M. Sonnenberg, J. W. Cone, J. De Boever and V. Fievez. 2011. Improving ruminal degradability of oil palm fronds using white rot fungi. *Anim. Feed Sci. Technol.* 169:157–166.
- Raj, S. N., T. K. Walli and B. N. Gupta. 1989. The chemical composition and nutritive value of rice straw after treatment with urea or *Coprinus fimetarius* in solid state fermentation system. *Anim. Feed Sci. Technol.* 26:81–92.
- Reese, E. T. 1976. History of the cellulose program at the U. S. army Natick development center. *Biotechnol. Bioeng. Symp.* 6:9–20.
- Romeo, V. A. 1983. Growing edible fungi on fibrous agricultural residue—an appropriate technology for the village. pp. 261–265.
- Runsselaer. 2005. Hemicellulose. Available Source : www.rpi.edu/FUNDAMNT/hemicel.gif, July 17, 2005.
- Ryu, D. D. Y. and M. Mandels. 1980. Cellulase: Biosynthesis and applications. *Enzyme. Microb. Technol.* 2:91–102.
- Saha, B. C., L. B. Iten, M. A. Cotta and Y. V. Wu. 2005. Dilute acid pretreatment, enzymatic saccharification, and fermentation of rice hulls to ethanol. *Biotechnology Progress.* 21:819–822.
- Sarnthima, R., S. Khammuang. and J. Svasti. 2009. Extracellular ligninolytic enzymes by *Lentinus polychrous* Lev. Under solid-state fermentation of potential agro-industrial wastes and their effectiveness in decolorization of synthetic dyes. *Biotechnology and Bioprocess Engineering.* 14:513–522.
- Sasaki, K. 1982. Enzymatic saccharification of rice hull cellulose. *JANQ.* 16(2): 144–150.
- Satter, L. D. and L. L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *Br. J. Nutr.* 32: 199–208.
- Singh, K., S. N. Rai. Rakatan and Y. W. Han. 1990. Biochemical profiles of solid state fermented wheat straw with *Coprinus fimetarius*. *Ind. J. Dairy Sci.* 60:984–990.
- Song, M. K. and J. J. Kennelly. 1990. Ruminal fermentation pattern, bacteria population and ruminal degradation of feed ingredients as influenced by ruminal ammonia concentration. *J. Anim. Sci.* 68:1110–1120.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach.* 2nd ed. McGraw-Hill Book Co., New York, NY.
- Streeter, C. L., K. E. Conway, G. W. Horn and T. L. Mader. 1982. Nutritional evaluation of wheat straw incubated with the edible mushroom. *Pleurotus ostreatus* *J. Anim. Sci.* 54:183–188.

- 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.
- Vitti, D. M., A. L. Abdalla, J. C. Silva Filho, N. L. del Mastro, R. Mauricio, E. Oven and F. Mould. 1999. Misleading relationships between *in situ* rumen dry matter disappearance, chemical analyzed and *in vitro* gas production and digestibility, of sugarcane bagasse treated with varying levels of electron irradiation and ammonia. *Anim. Feed Sci. Technol.* 79:145–153.
- Wanrosli, W. P., Z. Zainuddin and L. K. Lee. 2004. Influence of pulping variables on the properties of *Elaeis guineensis* soda pulp as evaluated by response surface methodology. *Wood Sci. and Technol.* 38:191–2005.
- 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.
- Wan Zahari, M., J. Sato, S. Furuichi, A. R. Azizan and M. Yunus. 2003. Commercial processing of oil palm fronds in Malaysia. In: *Forage and Feed Resources in Commercial Live. Prod. System*, Kualalumpur. pp. 59–65.
- Wan Zahari, M., S. Oshio, D. Mohd Jaffar, M. A. Najib, I. Mohd Yunus and M. S. Nor Ismail. 2000. Voluntary intake and digestibility of treated oil palm fronds. In: *Silage Making in the Tropics with Particular Emphasis on Smallholders*. (ed. L. 't Mannetje). pp. 114–118.
- Wongputtisin, P., C. Khanongnuch, W. Khongbantad, P. Niamsup and S. Lumyong. 2012. Screening and selection of *Bacillus* spp. for fermented corticated soybean meal production. *J. Appl. Microbiol.* 113: 798–806
- Zadrazil, F., D. N. Kamra, O. S. Isikhuemhen, F. Schuchardt and G. Flachowsky. 1996. Bioconversion of lignocellulose into ruminant feed with white rot fungi — review of work done at the FAL. Braunschweig *J. Appl. Anim. Res.* 10:105–24.
- Zadrazil, F. 1984. Microbial conversion of lignocellulose into feed. In: F. Sunstol and F. N. Owen (eds.). *Straw and Other Fibrous by-Products as Feed*. pp. 276–286. Elsevier, Netherlands.
- Zahari, M. W. and A. R. Alimon. 2003. Use of palm kernel cake and oil palm by-products in compound feed. *Palm oil developments* 40. Malaysian Palm Oil Board: 5–9.

