

ผลของการปรับปรุงคุณภาพของมันสำปะหลังต่อ อุณหภูมิการเกิดเจลลาตีโนเซชันและการย่อยได้โดยใช้ถุ์งในล่อน

Effects of Quality Improvement of Cassava Root on Gelatinization Temperature and In situ Dry Matter Disappearance

ธนโชติ ทองย้อย¹, นันทนุสรณ์ มาตรวังแสง², ประวิทย์ ห่านใต้,
วันดี ทาตระกูล¹, ทศพร อินเจริญ¹, เสาวลักษณ์ เข้มหมื่นอาจ³,

คงเดช พะสีนาม², วิโรจน์ ลิขิตตระกูลวงศ์² และ ณรกรมล เกาห์รอดพันธ์^{2*}

Tanachot tongyoy¹, Nanthanuson Matwangsang², Prawit Hantai¹,

Wandee Tartrakoon¹, Tossaporn Incharoen¹, Saowaluck Yammuen-art³,

Khongdet Phasinam², Wirot Likittrakulwong² and Norakamol Laorodphan^{2*}

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ คือศึกษาอุณหภูมิที่เกิดเจลลาตีโนเซชันของมันสำปะหลัง และผลของระดับมันสำปะหลังและมันสำปะหลังต่อการย่อยได้ในถุ์งในล่อน การทดลองที่ 1 ใช้เครื่อง Differential scanning calorimetry เพื่อประเมินผลการเกิดเจลลาตีโนเซชันของมันสำปะหลังและมันสำปะหลัง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) และวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ T – Test ผลการทดลอง พบว่า ค่าความร้อนที่อุณหภูมิเริ่มเกิดเจลลาตีโนเซชัน (T0) อุณหภูมิที่เกิดเจลลาตีโนเซชันสูงสุด (Tp) และอุณหภูมิเมื่อสิ้นสุด (TF) ของมันสำปะหลังสูงกว่ามันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ในการทดลองที่ 2 แบ่งการทดลองเป็น 3 กลุ่มการทดลอง คือ อาหารชั้นที่มีระดับของมันสำปะหลัง 60 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T1), อาหารชั้นที่มีระดับของมันสำปะหลัง 30 เปอร์เซ็นต์และมันสำปะหลัง 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) และอาหารชั้นที่มีระดับของมันสำปะหลัง 60 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T3) ทำการวางแผนการทดลองแบบ CRD ผลการทดลอง พบว่า การสลายตัวของวัตถุแห้ง ณ ชั่วโมงที่ 2, 4, 6, 8, 12, 48, และ 72 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง ในชั่วโมงที่ 24 กลุ่มของ T1 มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนที่ไม่ละลาย (B) แต่เกิดการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ T1 มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น อัตราการสลายตัวของวัตถุแห้ง (C) กลุ่ม T3 มีอัตราการสลายสูงกว่ากลุ่มอื่น และส่วนประสิทธิภาพการสลายตัวที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่งโมง (ED_{0.05}) กลุ่ม T3 มีประสิทธิภาพการสลายตัวสูงสุด จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่ามันสำปะหลังใช้ความร้อนในการเกิดเจลลาตีโนเซชันต่ำกว่ามันสำปะหลังและการใช้มันสำปะหลังระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารทำให้อาหารทดลองมีการย่อยได้ในถุ์งในล่อนลดลง

คำสำคัญ มันสำปะหลัง, มันสำปะหลัง, มันสำปะหลัง, เจลาตีโนเซชัน, การย่อยได้ในถุ์งในล่อน

¹ สาขาวิชาสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร 65000

Division of Animal Science and Feed Technology, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

² คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 65000

Faculty of Food and Agricultural technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

³ ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Department of Animal and Aquatic Science Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

