

การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของกากปาล์มน้ำมันรวมโดยใช้ยีสต์ และบาซิลลัสซับติลิสเพื่อเป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำหรับสัตว์

The modified nutrient composition of crude palm oil meal by *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis* for development as protein feedstuff

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี^{1*}, จิรัฏฐวัฒน์ ศรีอ่อนเลิศ¹, วุฒิกร สระแก้ว² และ วรangkana กิจพิพิธ¹
Manat-Sanun Nopparatmaitree^{1*}, Jirathawat Sri-Onlaed¹, Wutthikorn Srakaew²
and Warangkana Kitpipit¹

บทคัดย่อ: การศึกษาการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของกากปาล์มน้ำมันรวมด้วยการหมักร่วมกับยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) และ บาซิลลัสซับติลิส (*Bacillus subtilis*) เพื่อพัฒนาเป็นแหล่งอาหารสำหรับสัตว์ โดยใช้แผนการทดลองแบบ 4 x 3 factorial in completely randomized design (CRD) แบ่งเป็น 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการหมัก (0, 15, 30 และ 45 วัน) ปัจจัย B คือ ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ (*Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ SC-105 (S), *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ BSC-23 (B) และเชื้อผสมระหว่าง S+B (50:50)) ผลการทดลอง พบว่า มีอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยต่อน้ำหนักผลผลิต (3,090.56-3,730.33 กรัม) และเปอร์เซ็นต์ผลผลิต (47.62-57.43%) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อทำการวิเคราะห์โภชนาของกากปาล์มน้ำมันรวมที่ผ่านการปรับปรุงโภชนาด้วยเชื้อจุลินทรีย์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่าการใช้ยีสต์จะทำให้ค่าโปรตีนในผลิตภัณฑ์สูงกว่าการใช้เชื้อบาซิลลัสซับติลิสและเชื้อผสม S+B (50:50) ($P<0.01$) นอกจากนี้ระยะเวลาในการหมักที่ 45 วัน จะให้ค่าโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยค่าโปรตีนที่ได้นั้นจะมีค่าการย่อยได้ด้วยเอนไซม์เปปซินเท่ากับ 72.99%

คำสำคัญ: การปรับปรุง คุณค่าทางโภชนา กากปาล์มน้ำมันรวม ยีสต์ บาซิลลัสซับติลิส และ อาหารสัตว์

ABSTRACT: An experiment was conducted to study on modified nutrient composition of crude palm meal by *Sacharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis* for development as protein feedstuff. The experimental design was 4 x 3 factorial in completely randomized design (CRD) with two factors. Factor A was fermented period (0, 15, 30 and 45 day), factor B was type of microorganism (*Sacharomyces cerevisiae*: SC-105 (S), *Bacillus subtilis*: BSC-23 (B), and S+B (50:50)). The results were shown that there was interaction between factor A and factor B on weight yield (3,090.56-3,730.33 g) and percentage yield (47.62-57.43%) ($P<0.01$). The nutrient composition of crude palm meal that fermented by *Sacharomyces cerevisiae* showed higher crude protein than that fermented by *Bacillus subtilis* and combined microbial S+B (50:50) group. Fermentation for 45 days produced highest crude protein ($P<0.01$) and protein digestibility with pepsin enzyme 72.99% was significantly ($P>0.05$).

Keywords: modified, nutrient composition, crude palm oil meal, *Sacharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* and feedstuff

¹ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 70120

Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Sampraya, Cha-am, Phetchaburi, 70120

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม น่าน อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000
Faculty of Science and Agricultural Technology, Rachamungkhal University Lanna, Nan Campus, Phupiang, Nan, 55000