ภาคผนวก ก

เอกสารงานวิจัยภายใต้โครงการที่ได้รับการตีพิมพ์ และที่ได้รับการนำเสนอในการ
ประชุมสัมมนาในระดับประเทศและ/ หรือนานาชาติ

1. การนำเสนอในการประชุมสัมมนาระดับนานาชาติ

1. Chanjula, P, V. Petcharat and C. Promkot. 2015. Nutritive value of oil palm fronds treated with white rot fungi. In: Proc. the 5th International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries Pattaya, Chonburi, Thailand, 27th – 30th October, 2015. (Accepted to presentation type: oral presentation, June 27th – 30th October. (ตั้งเอกสารแนบ).

2. ผลงานวิจัยที่อยู่ระหว่างการจัดเตรียมนำเสนอเพื่อตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

1. Chanjula, P, V. Petcharat and C. Promkot. 2015. Effect of fungal treatment on nutritive value of oil palm fronds. (Submit to Asian Australasian Journal of Animal Science, October 2016).

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก 1: วิธีการทำอาหาร Potato Dextose Agar (PDA) สำหรับเลี้ยงเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ

วัสดุและอุปกรณ์

1. มันฝรั่ง	200	กรัม
2. น้ำตาล Dextose	20	กรัม
3. วุ้นผง	15	กรัม
4. น้ำสะอาด	1,000	มิลลิลิตร
5. หม้อนึ่งความดัน		

วิธีการ

- นำมันฝรั่งมาปอกเปลือกและล้างให้สะอาด หั่นเป็นรูปลูกเต๋าขนาด 1x1x1 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ต้มให้สุก กรองแยกเอาน้ำต้มมันฝรั่งมาผสมกับส่วนผสมอื่นๆตามสูตร เคี่ยวให้วุ้นละลายเข้ากันดี
- นำส่วนผสมที่ได้ไปนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 °C ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที
- ปล่อยให้อาหารเลี้ยงเชื้อพออุ่น แล้วเทอาหารลงในจานเลี้ยงเชื้อที่อบฆ่าเชื้อแล้ว

ภาคผนวก 2: วิธีการเลี้ยงและเพาะขยายเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ

- ตัดชิ้นวุ้นเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากกรมวิชาการเกษตร วางลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ทิ้งไว้ 3-5 วัน
- ตัดชิ้นวุ้นบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อ วางลงเลี้ยงในข้าวฟ่างนึ่งฆ่าเชื้อเพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการทดลองต่อไป
- ทิ้งไว้ 5-7 วัน สังเกตว่าเชื้อเจริญเต็มเมล็ดข้าวฟ่าง เคาะให้เมล็ดร่วงไม่ติดกันเป็นก้อน ระวังอย่าให้เส้นใยเจริญจนแก่มากเกินไป

ภาคผนวก 3: วิธีการเตรียมใบสดบด และทางใบสดบดปาล์มน้ำมันและการทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ

วิธีการเตรียมใบสด

- ตัดทางใบปาล์มน้ำมันบริเวณใบล่างสุดหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว นำมาตัดบริเวณโคนของทางใบที่มีหนามและแข็งออก
- ตัดใบสดออกจากทางปาล์มน้ำมันแยกไว้ แล้วนำไปใส่เครื่องย่อย