* Corresponding author: naikaset119@hotmail.com

ABSTRACT: This study was conducted to determine the effect of temperature on the gelatinization of cassava chip and steam cassava in experiment 1 and effects of the level of cassava chip and steam cassava chip in the ration on *in situ* ruminal digestion in fistulated Thai native bulls in experiment 2. In the experiment 1, differential scanning calorimetry was used to study gelatinization of cassava chip and steam cassava chip. A Completely Randomized Design (CRD) and using T-test for statistical analysis were used in this study. The results showed that the gelatinization process starts (T₀), the temperature at the gelatinization process maximum (T_p) and the temperature at the gelatinization process finish (T_f) of Cassava chip (CC) were significantly higher than Stream cassava chip (SCC) (P<0.05). In experiment 2, the experimental diet was divided into 3 groups follow by: cassava chip 60 % of the diet (T₁), the other 2 treatments were rations in which cassava chip was replaced by stream cassava chip at 30 and 60% (T₂ and T₃). A completely randomized design was used in this study. The results were shown that the dry matter disappearance at 2, 4, 6, 8, 12, 48 and 72 hours were not significantly different (P>0.05). But dry matter disappearance at 24 hours of T₁ was higher than the other groups (P<0.05). However, fermentable fraction (fraction B) of T₁ was higher than the other groups. Degradation rate (c) of T₃ was higher than the other groups and effective degradability (ED_{0.05}) of T₃ higher than the other groups. According to the results of this research, it is suggested that the temperature on the gelatinization of stream cassava chip lower than cassava chip. Furthermore, replacing cassava chip with stream cassava meal at 60% could decrease *In situ* DM disappearance of the experimental diets.

Keywords: Cassava, Steamed cassava, Gelatinization, *In situ* DM disappearance

บทนำ

แหล่งพลังงานเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องในระยะให้ผลผลิต แหล่งพลังงานในอาหารชั้นส่วนใหญ่มีมาจากธัญพืชและแหล่งของไขมันจากพืชเป็นหลัก ซึ่งในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนใหญ่มีการใช้วัตถุดิบพลังงานในสูตรอาหาร 70 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบ (Russell, 1987) โดยเฉพาะการใช้มันสำปะหลังซึ่งมีการใช้อย่างแพร่หลายในรูปแบบของมันเส้นในสูตรอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งมันเส้นจัดเป็นแหล่งของวัตถุดิบแหล่งพลังงานหลักในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง อย่างไรก็ตามราคามันเส้นในปัจจุบันค่อนข้างมีราคาสูง ส่งผลมาจากปี 2559-2560 ราคามันมันมีการปรับตัวลงอย่างต่อเนื่องทำให้ในปี 2561 เกษตรกรปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชชนิดอื่นที่ให้ผลผลิตตอบแทนที่ดีกว่า จึงส่งผลทำให้ราคามันสูงขึ้นในปี 2562 ที่ 7.13 บาท/กิโลกรัม (สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2562; กรมการค้าภายใน, 2562) ประกอบกับการให้แหล่งพลังงานที่สูงเกินไปจะส่งผลทำให้เกิดสภาวะการเป็นกรดและไปลดการย่อยได้ของเยื่อใยภายในกระเพาะหมักส่วนหน้า (NRC, 2001) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการนำเอาพลังงานที่ได้จากการย่อยแบ่งและดูดซึมในรูปแบบของ Glu-

cose จากลำไ้เล็กกับการย่อยแบ่งโดยจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนแล้วปรากฏว่า การนำพลังงานไปใช้ประโยชน์ในการดูดซึม Glucose จากลำไ้เล็กจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการย่อยแบ่งในกระเพาะรูเมน (Armstrong et al., 1961) โดยมีประสิทธิภาพสูงถึง 42 เปอร์เซ็นต์ (Owens et al., 1986) การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เกิดเจลาตินในเซชันของมันเส้น มันนึ่ง และการย่อยได้โดยใช้ดูไนลอนในโคพื้นเมืองเจาะกระเพาะ

