

## ผลของความชื้นและระยะเวลาหมักต่อคุณภาพอาหารชั้นเปียกสำหรับโคเนื้อ

### Effect of moisture and ensiling day on feed quality of wet concentrates for beef cattle

สายัณห์ สืบผาง<sup>1\*</sup>, ฉัตรชัย แก้วพิลา<sup>2</sup>, วรุณ โคตะ<sup>3</sup>, และ สุวิทย์ ทิพอุเทน<sup>4</sup>

Sayan Subepang<sup>1\*</sup>, Chatchai Kaewpila<sup>2</sup>, Waroon Khota<sup>3</sup> and Suwit Thiputen<sup>4</sup>

<sup>1</sup> สาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

<sup>1</sup> Department of Agricultural Technology, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University

<sup>2</sup> สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

<sup>2</sup> Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon

<sup>3</sup> สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>3</sup> Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

<sup>4</sup> สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<sup>4</sup> Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon

**บทคัดย่อ:** การควบคุมคุณภาพการหมักเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการใช้อาหารสัตว์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีความชื้นสูง งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาผลกระทบของระดับความชื้นและระยะเวลาหมักต่อองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพการหมักของอาหารชั้นเปียก จัดปัจจัยทดลองแบบ 3 x 5 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (3 ซ้ำ/ปัจจัยทดลอง) ปัจจัยทดลอง A คือ ระดับความชื้น (a1 = 40% a2 = 50% และ a3 = 60%) ปัจจัยทดลอง B คือ ระยะเวลาหมัก (b1 = 0 วัน b2 = 7 วัน b3 = 14 วัน b4 = 21 วัน และ b5 = 28 วัน) ผสมวัตถุดิบตามสูตรที่กำหนด โดยบรรจุในถุงพลาสติกในสภาพไร้อากาศ (30 กิโลกรัม/ถุง) ผลการทดลองครั้งนี้พบว่า ระดับความชื้นและวันหมักไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวมและเถ้า ( $P > 0.05$ ) ค่าการเปลี่ยนแปลงของวัตถุแห้ง ( $P < 0.01$ ) และอินทรีย์วัตถุ ( $P < 0.05$ ) มีแนวโน้มลดลงเมื่อวันหมักยาวนานขึ้น แต่โปรตีนมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าต่ำที่สุดเมื่ออาหารชั้นถูกหมักนาน 7 วัน ( $P < 0.01$ ) อาหารชั้นเปียกหมักทั้งหมดมีคุณภาพการหมักที่ดีมาก จากผลทดลองครั้งนี้บ่งบอกว่า ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการทำอาหารชั้นเปียกอยู่ในช่วง 40% ถึง 60% อาหารชั้นเปียกควรหมักอย่างต่ำ 7 วัน และสามารถอนุรักษ์รักษาคุณภาพได้ยาวนาน 28 วัน

**คำสำคัญ:** ความชื้น; วันหมัก; อาหารชั้นเปียก; คุณภาพอาหาร; วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

**ABSTRACT:** The control of ensiling quality was an important factor for using by-products as feed ingredients with high moisture. This research studied the effects of moisture levels and ensiling days on the chemical composition and fermentation quality of wet concentrate. The experiment was a 3 x 5 factorial in a completely randomized design (3 replications/ treatment) with factor A as moisture levels [a1 = 40%, a2 = 50% and a3 = 60% and factor B as ensiling days (b1 = 0 day, b2 = 7 days, b3 = 14 days, b4 = 21 days and b5 = 28 days). All of the feed ingredients were formulated and prepared by thorough mixing. They were then packed in plastic bags (30 kg/bag) under anaerobic conditions. The results showed that there was no interaction between moisture levels and ensiling days on dry matter, organic matter, crude protein and ash ( $P > 0.05$ ). The trend changes of dry matter contents ( $P < 0.01$ ) and organic matter contents ( $P < 0.05$ ) decreased with prolonging ensiling time. By contrast, the crude protein contents of wet concentrates did not different with increasing ensiling day ( $P > 0.05$ ). The lowest values of pH for wet concentrates were obtained after 7 ensiling days. All fermented wet concentrates had a very good fermentation quality. These results indicated that a moisture content within a range from 40% to 60% was suitable for wet

\* Corresponding author: [sayanneng@gmail.com](mailto:sayanneng@gmail.com)

concentrate producing. It needs to be fermented at least 7 ensiling days and could be preserved for up to 28 ensiling days.