วิธีการเตรียมทางใบสดปาล์มน้ำมัน

- ตัดทางใบปาล์มน้ำมันบริเวณใบล่างสุดหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว นำมาตัดบริเวณโคนของทางใบที่มีหนามและแข็งออก

2. นำทางใบของปาล์มน้ำมันใส่ลงไปในเครื่องย่อย โดยไม่มีการตัดแยกใบและก้าน

การทดลองที่ 1 การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ บนใบสดและทางใบสด บดในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. นำใบปาล์มน้ำมันหรือทางใบของปาล์มน้ำมันที่บดย่อยแล้ว ใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (plate)
2. นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่ใบปาล์มน้ำมันหรือทางใบของปาล์มน้ำมันที่บดย่อยห่อด้วยกระดาษและใส่ลงในถุงร้อน นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 °C ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานำออกมาทิ้งไว้ให้เย็นเพื่อรอเตรียมย้ายเชื้อต่อไป
3. เจาะปลายขอบโคโลนีของเส้นใยเชื้อเห็ดชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปวางบนใบปาล์มน้ำมันหรือทางใบของปาล์มน้ำมันที่บดย่อยแล้ว บริเวณตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ
4. สังเกตการเจริญของเส้นใยในใบปาล์มน้ำมันหรือทางใบของปาล์มน้ำมันบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ บันทึกผลการเจริญของเส้นใยทุกๆ 2 วัน จนเชื้อเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

การทดลองที่ 2 การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ บนใบสดและทางใบสด บดในขวดรูปชมพู่

สูตรที่ 1: การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ บนใบสด และทางใบสดบดใน
ขวดรูปชมพู่ (ไม่ผสมยูเรีย)

วิธีการ

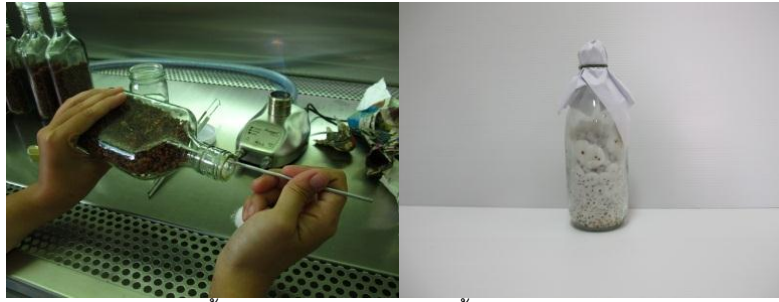
1. นำใบปาล์มน้ำมันหรือทางใบของปาล์มน้ำมันที่บดย่อยแล้ว ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ (flask) ให้ถึงขีด 300 ml. นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 °C ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 30 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาที่ขวดรูปชมพู่ไว้ให้เย็น
2. ตักเชื้อเห็ดที่เจริญอยู่ในเมล็ดข้าวฟ่างใส่ลงในขวดรูปชมพู่ปริมาณ 2 ช้อนชา
3. ใช้แท่งแก้วฉนวนไฟฆ่าเชื้อ คนให้เมล็ดข้าวฟ่างกระจายเต็มขวด สังเกตผลการเจริญของเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ และบันทึกผลระยะเวลาในการเจริญเต็มขวด ความหนาแน่นของเส้นใย เมื่อเชื้อเจริญเต็มขวด
4. เก็บตัวอย่างเส้นใยของเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ ที่เจริญในขวดทุกๆ 1 สัปดาห์ จนครบ 3 สัปดาห์ โดยบันทึกน้ำหนักสดก่อนนำตัวอย่างไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส
5. เมื่อตัวอย่างอบแห้งเรียบร้อยแล้ว นำมาบันทึกน้ำหนักแห้ง และหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตัวอย่างทุกสัปดาห์ จนครบ 3 สัปดาห์

สูตรที่ 2: การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ ในไบสโต และทางไบสโตบดในขวดรูปชมพู่ (ผสมยูเรีย)