วิธีการศึกษา

ทำการศึกษาอัตราการเกิด Gelatinization โดยใช้ เครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือมันเส้นและมันเส้นที่ผ่านการนึ่ง โดยใช้มันเส้นจำนวน 1,000 กรัม ต่อน้ำ 2,000 มิลลิลิตร ทำการนึ่งเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง 25 นาที จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง นำตัวอย่างมันเส้นและมันที่ผ่านการนึ่งมาบดละเอียด ใส่ภาชนะปริมาณ 0.02 กรัม นำภาชนะตัวอย่างที่มีความชื้น 10 - 14 กรัม ต่อ 100 กรัมที่วัตถุดิบ ให้เปลี่ยนเป็น 70 กรัม ต่อ 100 กรัมที่วัตถุดิบ โดยการเติมน้ำกลั่นที่แช่ไว้

ในตู้เย็น ลงในตัวอย่างที่ปริมาณ 20±5 มิลลิกรัม ตัวอย่างเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง 1 คืน แล้วนำมาชั่งในภาชนะที่ปิดสนิท โดยการชั่งถาดเปล่าไว้ก่อน และวิเคราะห์ผลด้วยเครื่อง DSC โดยการปรับสมดุลที่อุณหภูมิ 30 – 120 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นนาทีละ 10 องศาเซลเซียส ผลที่ได้จากการผ่านความร้อนจะนำไปวิเคราะห์ โดย Mettler Toledo Star^o software สำหรับอุณหภูมิที่เริ่มทำปฏิกิริยา อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิสรุป และการเปลี่ยนแปลงความร้อนที่ไหลผ่าน นำตัวอย่างแต่ละชิ้นมาวิเคราะห์ซ้ำ (Srikaeo et al., 2011) และวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบเปรียบเทียบการทดลองสองกลุ่มทดลองที่มีอิสระต่อกัน (Two Sample Assuming Equal Variances: T-test) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 19

การประเมินความสามารถในการย่อยได้โดยใช้ถุงไนลอน (*In situ* DM disappearance) ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) โดยใช้โคสายพันธุ์พื้นเมืองเพศผู้เจาะกระเพาะฝังก่อ Rumen fistula บริเวณสวอปด้านซ้ายของตัวโค (ทัศนีย์และเทอดชัย, 2530) จำนวน 2 ตัวอายุประมาณ 8 – 10 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 263 ± 12 กิโลกรัม เลี้ยงในคอกขังเดี่ยวมีน้ำให้กินตลอดเวลา ให้เนเปียร์หมักเป็นอาหารพื้นฐาน ทำการวัดการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนด้วยถุงไนลอน (*In situ* technique) โคจะได้รับอาหารทดลอง 3 กลุ่มคือ อาหารชั้นสูตรที่มีระดับของไขมัน 60 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T1), อาหารชั้นที่มีระดับของไขมัน 30 เปอร์เซ็นต์และไขมัน 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2), และอาหารชั้นที่มีระดับของไขมัน 60 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T3) โดยนำตัวอย่างมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ใช้ถุงไนลอนขนาด 7×15 เซนติเมตร มีขนาดรูของถุง 40 ไมโครเมตร ชั่งตัวอย่างอาหาร 3 กรัม นำไปหมักย่อยในส่วนล่างของกระเพาะรูเมน Rumen fistula โดยใช้เวลาในการหมักย่อย 8 ช่วงเวลาคือ 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างอาหารที่เหลืออยู่ในถุงไนลอนมาคำนวณค่าการย่อยสลายโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ตามวิธีของ Ørskov and McDonald (1979) จากสูตร

$$P = A + B(1 - e^{-ct})$$

เมื่อ P = โภชนะที่หายไปเป็นเวลา t (degradation at time t)

A = ส่วนที่ละลายได้ (immediately soluble material)

B = ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถหมักย่อยได้ (insoluble fermentable material)