**Keywords:** moisture; ensiling day; wet concentrate; feed quality; agricultural by products

## บทนำ

อาหารสัตว์เป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่สำคัญและเป็นต้นทุนหลัก 60% ถึง 70% ของการผลิตสัตว์ ความผันแปรของเศรษฐกิจและฤดูกาลส่งผลให้เกิดความไม่มั่นคงด้านเสบียง ส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของกำไรจากการเลี้ยงสัตว์และแรงจูงใจในการเลี้ยง การใช้ผลพลอยได้จากการเกษตรซึ่งมีปริมาณมากและราคาถูกร่วมกับการพิจารณาคุณค่าทางโภชนาและความปลอดภัยเพื่อเป็นอาหารสัตว์เป็นแนวทางเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสัตว์ช่วยลดต้นทุนการเลี้ยงสัตว์ กากมันสำปะหลังสดเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปมันสำปะหลังที่มีราคาถูก 200 ถึง 500 บาทต่อตันและมีปริมาณมากประมาณ 1.5 ถึง 2 ล้านตันต่อปี (Chauynaron et al., 2015) ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์ แต่เนื่องจากมีความชื้นสูงเกินกว่า 70% จึงง่ายต่อการเน่าเสีย ซึ่งเทคโนโลยีการหมักจะช่วยถนอมคุณค่าวัตถุดิบที่มีความชื้นสูงให้เก็บไว้ใช้ได้ยาวนานขึ้น การควบคุมความชื้นและวันหมักที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการหมักที่ดีขึ้น McDonald et al. (2002) รายงานว่า ค่าความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการหมักอยู่ในช่วง 40% ถึง 70% และค่าความเป็นกรดต่าง ควรอยู่ในช่วง 3.8 ถึง 4.0 Lounglawan et al. (2011) พบว่า อาหารหมักเสริมด้วยกากมันสำปะหลังสด 30% ในช่วงวันหมัก 14 ถึง 28 มีปริมาณกรดแลคติกอยู่ในช่วง 36 ถึง 46 กรัม/กิโลกรัมวัตถุดิบ นอกจากนี้การเพิ่มระยะเวลาหมักให้นานขึ้นจะส่งผลต่อการลดลงของค่าวัตถุแห้งของอาหารหมัก (Wang et al., 2010; Yuan et al., 2016) จะเห็นได้ว่าความชื้นและระยะเวลาหมักเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมคุณภาพและป้องกันการเน่าเสียของอาหารสัตว์ที่มีความชื้นสูง ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาคุณภาพของอาหารชั้นหมักที่มีความชื้นและระยะเวลาหมักแตกต่างกัน เพื่อการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ในอนาคต

## วิธีการศึกษา

### แผนงานทดลอง

การศึกษานี้จัดปัจจัยทดลองแบบ 3 x 5 แฟคทอเรียลในแผนทดลองสุ่มแบบสมบูรณ์ ซึ่งประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ A) ความชื้นของอาหารสัตว์เปียกรวม 3 ระดับ (40% 50% และ 60%) และ B) ระยะเวลาหมัก 5 ระยะ (หมักนาน 0 7 14 21 และ 28 วัน) รวมเป็น 15 ทรีตเมนต์คอมบินเนชัน จำนวน 3 ซ้ำต่อปัจจัยทดลอง รวมหน่วยทดลองทั้งสิ้น 45 หน่วยทดลอง

### การเตรียมอาหารหมัก

วิเคราะห์สูตรอาหารสัตว์ กำหนดระดับโปรตีน 15% (Table 1) ตรงตามค่าความต้องการโภชนาสำหรับโคเนื้อพันธุ์ลูกผสมบราห์มัน น้ำหนัก 200 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโต 0.8 กิโลกรัมต่อวัน ตามคำแนะนำ WTSR (2010) กระบวนการผลิตเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบตามสูตรอาหารทดลอง (Table 1) จากนั้นผสมอาหารชั้นตามสัดส่วนสูตรอาหารชั้นโดยใช้เครื่องผสมอาหารสัตว์ร้านการเกษตรกันทรารมย์ กำลังมอเตอร์ 5 แรงม้า ปรับความชื้นอาหารชั้นที่ระดับความชื้น 40% 50% และ 60% โดยเติมน้ำในสัดส่วน 0% 34% และ 84% ในสูตรอาหารทดลอง ตามลำดับ แล้วเก็บบรรจุอาหารในถุงพลาสติก (บรรจุ 2 ชั้น) ขนาดบรรจุ 30 กิโลกรัม ปิดปากถุงออกพร้อมรัดปากถุงให้แน่นเพื่อป้องกันอากาศเข้า/ออกของออกซิเจน จัดเก็บในสถานที่ร่ม รอกการเก็บข้อมูลและตัวอย่างตามปัจจัยทดลองที่กำหนด