* Corresponding author: manatsanun@su.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันโลกประสบปัญหาการขาดแคลนอาหาร โดยเฉพาะแหล่งอาหารประเภทโปรตีน เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรด้านอาหารที่ลดลง จึงก่อให้เกิดการแย่งชิงอาหารของมนุษย์และสัตว์ ส่งผลให้วัตถุดิบอาหารสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งโปรตีนมีราคาเพิ่มสูงขึ้น (มนัสนันท์และคณะ, 2556.) ภาคการผลิตปศุสัตว์จึงมีแนวคิดในการแสวงหาแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งของโปรตีนทดแทนมากขึ้น รวมถึงการประยุกต์ใช้โปรตีนจากสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (single cell protein) (Muller, 1974) จังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์มีการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจอีกทั้งยังมีโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ จึงทำให้มีเศษวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปคือ กากปาล์มน้ำมันรวม (crude palm meal) จำนวนมาก จากรายงานของ ปวีณาและศิริพันธ์ (2556) พบว่ากากปาล์มน้ำมันรวมจะมีปริมาณโปรตีน 10.07% และ เยื่อใยรวม 25.01% ตามลำดับ หากแต่กากปาล์มน้ำมันรวมไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดียว เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาและการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนาต่ำ (Parez and Hsu, 1973) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีการพัฒนาและแก้ไขจุดด้อยเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาและการใช้ประโยชน์ได้ต่ำด้วยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายโครงสร้างและสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาของกากปาล์มน้ำมันรวม รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพย่อยได้ในสัตว์ร่วมกับวิธีการหมักแบบแห้ง (solid state) (วรารุณและรุ่งนภา, 2532) Evan and Dawson (2007) รายงานว่าบาซิลลัสซับติลิสมีเอนไซม์ carbohydrase, cellulase, hemicellulase และ protease ที่สามารถเพิ่มการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรต เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และโปรตีน นอกจากนี้จากรายงานของ กรทิพย์และคณะ (2552) รายงานว่า ผนังเซลล์ยีสต์มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 35% นอกจากนั้นแล้วผนังเซลล์ของยีสต์และบาซิลลัสซับติลิสยังมีความสามารถในการเป็น prebiotic ด้วย (สาโรช, 2547)

การทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นถึงการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของกากปาล์มน้ำมันโดยใช้ยีสต์และบาซิลลัสซับติลิส รวมถึงการย่อยได้ของโปรตีนด้วยเอนไซม์เปปซิน (*In vitro* digestibility) เพื่อเป็นแหล่งอาหารโปรตีนทางเลือกสำหรับสัตว์กระเพาะเดียว

วิธีการศึกษา

ปัจจัยทดลอง ประกอบด้วยปัจจัย A คือ เวลาที่ใช้หมัก (0, 15, 30 และ 45 วัน) ปัจจัย B คือ ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ (*Sacchromyces cerevesiae* สายพันธุ์ SC-105 (S), *Bacilus subtilis* สายพันธุ์ BSC-23 (B) และ S+B (50 : 50))

วางแผนการทดลองแบบ 4x3 factorial in completely randomized design (CRD) โดยมีทั้งหมด 12 ทรีทเมนต์คอมบินเนชัน ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำ มี 36 หน่วยทดลอง

วิธีการศึกษา

นำกากปาล์มน้ำมันรวมจากโรงงานแปรรูปปาล์มน้ำมัน มูลนิธิชัยพัฒนา ตำบลหนองพลับ อำเภอ หัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มาผสมคลุกเคล้ากับน้ำกลั่น น้ำตาล และรำละเอียด ในสัดส่วน 80:15:2.5:2.5 ตามลำดับ ปริมาณรวม 5 กิโลกรัม บรรจุให้เต็มขวดโหลแล้ว นำแผ่นกระดาษอะลูมิเนียมมาปิดทับบริเวณปากโหล และปิดฝาให้สนิท โดยใช้วิธีการหมักแบบแห้ง (solid state) ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด จากห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คือ *Sacchromyces cerevesiae* สายพันธุ์ SC-105 (S), *Bacilus subtilis* สายพันธุ์ BSC-23 (B) และ S+B (50:50) เก็บขวดโหลตัวอย่างเพื่อให้เกิดกระบวนการหมักที่ช่วงระยะเวลาต่างๆ คือ 0, 15, 30 และ 45 วัน เมื่อครบกำหนดระยะเวลาวัดสภาพการหมักคือ อุณหภูมิ และ pH ของการหมักด้วย pH meter (AZ Instrument รุ่น 8601) และเก็บตัวอย่างกากปาล์มน้ำมันรวมที่ผ่านการปรับปรุงโภชนาไปตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง (Olym-