C = อัตราการย่อยสลาย (degradation rate)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์อัตราการเกิด Gelatinization ด้วยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC)

จากการศึกษาค่าความร้อนในการเกิดเจลลิตีในเซชันพบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดเจลลิตีในเซชัน (T_0) ของกลุ่ม cassava chip (CC) สูงกว่ากลุ่ม stream cassava chip (SCC) เนื่องจากเป็นช่วงที่แป้งดิบเริ่มเกิดกระบวนการเจลลิตีในเซชันซึ่งจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 65-70 องศาเซลเซียส ในแป้งมันสำปะหลัง (ธนาภร, 2559) ที่อุณหภูมิที่เกิดเจลลิตีในเซชันสูงสุด (T_p) ของกลุ่ม CC สูงกว่ากลุ่ม SCC เนื่องจากการใช้ความร้อนร่วมกับความชื้น ทำให้แป้งสุกตัวไปแล้ว จึงเหลือการเกิดเจลลิตีในเซชันน้อยกว่า อีกทั้งระดับของความชื้นที่ 33.3 เปอร์เซ็นต์ยังมีอิทธิพลจากการเกิดเจลลิตีในเซชัน (นิตยาและคณะ, 2558) และอุณหภูมิสิ้นสุดการเกิดเจลลิตีในเซชัน (T_f) ของกลุ่ม CC สูงกว่ากลุ่ม SCC เนื่องจากกลุ่ม SCC ผ่านกระบวนการนึ่งซึ่งน้ำที่จับอยู่กับหมู่ไฮดรอกซิลจะถูกดึงออกเกิดเป็นรีโทรกราเดชัน (Retrogradation) (Whistler and Bemiller, 1999) จึงส่งผลให้มีอุณหภูมิการเกิดเจลลิตีในเซชันต่ำกว่ากลุ่ม CC (ดังตารางที่ 1)

2. การประเมินความสามารถในการย่อยได้โดยใช้ถุงไนลอน (*In situ* DM disappearance)

จากการศึกษาการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของโคพื้นเมืองเจาะกระเพาะที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร เมื่อนำค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (ตารางที่ 2) พบว่า อัตราการ

Table 1 Effects of quality improvement of cassava chip and stream cassava chip on physicochemical properties by using differential scanning calorimeter.

Time	Treatment		SEM	P-value
	CC	SCC		
T ₀	72.22 ^a	49.57 ^b	6.54	0.01
T _p	77.21 ^a	53.45 ^b	6.86	<0.01
T _F	84.17 ^a	72.32 ^b	3.42	<0.01

^{a, b} Means within row with different superscripts differ significantly (P<0.05),

CC = cassava chip, SCC = stream cassava chip, T₀ = temperature at the gelatinization process starts, T_p = temperature at the gelatinization process maximum, T_F = the temperature at the gelatinization process finish

Table 2 Ingredient and chemical composition of experimental diets.

Ingredient	T1	T2	T3
Cassava	59.47	29.735	0
Stream cassava	0	29.735	59.47
Ground corn	10.08	10.08	10.08
Rice bran	15.34	15.34	15.34
Molasses	2.42	2.42	2.42
Soybean meal	8.6	8.6	8.6
Premix	0.44	0.44	0.44
Dicalcium phosphate	0.89	0.89	0.89
Sulfer	0.09	0.09	0.09
Salt	0.89	0.89	0.89
Urea	1.78	1.78	1.78

ย่อยสลายในช่วงเวลาชั่วโมงที่ 2, 4, 6, 8, 12, 48, และ 72 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่า อัตราการย่อยสลาย ณ ชั่วโมงที่ 24 ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของกลุ่ม T1 มีค่าสูงกว่ากลุ่ม T3 และ T2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (3.03 เทียบกับ 2.66 และ 2.58 เปอร์เซ็นต์) อาจเป็นผลมา ปริมาณไขมันในสูตรอาหารของกลุ่ม T1 สูง จึงทำให้กระบวนการหมักของกระเพาะรูเมนย่อยสลายที่ละลายได้ง่ายในช่วงต้นสูง (Cone et al., 1997)