### การเก็บตัวอย่างและประเมินข้อมูล

เมื่อครบกำหนดระยะเวลาหมัก ทำการเปิดถุงหมักตามปัจจัยทดลองที่กำหนดอย่างละ 3 ซ้ำรวม 9 ถุงต่อครั้ง รวม 5 ครั้ง เพื่อตรวจสอบค่าความเป็นกรดต่าง องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพทางกายภาพ ดังนี้

### การวัดค่าความเป็นกรดต่าง

สุ่มตัวอย่างประมาณ 20 กรัมต่อตัวอย่าง เก็บในถุงพลาสติก จากนั้นเติมน้ำกลั่นประมาณ 180 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน แช่ทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ครบกำหนดนำตัวอย่างวัดค่าความเป็นกรดต่างโดยใช้เครื่อง pH meter (Denver Instrument BASIC pH Meter, Denver Instrument Company, Colorado, United States) ตามวิธีของ Cai et al. (1998)

### วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

สุ่มตัวอย่างมา 1 กิโลกรัม แบ่งเป็น 2 ส่วน นำส่วนที่ 1 ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 18 ชั่วโมงเพื่อหาค่าวัตถุแห้งตามวิธีของ AOAC (1995) ส่วนที่ 2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ประมาณ 72 ชั่วโมงจากนั้นนำไปบดผ่านตระแกรงร่อนขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาค่าโปรตีน ไขมัน และอินทรีย์วัตถุตามวิธีของ AOAC (1995)

ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ กลิ่น สี และเนื้อสัมผัส

ทำการเปิดถุงตัวอย่าง และสุ่มตัวอย่างบริเวณ 3 จุดให้ทั่วถึง (ปากถุง กลางถุง และก้นถุง) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ โดยใช้แบบบันทึกประเมินคุณภาพการหมัก ตามวิธีของ วารุณี และคณะ (2547) ประกอบด้วย 4 ตัวชี้วัด ดังนี้

1. กลิ่น (0 - 12 คะแนน) = เหม็นเน่า หรือมีกลิ่นรา (0 คะแนน) มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย (4 คะแนน) ไม่หอม มีกลิ่นฉุนมากๆ และมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย (8 คะแนน) และ หอมคล้ายกลิ่นมะม่วงดองหรือน้ำส้มสายชู (12 คะแนน) 2. เนื้อสัมผัส (0 - 3 คะแนน) = เหนียว เป็นเมือก และสากปรักมาก (0 คะแนน) แน่น ส่วนใบ ลำต้นและวัตถุดิบเปื่อยยุ่ยมาก และมีสิ่งเจือปน (1 คะแนน) แน่น ส่วนใบ ลำต้นและวัตถุดิบเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย และสิ้นเป็นเมือก (2 คะแนน) และแน่น มีส่วนใบ ลำต้น และวัตถุดิบคงสภาพเดิม และไม่มีสิ่งเจือปน (3 คะแนน) 3. สี (0 - 3 คะแนน) = น้ำตาลเข้ม หรือดำ (0 คะแนน) น้ำตาลทอง (1 คะแนน) เขียวอมเหลือง เขียวเข้ม หรือคล้ำลง (2 คะแนน) และ เหลืองอมเขียว สีจางๆ หรือสีคงเดิม (3 คะแนน) และ 4. ค่าความเป็นกรดต่าง (0 - 6 คะแนน) = > 5.1 (0 คะแนน) 4.7 - 5.1 (2 คะแนน) 4.2 - 4.7 (4) 3.5 - 4.2 (6 คะแนน)

### วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่เก็บได้มาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SAS (1998) โดยใช้คำสั่ง PROC MIXED ตามแผนงานทดลอง 3 x 5 แพคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

โมเดล  $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk}$

เมื่อ  $Y_{ijk}$  = observation จากทรีตเมนต์คอมบิเนชันที่  $i, j$  ซ้ำที่  $k$  (เมื่อ  $k = 1-3$ )  $\mu$  = ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด  $A_i$  = อิทธิพลเนื่องจากความชื้น ( $i = 1-3$ ),  $B_j$  = อิทธิพลเนื่องจากระยะเวลาหมัก ( $j = 1-5$ ),  $AB_{ij}$  = อิทธิพลร่วมจากความชื้นและระยะเวลาหมัก และ  $\epsilon$  = Error เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test