วิธีการ

1. นำไบปาล์มน้ำมันหรือทางไบของปาล์มน้ำมันที่บดย่อยแล้วแช่ลงในยูเรียความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นใส่ลงในขวดรูปชมพู่ (fask) ให้ถึงขีด 300 ml. แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 °C ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 30 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาดึงขวดรูปชมพู่ไว้ให้เย็น
2. ตักเชื้อเห็ดที่เจริญอยู่ในเมล็ดข้าวฟ่างใส่ลงในขวดรูปชมพู่ปริมาณ 2 ช้อนชา
3. ใช้แท่งแก้วฉนวนไฟฟ้าเชื้อ คนให้เมล็ดข้าวฟ่างกระจายเต็มขวด สังเกตผลการเจริญของเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ และบันทึกผลระยะเวลาในการเจริญเต็มขวด ความหนาแน่นของเส้นใย เมื่อเชื้อเจริญเต็มขวด
4. เก็บตัวอย่างเส้นใยของเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ ที่เจริญในขวดทุกๆ 1 สัปดาห์ จนครบ 3 สัปดาห์ โดยบันทึกน้ำหนักสดก่อนนำตัวอย่างไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส
5. เมื่อตัวอย่างอบแห้งเรียบร้อยแล้ว นำมาบันทึกน้ำหนักแห้ง และหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตัวอย่างทุกสัปดาห์ จนครบ 3 สัปดาห์

ภาพแสดงวิธีการเลี้ยง การเพาะขยายเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ และการศึกษาการย่อยได้



1. ย้ายเชื้อเห็ดลงข้าวฟ่าง 2. เชื้อเจริญเต็มขวดข้าวฟ่าง 15 วัน

ภาพที่ 1. ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อในข้าวฟ่าง



1 การตัดทางปาล์ม 2. ขั้นตอนเตรียมทางใบก่อนบด 3. ขั้นตอนการบดทางใบปาล์ม



4. ขั้นตอนการใส่ใบปาล์มลงถุง 5. การนึ่งทางใบปาล์มภาพหลังใส่ในถุง 6. ย้ายเชื้อลงก้อนทางปาล์ม



7. เชื้อเจริญเต็มถุงที่ 3 สัปดาห์



8. ขั้นตอนการเทออกจากถุงเพื่อตาก ภายหลังจากเลี้ยงเชื้อแล้ว 3 สัปดาห์

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน โดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน” มกราคม พ.ศ. 2559



9. ขั้นตอนการตากใบปาล์ม และทางใบปาล์ม และเก็บภายหลังการตากแดดจนแห้งเพื่อใช้ทดสอบเลี้ยงสัตว์ต่อไป
ภาพที่ 2. ขั้นตอนการทำก้อนเชื้อจากใบปาล์ม (OPL) และทางใบปาล์ม (OPF)



1. การเตรียมตัวอย่างอาหารใส่ถุงไนล่อน (nylon bag technique)



2. การเตรียมตัวอย่างอาหารใส่ในกระบอก (ruminally fistulated cattle) ภายในตัวโค



3. การศึกษาการย่อยได้ และเก็บถุงตัวอย่างอาหาร (nylon bag technique) และการวัดอุณหภูมิภายในตัวโค
ภาพที่ 3. การวัดความสามารถในการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ของใบปาล์ม และทางใบปาล์มในโคลูกผสม

ภาคผนวก ค
ประวัติผู้จัดทำรายงานวิจัย

ชื่อ – สกุล	นาย ปิ่น จันจุฬา
วัน เดือน ปีเกิด	28 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2507
ตำแหน่งปัจจุบัน	- รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ - คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ว. หาดใหญ่
สาขาชำนาญการ	- โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง
อายุราชการ	- 23 ปี
เครื่องราชอิสริยาภรณ์	- ต.ม., ต.ช., ท.ม., ท.ช., ป.ม., ป.ช.
ผลงานทางวิชาการ	- งานแต่งหนังสือ 1 เล่ม - บทความวิจัยตีพิมพ์ (ภาษาไทย) 25 เรื่อง - บทความวิจัยตีพิมพ์ (ภาษาอังกฤษ) 20 เรื่อง - บทความวิจัยเสนอในที่ประชุมวิชาการ (ภาษาไทย) 17 เรื่อง - บทความวิจัยเสนอในที่ประชุมวิชาการ (ภาษาอังกฤษ) 18 เรื่อง - บทความทางวิชาการ 12 เรื่อง
รางวัลที่ได้รับ	- 11 th AJAS/CABI Outstanding Research Award, 2012 from the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies - รางวัลดีเด่น การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย เครือข่ายการวิจัยภาคใต้ตอนล่าง ครั้งที่ 22 ประจำปี 2555
หน่วยงาน/ ที่อยู่ติดต่อได้สะดวก	- ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90112 - โทร: (074) 558805; (074) 286074 - โทรสาร (074) 558805 E-mail: pin.c@psu.ac.th