ในส่วนของการละลายของวัตถุแห้ง (A) สูงขึ้นตามปริมาณไขมันในสูตรอาหาร อาจเนื่องมาจาก แปรจากไขมันเส้นที่ได้รับความชื้นร่วมกับ ความร้อน ทำให้กระบวนการละลายในเซชัน หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลงจนแข็งจะจับตัวกันเป็นผลึก แต่จะมีบางบางส่วนที่ไม่จับตัวเป็นผลึก จึงทำให้มีบางส่วนที่ละลายได้ง่ายมากกว่าไขมันปกติ (Richard and William, 1990) สำหรับส่วนที่ไม่ละลาย (B) แต่เกิดการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ พบว่าในกลุ่ม T1 มีค่าสูง

Table 2 *In situ* DM disappearance (DMD) of experimental diets.

Time	Treatment			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
At 2 h	3.92	3.76	3.61	0.08	0.35
At 4 h	3.71	3.44	3.19	0.12	0.25
At 6 h	3.83	3.27	3.17	0.14	0.07
At 8 h	3.48	3.00	2.56	0.20	0.20
At 12 h	3.17	2.98	2.81	0.12	0.56
At 24 h	3.03 ^a	2.58 ^b	2.66 ^b	0.09	0.04
At 48 h	2.19	2.16	2.19	0.02	0.85
At 72 h	2.30	2.22	2.10	0.05	0.22

^{a, b} Means within row with different superscripts differ significantly (P<0.05)

CC = cassava chip, SCC = stream cassava chip, T1 = CC 60% of the diet, T2 = mixed CC 30% and SCC 30% of the diet, T3 = SCC 60% of the diet

กว่ากลุ่ม T3 และ T2 คือ 77.2, 62.1, และ 61.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากค่า (B) แต่เกิดการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ ของกลุ่ม T2 และ T3 ลดลงตามระดับการเพิ่มขึ้นของไขมันในสูตรอาหารเนื่องจากอาหารที่ผ่านกระบวนการความร้อนมีผลทำให้การย่อยได้ในกระเพาะรูเมนต่ำซึ่งส่งผลทำให้มีอัตราการไหลผ่านเพิ่มขึ้น (VanSoest, 1994) ค่าศักยภาพการสลายตัวของวัตถุแห้ง (A+B) พบว่ากลุ่ม T1 มีศักยภาพการสลายตัวของวัตถุแห้งสูงกว่ากลุ่ม T2 และ T3 คือ 94.0, 90.1, และ 88.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งตรงกันข้ามกับที่กรมมลและคณะ (2556) ได้รายงานว่าการเสริมกากเอทานอลที่ระดับ 15-45 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า A+B ลดลง อัตราการสลายตัวของวัตถุแห้ง (c) พบว่าในกลุ่มของ T1 มีค่าต่ำที่สุด คือ 0.035 (% h⁻¹) ซึ่งใกล้เคียงกับค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของเสาวลักษณ์ และคณะ (2542) มีค่าอัตราการสลายตัวของวัตถุแห้ง (0.031 % h⁻¹) และตรงข้ามกับการรายงานของ Wanapat and Kang (2015) (0.023 เปอร์เซ็นต์) และประสิทธิภาพการสลายตัว (Effective degradability) ที่อัตราการไหลผ่าน 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง พบว่าในกลุ่ม T1 มีค่าการสลายตัวต่ำกว่าทุกกลุ่มที่ 44.8, 62.4 และ 67.6 ตามลำดับ ซึ่งตรงกันข้ามกับการใช้แป้งสาชูในสูตรอาหารที่มีค่าประสิทธิภาพการสลายตัว (89.2 เปอร์เซ็นต์) ตามที่สุมาลี และคณะ (2551) ได้รายงานไว้