### ผลการศึกษา

#### องค์ประกอบทางเคมี

จาก Table 2 พบว่า ปัจจัยทดลองเนื่องจากความชื้นและระยะเวลาหมักไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม และไขมัน โดยวัตถุแห้งของอาหารชั้นเปียก มีค่าลดลงผกผันกับระดับความชื้นที่เพิ่มขึ้น ( $P < 0.01$ ) ในขณะที่เมื่อระยะเวลาหมักยาวนานขึ้นส่งผลให้ค่าน้ำหนักวัตถุแห้งลดลง ( $P < 0.01$ ) สำหรับค่าอินทรีย์วัตถุมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) เมื่อระดับความชื้นที่เปลี่ยนไป อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาหมักยาวนานขึ้นส่งผลให้ค่าอินทรีย์วัตถุ มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง ( $P < 0.05$ ) ค่าโปรตีนรวมอาหารหมักในงานทดลองนี้มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

**Table 1** Ingredients of the experimental diet

Item	Experimental diet
Feed composition (% of dry matter)	
Fresh cassava pulp	18.0
Cassava chip	10.0
Dry cassava pulp	30.2
Palm kernel meal	18.0
Soybean meal	12.0
Rice bran	10.2
Urea	0.8
Minerals, mixed <sup>1/</sup>	0.5
Vitamins, premixed <sup>2/</sup>	0.3
sum	100.0

<sup>1/</sup>Trace minerals premix provided the following per kg concentrate: cobalt, 0.02 g; copper, 1.60 g; iodine, 10.00 g; manganese, 8.00 g; selenium, 0.06 g; zinc, 6.00 g; anti-rancidity, 2.50 g; carrier, 1,000.00 g.

<sup>2/</sup>Vitamins premix provided the following per kg concentrate: A, 2,000,000 I.U.; D3, 4,000,000 I.U.; E, 3,000 I.U.

**Table 2** Effect of moisture levels on dry matter, organic matter, crude protein and ash content at different ensiling day

Item	Moisture (%)			Ensiling day (day)					SEM	P-value <sup>1/</sup>		
	40	50	60	0	7	14	21	28		m	d	m x d
Dry matter (%)	55.6 <sup>a</sup>	45.3 <sup>b</sup>	36.3 <sup>c</sup>	47.8 <sup>a</sup>	46.5 <sup>b</sup>	45.3 <sup>c</sup>	45.3 <sup>c</sup>	44.3 <sup>d</sup>	0.55	**	**	ns
Organic matter (%) dry matter)	94.1	94.1	94.1	94.4 <sup>a</sup>	94.2 <sup>ab</sup>	94.0 <sup>bc</sup>	94.1 <sup>abc</sup>	93.8 <sup>c</sup>	0.20	ns	*	ns
Crude protein (%) dry matter)	15.0	15.0	15.0	14.9	14.9	14.9	14.9	15.0	0.11	ns	ns	ns
Ash (% dry matter)	5.9	5.9	5.9	5.6 <sup>c</sup>	5.8 <sup>bc</sup>	6.0 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>abc</sup>	6.2 <sup>a</sup>	0.20	ns	*	ns

<sup>a b c d</sup> Means with different superscripts within rows significantly differed (P<0.05)

<sup>1/</sup>m = Moisture; d = Ensiling day

SEM, Standard error of mean

**ค่าความเป็นกรด-ด่าง**

จากข้อมูลใน **Table 3** พบว่า ปัจจัยเนื่องจากระดับความชื้นและปัจจัยเนื่องจากระยะเวลาหมักมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารหมัก (P < 0.01) ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารทดลองทุกระดับความชื้นมีค่าเท่ากับ 4.4 ในขณะที่ปริมาณความเป็นกรดต่างมีค่าสูง (ค่าความเป็นกรดต่าง 5.1) ที่ระยะเวลาหมักก่อนหมัก หรือที่ระยะหมัก 0 วัน และลดลงอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาหมัก 7 วัน (ค่าความเป็นกรดต่าง 4.2) และคงที่จนถึงระยะเวลาหมัก 28 วัน

**Table 3** Effect of moisture levels on pH value at different ensiling day

Item	Moisture (%)			Ensiling day (day)					SEM	P-value <sup>1/</sup>		
	40	50	60	0	7	14	21	28		m	d	m x d
pH	4.4	4.4	4.4	5.1 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	0.16	ns	**	**

<sup>a b</sup> Means with different superscripts within rows significantly differed (P<0.05)

<sup>1/</sup>m = Moisture; d = Ensiling day

SEM, Standard error of mean

**คุณภาพการหมัก**

จาก **Table 4** พบว่า ระดับความชื้นและระยะเวลาหมักไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อคุณภาพอาหารหมักในด้านกลิ่นอาหารหมัก โดยค่าคะแนนของกลิ่นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) เมื่อระดับความชื้นที่เปลี่ยนไป อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปัจจัยเนื่องจากระยะเวลาหมัก พบว่า เมื่อระยะเวลาหมักที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าคะแนนของอาหารหมักมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น (P < 0.01)