pus ที่กำลังขยาย 40x) จากนั้นนำตัวอย่างกากปาล์ม น้ำมันรวมที่ผ่านการปรับปรุงโภชนาไปอบแห้งที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 72 ชั่วโมงจนแห้งสนิทเพื่อ เตรียมตัวอย่างเข้าวิเคราะห์ จากนั้นชั่งน้ำหนักหลังการ อบแห้ง เพื่อกำหนดหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตและวิเคราะห์ ค่าองค์ประกอบโภชนาด้วยวิธีการประมาณ (proximate analysis) ในตัวอย่างกากปาล์ม น้ำมันรวมหลังจากการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาตามวิธีของ AOAC (1995) วิเคราะห์พลังงานรวมด้วย Bomb calorimeter ตามวิธีของ AOAC (1995) รวมถึงวิเคราะห์และ คำนวณการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์เปปซิน (*In vivo* pepsin digestibility) ตามวิธีของ AOAC (1995)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ด้วย Proc GLM วิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูลด้วย orthogonal polynomials และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มข้อมูลด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้ แผนการทดลองแบบ 4x3 factorial in CRD โดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูปตามวิธีของมนต์ชัย (2544)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการทดลองปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของ กากปาล์ม น้ำมันรวมด้วยวิธีการหมักแห้งที่ระยะเวลา แตกต่างกันคือ 0, 15, 30 และ 45 วัน ร่วมกับการใช้ เชื้อจุลินทรีย์คือ ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*

(S), เชื้อ *Bacillus subtilis* (B) และ S ร่วมกับ B (50:50) ผลการทดลองพบว่าเมื่อพิจารณาผลรวมของระยะเวลาของ การหมักที่แตกต่างกันและชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ต่อกัน น้ำหนักผลผลิตและเปอร์เซ็นต์ผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทางสถิติ ($P < 0.01$) ดัง Table 1 นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อ พิจารณาผลรวมของระยะเวลาของการหมักที่แตกต่างกัน และชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ต่อ วัตถุแห้ง เยื่อใยหยาบ ไช ม่นรวม เถ้า ($P < 0.01$) และ โปรตีนหยาบ ($P < 0.05$) ของผลิตภัณฑ์กากปาล์ม น้ำมันรวมหลังจากการปรับปรุง นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน จะทำผลิตภัณฑ์กากปาล์ม น้ำมันรวมหลังจากการปรับปรุง มีค่าพลังงานรวมเพิ่มขึ้นแปรผันตรงต่อระยะเวลาที่ใช้ ในการหมัก (4,601.58, 4,375.99, 4,708.78 และ 4,580.61 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม) แบบเส้นโค้งกำลัง สาม ($P < 0.01$) ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของ โปรตีนในผลิตภัณฑ์กากปาล์ม น้ำมันรวมหลังจากการ ปรับปรุง (*In vitro* pepsin digestibility) จะมีค่าเพิ่ม ขึ้น (69.53, 70.12, 70.45 และ 72.99 %) แบบเส้นตรง ($P < 0.01$)

เมื่อทดสอบอิทธิพลร่วมการใช้ระยะเวลาในการ หมักและชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าการปรับปรุง คุณค่าทางโภชนาของกากปาล์มร่วมกับยีสต์โดยใช้ ระยะเวลาการหมัก 45 วัน จะให้ค่าโปรตีนหยาบสูง ที่สุด ($P < 0.01$) ดัง Table 2 นอกจากนี้ยังพบว่า การ ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของกากปาล์มร่วมกับยีสต์ โดยใช้ระยะเวลาการหมัก 45 วัน จะให้ค่าโปรตีนหยาบ สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรหมักร่วมกับบาซิลลัส ซับ ดิลิส และ S ร่วมกับ B (50:50)

Table 1 Production and nutrient composition of modified crude palm oil meal

Parameter	Production		Nutrient composition ¹ (%)						
	Weight (g)	%	DM	PD	CP	CF	EE	Ash	GE (kcal/kg)
Fermentation period (Factor A)									
- 0 day	3,730.3	57.43	96.53	69.53	8.49	22.09	10.49	6.94	4,601.58 ^{AB}
	3								
- 15 day	3,550.8	54.75	96.35	70.12	9.68	23.78	9.79	7.75	4,375.99 ^C
	9								
- 30 day	3,370.2	51.88	95.24	70.45	10.62	23.52	9.36	8.37	4,708.78 ^A
	2								
- 45 day	3,090.5	47.62	95.23	71.21	11.93	26.53	7.98	9.65	4,580.61 ^{AB}
	6								
Microbial type (Factor B)									
<i>Sacchromyces cerevesiae</i> (S)	3,410.0	52.47	95.93	70.63	10.38	22.85	8.94	8.40	4,524.74
	8								
<i>Bacilus subtilis</i> (B)	3,420.0	52.63	95.52	71.98	10.14	24.13	9.05	8.14	4,623.23
	8								
S+B (50 : 50)	3,480.8	53.67	96.06	72.99	10.00	24.96	10.22	7.99	4,552.24
	3								
SEM	10.38	0.21	0.05	0.07	0.06	0.08	0.09	0.06	20.08
ANOVA									
----- P-Value -----									
Fermentation period	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Microbial type	NS	NS	**	NS	*	**	**	*	NS
Factor A × Factor B	**	**	**	NS	*	**	**	**	NS
Factor A Linear	-	-	-	**	-	-	-	-	NS
Factor A Quadratic	-	-	-	NS	-	-	-	-	NS
Factor A Cubic	-	-	-	NS	-	-	-	-	**