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ โทร 6068

ที่ มอ 515/ วันที่

เรื่อง ขอส่งรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรียน หัวหน้าภาควิชาสัตวศาสตร์

ตามที่ข้าพเจ้าได้รับเงินอุดหนุนทุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประเภทประจำปี 2557 ให้ดำเนินการวิจัยเรื่อง ผลของ fungal treatment ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in sacco* ของทางใบปาล์มน้ำมัน ดังความแจ้งแล้วนั้น

บัดนี้การดำเนินการวิจัยได้สำเร็จเรียบร้อยแล้ว ข้าพเจ้าขอส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 7 ชุด พร้อมแผ่นบันทึกข้อมูล 1 แผ่น มาเพื่อพิจารณา และขอเบิกเงินวิจัยงวดสุดท้าย

จึงเรียนมาเพื่อพิจารณา และดำเนินการต่อไป

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่น จันจุฬา)

หัวหน้าโครงการวิจัยฯ

Nutritive value of oil palm fronds treated with white rot fungi

Chanjula, P.^{1*}, V. Petcharat², & C. Promkot³

¹Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus 90110, Thailand

²Department of Pest Management, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus 90110, Thailand

³Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon nakhon Campus, 47160, Sakon nakhon, Thailand

Abstract: The effects of biological treatment with white rot fungi (WRF) on chemical composition of OPF were investigated using a completely randomized design with a 6x3 factorial arrangement consisting of eighteen treatments and four replicates. Fungal treatments decreased ($p<0.05$) the amount of NDF and ADF, but they increased ($p<0.05$) CP content of OPF. As a result of this experiment, treatment of OPF with six WRF particularly *Lentinus sajor-caju* (LSc) and *Schizophyllum commune* (SC) resulted 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 OPF.

Keywords: Fungal treatment, oil palm fronds, nutritive value, white rot fungi

Introduction

Oil palm, *Elaeis guinensis*, is an important crop of Thailand and other tropical countries. The production of palm oil has expanded rapidly, which is associated with production of a variety of agricultural co-products among which are leaves and petioles from oil palm trees, also called oil palm fronds (OPF), are an important co-product. OPF in particular has been given emphasis lately as it has great potential to be utilized as a roughage source or as a component in complete feed for ruminants. However, the utilization of these materials as a feed source for ruminants is limited for their complex biological structure and low protein content (Ishida and Abu Hassan, 1997). This is consistent with low OPF digestibility in ruminant. As a result, OPF have a low energy value, varying between 4.9 and 5.6 MJ metabolisable energy (ME)/kg DM (Zahari and Alimon, 2005). To degrade the lignocellulosic bonds and increase bioavailability of nutrients, various physical and chemical delignification methods have been examined in agricultural co-products such as rice and wheat straw (Hamed and Elimam, 2010). Although these methods have advantages, they are costly, low in effectiveness, not environmentally friendly and also require application of technology. Additionally, colonization with white rot fungi (WRF) is considered to be a promising technique because of its preferential degradation of lignin (Okano et al., 2005). Due to the existence of many species and strains of WRF in nature and their possible different effects on the nutritive value of the substrates, there is an increased research interest on the characteristics of the species and strains including the ability of their growth on the OPF and their effects the nutritive value of the OPF. This study was conducted to assess the effect of six WRF for their ability and selectivity to degrade lignin and their effect on chemical composition.

Materials and Methods

Preparation of the white rot fungi inoculum: Stock culture of six WRF (*Pleurotus ostreatus*, PO; *Pleurotus djamor*, PD; *Lentinus squarrosulus*, LS; *Schizophyllum commune*, SC; *Lentinus polychrous*, LP; *Lentinus sajor-caju*, LSc) were provided by the Division of Applied Microbiology, Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperative, Thailand and kept at 4 °C. Before being used, each WRF was separately grown in Petri dishes

containing 25 ml potato dextrose agar (200 g potato, 20 g dextrose and 12 g agar) at 25 °C for 5-7 days. Then each WRF was transferred into sterile sorghum seeds, incubated for 7-10 days and it was used as inoculum.