ระดับความชื้นและระยะเวลาหมักยังคงมีผลอิทธิพลร่วมกันต่อค่าคะแนนของความเป็นกรด-ด่าง (P < 0.01) ซึ่งพบว่า เมื่อระดับความชื้นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าคะแนนความเป็นกรด-ด่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (P < 0.01) ค่าคะแนนความเป็นกรด-ด่างของอาหารหมักที่ค่าต่ำสุด (0 คะแนน) เมื่อระยะเวลาหมัก 0 วัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาหมักเกินกว่า 7 วัน โดยอาหารชั้นหมักจะมีค่าคะแนนสูงสุดที่วันหมัก 7 ที่ระดับความชื้น 50% และ 60% และ 21 วัน ที่ระดับความชื้น 40%

ปัจจัยทดลองเนื่องจากระดับความชื้นและระยะเวลาหมักมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าคะแนนรวมของคุณภาพอาหารหมัก (P < 0.01) เมื่อระดับความชื้นเปลี่ยนแปลงไม่ส่งผลต่อค่าคะแนนรวมของคุณภาพอาหารหมัก อย่างไรก็ตามค่าคะแนนรวมของคุณภาพอาหารหมักมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (P < 0.01) เมื่อระยะเวลาหมักเปลี่ยนไป เมื่อแปลผลคะแนนคุณภาพในรูปแบบเกณฑ์ระดับคุณภาพ พบว่าอาหารหมักที่ระดับความชื้น 40% 50% และ 60% อยู่ในระดับคุณภาพดีมากที่ระยะเวลาหมักในช่วง 7 ถึง 28 วัน

**Table 4** Effect of moisture levels on physical fermentation quality at different ensiling day

Item	Ensiling day (day)					SEM	P-value <sup>1/</sup>			Contrast <sup>3/</sup>			
	0	7	14	21	28		m	d	mx	L	Q1	C	Q2
Physical fermentation quality score <sup>2/</sup>													
Odd, Moisture 40%	8.0 <sup>b</sup>	10.7 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	11.3 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	0.30	ns	**	ns	**	**	*	ns
Moisture 50%	8.0 <sup>b</sup>	10.7 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	0.30				ns	**	ns	**
Moisture 60%	8.0 <sup>b</sup>	10.3 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	10.3 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	0.30				ns	**	ns	**
Matter, Moisture 40%	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Moisture 50%	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Moisture 60%	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Color, Moisture 40%	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Moisture 50%	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Moisture 60%	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-
pH, Moisture 40%	0.0 <sup>c</sup>	4.0 <sup>b</sup>	4.0 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	<0.01	*	**	**	**	**	*	ns
Moisture 50%	0.0 <sup>c</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.0 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.3 <sup>ab</sup>	0.30				ns	**	ns	**
Moisture 60%	0.0 <sup>c</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.0 <sup>b</sup>	4.0 <sup>b</sup>	<0.01				ns	**	ns	**
Total, Moisture 40%	14.0 <sup>c</sup>	20.7 <sup>b</sup>	20.7 <sup>b</sup>	23.3 <sup>a</sup>	22.7 <sup>a</sup>	0.30	ns	**	**	**	**	**	ns
Moisture 50%	14.0 <sup>c</sup>	22.7 <sup>a</sup>	20.7 <sup>b</sup>	22.7 <sup>a</sup>	22.0 <sup>ab</sup>	0.37				**	*	*	**
Moisture 60%	14.0 <sup>c</sup>	22.3 <sup>a</sup>	22.7 <sup>a</sup>	20.3 <sup>b</sup>	20.7 <sup>b</sup>	0.30				ns	**	ns	**
Quality levels													
Moisture 40%	Normal	Very good	Very good	Very good	Very good	-	-	-	-	-	-	-	-
Moisture 50%	Normal	Very good	Very good	Very good	Very good	-	-	-	-	-	-	-	-
Moisture 60%	Normal	Very good	Very good	Very good	Very good	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>a b c</sup> Means with different superscripts within rows significantly differed (P<0.05)

<sup>1/</sup>m = Moisture; d = Ensiling day

<sup>2/</sup> Smell score, 0 4 8 and 12; Matter score, 0 1 2 and 4; Color score, 0 1 2 and 3; pH score, 0 2 4 and 6

Quality level, 20 to 25 score as very good; 15 to 19 score as good; 6 to 14 score as normal; 0 to 5 as bad