¹DM = Dry matter, PD = Pepsin digestibility, CP = Crude protein, CF = Crude fiber, GE = Gross energy, and EE = Ether extract

NS= Not significantly, *Significantly difference at $P \leq 0.05$, ** Significantly difference at $P \leq 0.01$, respectively.

ค่าโปรตีนหยาบของผลิตภัณฑ์กากปาล์มน้ำมันรวมหลังจากการปรับปรุงที่เพิ่มขึ้นจาก 7.75 % เป็น 12.36 % เนื่องจากยีสต์และบาซิลลัสซับติลิสจะใช้ประโยชน์จากสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตและคาร์โบไฮเดรตโครงสร้างในกากปาล์มน้ำมันรวม โดยการปล่อยเอนไซม์ β -1, 4 ไกลโคซิเดสเข้าย่อยคาร์โบไฮเดรตโครงสร้างของกากปาล์มน้ำมันรวมที่ตำแหน่งพันธะ β -1, 4 ไกลโคซิดิกให้เป็นคาร์โบไฮเดรตสายสั้นๆที่เป็นสารอาหารตั้งต้นของยีสต์ ดังนั้นยีสต์จึงสามารถที่จะเจริญเติบโต ดำรงชีวิต และเพิ่มจำนวนเซลล์ จากลักษณะของโครงสร้างผนังเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่ประกอบด้วยโปรตีน ไวตามิน และแร่ธาตุ ทำให้ผนังเซลล์ยีสต์มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 35% (กรทิพย์และคณะ 2552) และ ศรีนรัชต์ (2552) รายงานว่าแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ (mannan oligosaccharide; MOS) เป็นโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากผนังเซลล์ของยีสต์ซึ่ง MOSจะประกอบด้วยกลูแคน (glucan, 30%) แมนแนน (mannan, 30%) และไคติน (chitin, 12.5%) ดังนั้นเมื่อมีการเพิ่มจำนวนของยีสต์ในผลิตภัณฑ์กากปาล์มน้ำมันรวมหลังจากการปรับปรุงก็จะส่งผลทำให้สามารถเพิ่มค่าโปรตีน ในผลิตภัณฑ์ โดยจัดเป็นโปรตีนที่สัตว์กระเพาะเดี่ยวทั้งสุกรและสัตว์ปีกจะสามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้ สอดคล้องกับสุมนและคณะ (2547) รายงานว่าสามารถใช้ยีสต์เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารของไก่ไข่ได้ ส่วนค่าโภชนาอื่นที่เพิ่มขึ้นทั้งเยื่อใยหยาบและเก่าที่

เพิ่มขึ้นนั้นจะมีค่าการแปรผกผันกับปริมาณสิ่งแห้งที่ลดลง เพราะหากมีปริมาณสิ่งแห้งลดลงนั้น จะแสดงถึงการสูญเสียในรูปของความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโภชนาในผลิตภัณฑ์ ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ในการทดลองพบว่าค่าเยื่อใยหยาบและค่าพลังงานรวมมีค่าสูงขึ้น และส่งผลให้ค่าวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Kogan and Korcher, 2546) โดยผลการทดลองครั้งนี้ สอดคล้องกับการทดลองของ Akindahunsi *et al.* (1999) ที่ทำการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของมันสำปะหลังด้วยการหมักร่วมกับ *Rhizopus oryzae* พบว่าค่าโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้นจาก 2.00% เป็น 10.00% และ ผลการทดลองของ Oboh (2006) ที่ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของเปลือกมันสำปะหลังด้วยการหมักร่วมกับ *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus spp* พบว่าค่าโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้น จาก 8.20% เป็น 21.50% จากรายงานของ ศุภกิจและคณะ (2555) ได้ทำปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของกากเอทานอลจากมันสำปะหลังด้วยการหมักยีสต์พบว่าค่าโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้นจาก 20.00% เป็น 25.40% และ Oboh and Akindahunsi (2003) ที่ทดลองปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของแป้งมันสำปะหลังและการด้วยการหมักร่วมกับ *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus spp* พบว่าค่าโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้นจาก 4.40 % เป็น 10.90%