Treatment of oil palm fronds (OPF): This study based on OPF were randomly assigned to a completely randomized design with a 6x3 factorial arrangement to evaluate six white rot fungi (WRF) (coded: PO, PD, LS, SC, LP and LSc) with three levels of urea (0, 0.5 and 1% DM basis). Fresh OPF were chopped into 1–2 cm lengths, packed in cotton bags (30×45 cm) and then autoclaved twice at 120 °C for 30 min with cooling between cycles. The autoclaved OPF were inoculated with spawns (at a rate of 3-4% w/w) of six WRF cultures with three levels of urea and repacked in plastic bags (17.8×30 cm). Before inoculating with the WRF, the moisture content of OPF was adjusted to 600 g/kg by adding 45 ml of distilled water to 40-45 g OPF directly in each inoculation recipient. The chemical composition of fresh OPF is presented in Table 1. The bags incubated in the fermentation chamber where temperature was automatically adjusted to 25°C and relative humidity was kept at 78±5% by spraying water.

Chemical analyses: After 21 days of incubation, the OPF were removed from the fermentation chamber allowed to dry at 60 °C for 96 h. Samples were weighed after drying to determine the DM. Sub-sample (about 20 g) were taken from each experimental unit and milled, through 1 mm sieve and analyzed for DM, ash, CP content (AOAC, 1995), and NDF and ADF (Van Soest et al. (1991). All data were subjected to the analysis of variance using Proc. GLM and treatment means were compared using Duncan's New Multiple Range Test.

Results and Discussion

Average chemical composition of fresh oil palm frond (OPF) is presented in Table 1. OPF contained 62.95% DM, 5.30% ash, 3.57% CP, 86.02% NDF and 71.69% ADF. Nevertheless, the nutritive value of OPF may depend on the combined effects of age and environmental factor including cultivar, growth stage, response to environmental factor, plant density, plant part, soil fertility, harvesting frequency, season and climate.

Table 1. Chemical composition of fresh oil palm fronds (OPF)

Item	% of DM basis
Dry matter (DM)	62.95
Organic matter (OM)	94.70
Ash	5.30
Crude protein (CP)	3.57
neutral detergent fiber (NDF)	86.02
Acid detergent fiber (ADF)	71.69
Hemicellulose	14.33

As shown in Table 2, there were no A×B interactions ($p>0.05$) with respect to growth rate, density and chemical composition of OPF, but there were significantly affected ($p<0.05$) by cultures of WRF; after 21 days of incubation, the maximum growth and density were observed in species LSc and SC compared with other treatment groups and the minimum for species PD. Likewise, growth rate was affected ($p<0.05$) by levels of urea; species of WRF receiving 1% of urea had greater growth rate than that of 0% of urea, whereas 0.5 and 1% of urea showed a similar growth. The chemical compositions of OPF are shown in Table 2. The CP, NDF, ADF contents ranged from 5.49-6.58, 62.28-77.50 and 55.55-67.14% respectively and were significant ($p<0.05$) among the treatments. Biological treatment of the OPF with WRF had significantly ($p<0.01$) increased the CP content. Among the treated WRF, CP was higher for the LSc, LS and SC. Similarly, increases in these CP levels were reported by Raganathan et al., (1996) for straw. It may be related to the amount of growth and cultural differences. The biological treatment of OPF with six species of WRF significantly ($p<0.05$) reduced the NDF and ADF contents of OPF. Similarly, decreases in these fiber fraction levels were reported by Jalç et al. (1996) for wheat straw. However, the ability of the WRF to

degrade these components varied among the species. LS and PO showed significantly ($p < 0.05$) lower ability than the others to decrease the NDF and ADF contents. The ash content ranged from 4.20-6.52 % and was not significant ($p > 0.0$) among the treatments. At all urea levels, CP increased significantly with increasing urea levels. Urea addition of 1% increased CP significantly compared with 0%. At all urea levels, NDF decreased significantly with increasing urea levels. Urea addition of 1% decreased NDF significantly compared with 0 and 0.5%, whereas ADF was affected ($p < 0.05$) by levels of urea. In conclusion, treatment of OPF with WRF particularly LSc and Sc resulted in a growth and 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 OPF.