<sup>3/</sup> L = Linear; Q1 = Quadratic; C = Cubic; Q2 = Quartic

SEM, Standard error of mean

### วิจารณ์

เทคโนโลยีการหมักเหมาะสำหรับการรักษาคุณภาพอาหารที่มีความชื้นสูงให้เก็บรักษาได้ยาวนาน ที่ผ่านมามีเทคโนโลยีการหมักใช้ในพืชหมัก และอาหารหมักสำเร็จรูป สำหรับงานศึกษาค้นคว้าวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการถนอมโภชนาในอาหารชั้นเปียกที่ระดับความชื้นต่างๆ เมื่อระยะเวลาหมักเพิ่มขึ้น

ค่าน้ำหนักวัตถุดิบของอาหารหมักในงานทดลองมีค่าอยู่ในช่วงการหมักที่มีคุณภาพดีของหญ้าหมัก (ค่าวัตถุดิบ > 20% ) ซึ่งรายงานโดย McDonald et al. (2002) อย่างไรก็ตามในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารหมัก ได้แก่ หญ้าหมัก และอาหารหมักสำเร็จรูป ที่ผลิตอาหารที่มีความชื้นสูงจะสูญเสียเงินจากการบรรทุกน้ำหนักน้ำในอาหารสัตว์ และส่งผลให้สัตว์มีปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบลดลง โดยไกรสิทธิ์ และคณะ (2548) ได้ระบุว่าระดับน้ำหนักวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อการทำอาหารหมักควรมีค่าประมาณ 55% สอดคล้องกับงานทดลองของ Park et al. (2015) ที่แนะนำระดับความชื้นสำหรับทำหญ้าหมักแห้ง (Haylage) ควรอยู่ที่ระดับ 40% ถึง 60% ทั้งนี้เนื่องจากเป็นช่วงความชื้นที่เหมาะสมสำหรับ lactic acid bacteria ที่มีบทบาทสำคัญต่อการผลิตกรดแลคติก การศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Yuan et al. (2016) พบว่า ค่าน้ำหนักวัตถุดิบมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาหมักนานขึ้น การลดลงของวัตถุดิบของอาหารทดลองเกิดจากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์จะใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงาน เพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ ส่งผลทำให้ปริมาณวัตถุดิบแห้งลดลง โดยกระบวนการหมักที่ดีและเกิดขึ้นเร็วขึ้น จะมีการใช้วัตถุดิบไป 3% ถึง 5% จึงทำให้ปริมาณวัตถุดิบแห้งลดลง

ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารหมักเป็นค่าบ่งบอกที่สำคัญของคุณภาพการหมัก ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารทดลองในช่วงวันหมัก 7 ถึง 28 วันมีค่าเท่ากับ 4.2 ซึ่งเป็นค่าที่ถูกกำหนดให้เป็นค่ามาตรฐานของอาหารหมักที่มีคุณภาพดี (McDonald et al., 2002) ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Subepang et al. (2018) ที่ได้ศึกษาคุณภาพการหมักของอาหารหมักสำเร็จรูปที่ใช้กากแป้งมันสำปะหลังเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารชั้นหลักที่ถูกหมักในถุงพลาสติกขนาดบรรจุ 300 กิโลกรัม ระยะเวลาหมัก 15 ถึง 30 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารหมักมีค่าอยู่ในช่วง 3.82 ถึง 4.31 และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Wang and Nishino (2008) รายงานว่าอาหารหมักสำเร็จรูปที่ใช้กากเบียร์สดและกากเต้าหู้เป็นส่วนผสมหลัก มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 3.5 ถึง 4.4 ที่วันหมัก 14 วัน การลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นผลจากกิจกรรมของ Lactic acid bacteria ซึ่งเปลี่ยนน้ำตาลในอาหารชั้นหมักให้เป็นกรดแลคติกที่สูงขึ้น (Longlawan et al., 2011; Wang et al., 2010; Li Ying et al., 2017)