Table 2 Interaction of fermentation period and microbial type on nutrient composition of modified crude palm oil meal

Parameter	Production		Nutrient composition ¹ (%)				
	Weight (g)	%	DM	CP	CF	EE	Ash
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (S)							
- 0 day	3,780.33 ^a	58.20 ^a	96.49 ^a	8.80 ^g	21.40 ^e	10.69 ^a	6.93 ^f
- 15 day	3,570.67 ^b	55.03 ^b	95.92 ^{bc}	9.80 ^{ef}	23.16 ^d	9.36 ^b	7.78 ^e
- 30 day	3,400.00 ^{cd}	52.31 ^{cd}	95.62 ^d	10.57 ^d	22.04 ^e	7.98 ^c	8.27 ^{de}
- 45 day	2,880.33 ^f	44.36 ^f	95.70 ^c	12.36 ^a	24.79 ^c	7.72 ^c	9.63 ^a
<i>Bacillus subtilis</i> (B)							
- 0 day	3,650.00 ^{ab}	56.15 ^{ab}	96.43 ^{ab}	8.20 ^h	23.38 ^d	10.47 ^a	6.88 ^f
- 15 day	3,540.33 ^{bc}	54.51 ^{bc}	96.50 ^a	9.47 ^f	23.62 ^d	9.89 ^{ab}	7.77 ^e
- 30 day	3,310.67 ^{de}	51.03 ^{de}	94.93 ^e	11.14 ^c	23.32 ^d	9.71 ^{ab}	8.56 ^{cd}
- 45 day	3,170.33 ^e	48.82 ^e	94.23 ^f	11.74 ^b	26.22 ^b	9.14 ^d	9.34 ^b
S+B (50 : 50)							
- 0 day	3,760.67 ^a	57.95 ^a	96.66 ^a	8.47 ^{gh}	21.50 ^e	10.32 ^{ab}	7.01 ^f
- 15 day	3,550.67 ^b	54.72 ^b	96.62 ^a	9.66 ^{ef}	24.57 ^c	10.13 ^{ab}	7.69 ^e
- 30 day	3,400.00 ^{cd}	52.31 ^{cd}	95.17 ^{de}	10.15 ^{de}	25.19 ^c	10.38 ^a	8.29 ^{de}
- 45 day	3,230.00 ^e	49.63 ^e	95.77 ^c	11.70 ^{bc}	28.58 ^a	10.07 ^{ab}	8.99 ^{bc}

¹DM = Dry matter, CP = Crude protein, CF = Crude fiber, and EE = Ether extract^{a, b, c, d} Mean in the same column with difference letter are significantly difference at $P \leq 0.05$ by DMRT

สรุป

การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของกากปาล์มน้ำมันรวมด้วยวิธีการหมักร่วมกับยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) และแบคทีเรียชนิดกรดแลคติก (*Bacillus subtilis*) และเชื้อผสม S+B ที่ระยะเวลา 0, 15, 30 และ 45 วัน สามารถสรุปได้ว่าการหมักกากปาล์มรวมด้วยยีสต์โดยใช้ระยะเวลาในการหมัก 45 วัน จะทำให้สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนจาก 7.75% เป็น 12.36 % คิดเป็นค่าการเพิ่มขึ้นของโปรตีน 22.92% เมื่อเปรียบเทียบกับกากปาล์มรวมที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการ และมีค่าการย่อยโปรตีนได้ด้วยเอนไซม์เปปซินที่ 72.99% จากผลการวิจัยทั้งหมดในครั้งนี้ชี้ให้เห็นถึง

ศักยภาพของการใช้กากปาล์มน้ำมันรวมเพื่อเป็นแหล่งโภชนาการตั้งต้นของกระบวนการหมักร่วมกับยีสต์และแบคทีเรียชนิดกรดแลคติกในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการในแง่ของการเพิ่มปริมาณโปรตีนและเพิ่มการย่อยได้ของโปรตีนได้มากขึ้น ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้จะนำไปสู่การต่อยอดงานวิจัยในอนาคตในการพัฒนาการและสร้างนวัตกรรมผลิตแหล่งโปรตีนเซลล์เดี่ยวดัดแปลงจากกากปาล์มน้ำมันรวมเพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์โปรตีนทางเลือกและลดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบโปรตีนในอนาคต รวมถึงการวิจัยถึงการย่อยได้ในตัวสัตว์ (*In vivo* Digestibility) และการใช้ประโยชน์ได้ในการผลิตสัตว์เศรษฐกิจของประเทศต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากรที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยภายใต้โครงการวิจัยเรื่องการผลิตโปรตีนแห่งอนาคตจากเศษเหลือในกระบวนการแปรรูปพืชเศรษฐกิจ ภาคตะวันตกโดยใช้ยีสต์และบาคิลลัสซัปทิลิสเพื่อพัฒนาเป็นอาหารสัตว์และขอขอบคุณ รศ. นสพ. เกรียงศักดิ์ พูนสุทท์ให้คำปรึกษาและอนุเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ รวมถึงนักศึกษาช่วยวิจัย 3 ท่าน คือ นางสาวราศินี บรรยงค์ นางสาววรารมณ ธาดุสุวรรณ และนางสาวศรัญญา จรูญแสง ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ตัวอย่างทางเคมี