Table 2. Number of days for full colonization and chemical composition of fungal treated oil palm frond at 3 weeks (% of DM basis).

Treatment		Number of days			Chemical composition		
WRF ¹	Urea (%)	Growth ²	Density ³	CP	NDF	ADF	Ash
PO	0	7.02 ^b	++	5.86 ^{abcd}	73.45 ^a	56.65 ^f	5.89
	0.5	7.00 ^b	++	5.77 ^{bcd}	73.91 ^a	56.46 ^{ef}	4.25
	1	7.00 ^b	++	6.20 ^{abcd}	71.45 ^{abc}	55.55 ^f	5.28
PD	0	7.10 ^a	+	5.49 ^d	70.96 ^{abc}	58.16 ^{cdef}	6.52
	0.5	7.10 ^a	++	6.05 ^{abcd}	73.19 ^a	60.12 ^{bcdef}	5.09
	1	7.02 ^b	++	5.70 ^{cd}	62.28 ^c	57.61 ^{def}	5.47
LS	0	5.02 ^c	++	5.84 ^{abcd}	74.90 ^a	65.17 ^{ab}	5.71
	0.5	5.00 ^c	++	6.10 ^{abcd}	77.50 ^a	67.14 ^a	6.03
	1	5.00 ^c	++	6.49 ^{ab}	75.29 ^a	64.07 ^{abcd}	5.45
SC	0	4.00 ^d	++	6.09 ^{abcd}	74.06 ^a	59.12 ^{bcdef}	4.91
	0.5	4.00 ^d	++	5.86 ^{abcd}	71.09 ^{abc}	57.73 ^{def}	5.59
	1	4.00 ^d	++	6.30 ^{abc}	70.98 ^{abc}	57.88 ^{def}	4.87
LP	0	5.03 ^c	+	5.50 ^d	70.78 ^{abc}	63.40 ^{abcde}	4.56
	0.5	5.00 ^c	+	5.82 ^{abcd}	69.39 ^{abc}	64.63 ^{abc}	4.20
	1	5.00 ^c	+	5.92 ^{abcd}	68.31 ^{abc}	62.26 ^{abcdef}	5.31
LSc	0	4.00 ^d	+++	6.13 ^{abcd}	71.80 ^{ab}	57.39 ^{def}	4.50
	0.5	4.00 ^d	+++	6.58 ^a	68.14 ^{abc}	56.51 ^f	5.28
	1	4.00 ^d	+++	6.50 ^{ab}	63.53 ^c	55.85 ^f	5.69
SEM		0.02	-	0.22	2.55	2.03	0.66
P-value	A ²	*	-	**	**	**	NS
	B ³	*	-	*	*	NS	NS
	AxB	NS	-	NS	NS	NS	NS

^{a-d} 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*.

²No. of days for full colonization of substrate.

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

*, ** Significantly different at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively. NS: Not significant.

References

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
- Hamed, A. H. M. and M. E. Elimam. 2010. Performance and digestibility in Nubian goats fed stream treated sorghum stover. Pak. J. Nutr. 9:298–301.
- Ishida, M. and O. Abu Hassan. 1997. Utilization of oil palm frond as cattle feed. Japan Agric. Res. Quart. 31:41–47.
- Jalc, D., F. Nerud, R. Zitnan and P. Sikora. 1996. The effect of white-rot basidiomycetes on chemical composition and in vitro digestibility of wheat straw. Folia. Microbiol. 41:73–75.
- 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.

- Ragunathan, R., R. Gurusamy, M. Palaniswamy and M. Swaminathan. 1996. Cultivation of *Pleurotus* spp. on various agro-residues. *Food Chem.* 55:139-144.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods of dietary fibre, neutral detergent fibre and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Zahari, M.W., and A.R. Alimon. 2005. Use of palm kernel cake and oil palm by-products in compound feed. *Palm Oil Developments*, vol. 40. Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 5–8.