อาหารชั้นหมักในงานทดสอบครั้งนี้ (อายุการหมัก 7 14 และ 28 วัน) อยู่ในเกณฑ์คุณภาพดีมาก ทั้งนี้เนื่องจากอาหารชั้นเปียกที่ใช้ทดสอบครั้งนี้ใช้วัตถุดิบแป้งในสัดส่วนน้ำหนักแห้ง 58% เป็นส่วนผสมหลัก ได้แก่ มันสำปะหลัง 10 ส่วน และ กากแป้งมันสำปะหลังสดและแห้งรวม 48 ส่วน ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของ lactic acid bacteria จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด และความชื้นสามารถควบคุมให้อยู่ในช่วง 40% ถึง 60% ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ lactic acid bacteria อย่างไรก็ตามหากระดับความชื้นที่เกินกว่า 75% หรือปริมาณน้ำหนักแห้งต่ำกว่า 25% ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ระดับ 4.0 ก็ไม่สามารถยับยั้งการทำงานของ coliform bacteria ที่ส่งผลต่อการเน่าเสียและเป็นอันตรายต่อสัตว์เลี้ยง เนื้อสัมผัสของอาหารหมักมีความแน่นไม่ยุ่ย บ่งบอกได้ว่าการบรรจุในถุงพลาสติกขนาดบรรจุ 30 กิโลกรัม ไม่มีการฉีกขาดหรือรั่วซึมของถุงบรรจุ สามารถป้องกันการเข้าไปของแก๊สออกซิเจนในถุงหมักได้ดี ซึ่งลดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการทำงานของกลุ่ม saccharolytic clostridia และ coliform bacteria ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเน่าและเป็นพิษได้ (Muck, 2010) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าสีของอาหารชั้นหมัก คือมีสีเหลืองทองคล้ายกับสีของอาหารหมักที่เตรียมในวันแรก ทั้งนี้เนื่องจากระดับความชื้นที่เหมาะสมและสภาพหมักแบบไร้อากาศ และการเกิดปฏิกิริยาของกรดอินทรีย์ในอาหารหมักที่เปลี่ยนสีอาหารหมักเป็นสีของ phaeophytin ในระหว่างช่วงการหมัก (Kaiser et al., 2003) นอกจากนี้คุณภาพการหมักทางกายภาพที่สำคัญคือกลิ่น โดยอาหารชั้นหมักครั้งนี้ที่มีกลิ่นหอมคล้ายมะม่วงดองอันเนื่องมาจากกลิ่นของกรดแลคติกและแอลกอฮอล์ที่ถูกผลิตขึ้นระหว่างกระบวนการหมักโดย lactic acid bacteria และ yeast ตามลำดับ ซึ่งบ่งบอกถึงการหมักที่มีคุณภาพดีมาก (Kaiser et al., 2003) นอกจากนี้กลิ่นที่หอมยังเพิ่มความน่ากินให้กับสัตว์ ส่งผลถึงโอกาสที่สัตว์จะได้รับโภชนาได้อย่างเต็มที่

คุณภาพการหมักขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดของจุลินทรีย์ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม คุณค่าทางโภชนาการในวัตถุดิบ และชนิดของอาหารหมัก เป็นต้น (McDonald et al., 2002) อาหารชั้นเปียกงานทดลองนี้มีสามารถถูกเก็บรักษาได้ยาวนาน 28 วัน สอดคล้องกับ บุญเสริม และคณะ (2555) รายงานว่า หญ้าเนเปียร์ยี่ห้อสามารถถูกหมักในถุงดำพลาสติกขนาดบรรจุ 20 กิโลกรัม ได้ยาวนาน 180 วัน โดยมีระดับคุณภาพการหมักทางกายภาพอยู่ในระดับดีมาก รูปแบบการใช้ถุงหมักในการบรรจุเป็นรูปแบบที่เรียบง่ายสะดวกกับ

เกษตรกร และลงทุนไม่มากเมื่อเทียบกับการหมักรูปแบบอื่น เช่น ถังหมัก บ่อหมัก หรือการใช้ฟิล์มห่อ เป็นต้น อย่างไรก็ตามควรใช้ถุงหมักที่ทำจากวัสดุที่คงทนทานจะลดความเสี่ยงการฉีกและรั่วซึ่งเป็นสาเหตุให้เก็บรักษาคุณภาพได้ลดลง

### สรุป

การศึกษาระดับความชื้นและระยะเวลาหมักเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาค่าอาหารชั้นเปียกที่มีความชื้นสูงเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่สภาพอากาศเขตร้อนชื้นซึ่งง่ายต่อการเน่าเสีย จากการทดสอบอาหารชั้นเปียกที่บรรจุในถุงพลาสติกขนาดบรรจุ 30 กิโลกรัม พบว่า ระดับความชื้นในช่วง 40% ถึง 60% เป็นช่วงความชื้นที่เหมาะสมต่อการผลิตอาหารชั้นเปียกที่ใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบหลัก อย่างไรก็ตามการเลือกใช้อาหารชั้นเปียกที่ระดับความชื้น 50% จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการควบคุมความชื้นของอาหารหมักที่อาจต่ำหรือสูงอันเนื่องมาจากความแปรปรวนของความชื้นในกากมันสำปะหลังสด และเป็นค่าความชื้นที่ใกล้เคียงกับค่าความชื้นที่เหมาะสมกับการทำหญ้าหมักแห้ง อาหารชั้นเปียกควรได้รับการหมักอย่างน้อย 7 วัน และสามารถถูกเก็บรักษาให้อยู่ในช่วงคุณภาพดีมากได้ยาวนาน 28 วัน ซึ่งรูปแบบการผลิตอาหารชั้นเปียกในงานทดลองนี้มีความเป็นไปได้สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อรายย่อย

### คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษที่สนับสนุนงบประมาณสำหรับดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณ รศ. ดร. กฤตพล สมมาตย์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือบางส่วนในการทำวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ, สุนทร วิทยาคุณ, เฉลิมพล เยื้องกลาง และไพวัลย์ ศรีนิทานวล. 2548. ผลของระดับความชื้นต่อคุณภาพของอาหารผสมครบส่วนหมัก ในการประชุมวิชาการครั้งที่ 43 สาขาสัตว์ สัตวแพทยศาสตร์ ประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บุญส่ง เลิศรัตนพงษ์, วิทยา สุมาลย์, วิโรจน์ ฤทธิ์ฤชัย และราไพโร นามสีลี. 2555. การศึกษาคุณภาพของพืชหมักในถุงพลาสติกดำที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ. แหล่งข้อมูล: <http://nutrition.dld.go.th/KnowledgeCenter/2555/boonsong%209-2555.pdf>. ค้นเมื่อ 28 ธันวาคม 2564.
- วารุณี พานิชผล, ฉายแสง ไผ่แก้ว, สมคิด พรหมมา, โสภณ ชินเวโรจน์, จันทรกานต์ อรนนท์, วิโรจน์ ฤทธิ์ฤชัย และวรรณางทอง. 2547. มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักของกองอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- AOAC, 1995. Official Method of Analysis, 16th ed. Animal Feeds: Association of Official Analytical Chemists, VA, USA.
- Cai, Y., Y. Benno, M. Ogawa, S. Ohmomo, S. Kumai, and T. Nakase. 1998. Influence of *Lactobacillus* spp. from an inoculant and of *Weissella* and *Leuconostoc* spp. from forage. *Applied and Environmental Microbiology*. 64(8): 2982–2987.
- Chauynaron, N., M. Bhuiyan, U. Kanto, and P. Iji. 2015. Variation in Nutrient Composition of Cassava Pulp and its Effects on in vitro Digestibility. *Asian Journal of Poultry Science*. 9(4): 203-212.
- Kaiser, A. G., J. W. Piltz, H. M. Burns, and N. W. Griffiths. 2003. Successful Silage. Dairy Research and Development Corporation and NSW Agriculture, Australia.
- Li Ying, H., N. Borjigin, and Z. Yu. 2017. Effect of inoculants and fibrolytic enzymes on the fermentation characteristics, in vitro digestibility and aflatoxins accumulation of whole-crop corn silage. *Grassland Science*. 63: 69–78.
- Lounglawan, P., M. Khungaew, and S. Wisitiporn. 2011. Silage production from cassava peel and cassava pulp as energy source in cattle diets. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 10: 1007-1011.

- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, and C. A. Morgan. 2002. *Animal Nutrition*. 6th ed. Longman Scientific and Technical, New York, NY.
- Muck, R. E. 2010. Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39: 183–191.
- Park, H. S., K. C. Choi, J. H. Kim, M. J. So, W. H. Kim, and S. Srisesharam. 2015. Effect of Moisture Content on the Chemical Composition and Fermentation Quality of Italian Ryegrass Haylage. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*. 35: 131–136.
- SAS, 1998. *User's Guide: Statistic, Version 6*, 12th ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Subepang, S., T. Suzuki, T. Phonbumrung, and K. Sommart. 2018. Enteric methane emissions, energy partitioning, and energetic efficiency of zebu beef cattle fed total mixed ration silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 32(4): 548–555.
- Wang, F. and N. Nishino. 2008. Ensiling of soybean curd residue and wet brewers grains with or without other feeds as a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 91: 2380–2387.
- Wang, J., J. Q. Wang, D. P. Bu, W. J. Guo, Z. T. Song, and J. Y. Zhang. 2010. Effect of storing total mixed rations anaerobically in bales on feed quality. *Animal Feed Science and Technology*. 161: 94–102.
- WTSR. 2010. *Nutrient Requirement of Beef Cattle in Indochinese Peninsula*. Klungnavitthaya Press, Khon Kaen, Thailand.
- Yuan, X., A. Wen, S. T. Desta, J. Wang, and T. Shao. 2016. Effects of sodium diacetate on the fermentation profile, chemical composition and aerobic stability of alfalfa silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 30: 804–810.