เอกสารอ้างอิง

- กรทิพย์ กันนิการ์ ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์ นิรุฒิ หวังชัย และ ชนกกันต์ จิตมนัส. 2552. ผลการใช้บีเวอร์ยีสต์ในอาหารปลานิลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของภูมิคุ้มกัน. คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา
- ปรีณา ภูมิศรีแก้ว และศิริพันธ์ อุ่นศิริ. 2556. การศึกษาการผลิตโปรตีนดัดแปลงจากเศษเหลือพืชเศรษฐกิจเหลือทิ้งโดยใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพรวม (ไวต้าครอป) เพื่อพัฒนาเป็นอาหารสัตว์. จุลินทรีย์ สาขาวิชาสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี พรพรรณ แสนภูมิ วรางคณา กิจพิพิธ และกฤติยา เลิศขุนทดเกียรติ. 2556. การศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเปลือกสับปะรดโดยใช้ยีสต์และบาคิลลัสซัปทิลิส เพื่อพัฒนาเป็นอาหารสัตว์ (The Study on Single Cell Protein Production from Pineapple Peel by *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis* for Development of Animal Feedstuff). วารสารแก่นเกษตร ปีที่ 41 (ฉบับพิเศษ 1): 80-86.
- มนต์ชัย ดวงจินดา. 2544. การใช้โปรแกรม SAS เพื่อการวิจัยทางสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วราวุฒิ ครูสง และรุ่งนภา พงสวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 209 น.
- ศรีณรงค์ ประทุมทอง. 2552. ผลของการเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารต่อภูมิคุ้มกันในไก่และสุกร. การประชุมสัมมนาทางวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ศุภกิจ สุนาโท วิโรจน์ ภัทรจินดา พรัชย์ ล้อวิลัย และงามนิจ นนทโส. 2555. การศึกษาการเพิ่มโปรตีนกากเอทานอลจาก มันสำปะหลังด้วยการหมักยีสต์. แก่นเกษตร. 40(2): 183-186.
- สาโรช. 2547. อาหารและการให้อาหารสัตว์ปีก พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชา สัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สมุน โพธิ์จันทร์, ประเสริฐ โพธิ์จันทร์ และวิโรจน์ วนาสิทธิชัยวัฒน์. 2547. การเสริมยีสต์มีชีวิตในอาหารไก่ไข่. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 261-268 น.
- Akindahunsi, A. A., G. Oboh, and A. A. Oshodi. 1999. Effect of fermenting cassava with *Rhizopus oryzae* on the chemical composition of its flour. Rev. Ital. Sostanze Grasse. 76 : 437-448.
- AOAC. 1995. Official method of analysis. 15th ed. Association of analytical chemist. Washington D.C.
- Kogan, G. and A. Korcher. 2007. Role of yeast cell wall polysaccharide in pig nutrition and health protection. Livestock Science (109):161-165.
- Muller, Z. O. 1974. Feasibility studies on the utilization of pineapple wastes. Singapore, Mimeographed report.
- Muller, Z. O. 1975. Feed resources of weat malaysia with special reference to cattle ration on Majuterna cattle farms. Berlin. Mimeographed report
- Oboh, G. 2006. Nutrient enrichment of cassava peels using a mixed culture of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus spp* solid media fermentation techniques. Food Chem. 9 : 46-57.
- Oboh, G., and A. A. Akindahunsi. 2003. Biochemical changes in cassava products (flour & gari) subjected to *Saccharomyces cerevisiae* solid media fermentation. Food Chem. 82 : 599-602.
- Perez, C. B., and C. T. Hsu. 1973. Farm by-product and beef production. Fd. Fert. Tech. Cent. Ext. Bull. 32.