สรุป

มันนึ่งมีการใช้คุณสมบัติในการเกิดเจลาตินในเซชันต่ำกว่ามันเส้น นอกจากนั้นการใช้มันนึ่งที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ในอาหารทดลองทำให้มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งในถุงไนลอนลดลง

เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าภายใน. 2562. ปฏิทินฤดูกาลสินค้าเกษตร ปี 2562. กระทรวงพาณิชย์. กรุงเทพมหานคร. ญานิน โอภาสพัฒนกิจ, วีรยุทธ อยู่บุญ และ สุบรรณ ฝอยกลาง. 2559. ผลของการหมักต้นข้าวโพดสดโดยใช้สารเสริมชนิดต่างๆ ต่อองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้โดยใช้เทคนิคถุงไนลอน. แก่นเกษตร. (ฉบับพิเศษ) 44(2): 107-115.
- กรมมล เลาห์รอดพันธ์, โชค มิเกล็ด, ณัฐพล จงกลกิจ, จิรวัดณ์ พัสระ, เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ, วิสูตร ศิริณพวงษานนท์, และอำพล วริทธิธรรม. 2556. ผลของระดับการใช้กากมันสำปะหลังแห้งจากกระบวนการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารต่อกระบวนการหมักย่อยในกระเพาะหมักและการย่อยได้ในโคพื้นเมืองเจาะกระเพาะ. วารสารเกษตร 29 (1): 89-98.

- ทัศนีย์ อภิชาติสร้างกรู และเทอดชัย เวียรศิลป์. 2530. การผ่าตัดใส่ท่อ Rumen Fistula ในวัวนมโดยวิธีการผ่าตัดครั้งเดียว (One Stage Operation). *เวชสารสัตวแพทย์*. 17(15): 349-355.
- ธนากร รัตนธรรม. 2559. ผลของการทำให้ร้อนและการทำให้เย็นที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการย่อยของแป้ง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*. 21(2): 246-259.
- นิตยา จันกา, ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล, และ เฉลิมชัย วงษ์อารี. 2558. ผลของสตาร์ชเจลาตินไนซ์ไซซันต่อคุณสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวเหนียวม่วง. *วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์*. 14(2): 58-71.
- สุมาลี เพ็ชรจันทร์, วันวิศาข์ งามผ่องใส และ ปิ่น จันจุฬา. 2551. ความสามารถในการย่อยสลายได้ของสาหร่ายและผลพลอยได้จากสาหร่ายในกระเพาะรูเมนโดยวิธีถูงโนลอน. *แก่นเกษตร*. 36: 287-294.
- เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ, บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, บุญเสริม ชีวะอิสระกุล, และสมคิด พรหมมา. 2542. การวัดการย่อยได้ของไซนและค่าพลังงานในฟางข้าวโดยใช้ถูงโนลอนและการวัดปริมาณแก๊ส. น. 76-85. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37. วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2542. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. สถานการณ์สินค้าการเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2562. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร.
- Armstrong, D. G. K. L. Blaxter and N. M. Graham. 1961. The heat increment in fasting sheep of acetic acid partially neutralized with sodium hydroxide. *Br. J. Nutr.* 15: 169 - 175.
- Cone, J. W., A. H. Van Gelder and F. Driehuis. 1997. Description of gas production profiles with a three-phasic model. *Anim. Feed Sci. Technol.* 66: 31-45.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements for Dairy Cattle*. 7th Edn., National Academy Press, Washington, DC., USA.
- Ørskov, E. R., and I. McDonal. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agri. Sci.* 92:499-503.
- Owens, F. N., R. A. Zinn and Y. K. Kim. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.* 63: 1634-1648.
- Russell, J. B. 1987. Effect of extracellular pH on growth and proton motive force of *Bacteroides succinogenes*, a cellulolytic ruminal bacterium. *Appl Environ Microbiol.* 53(10): 2379-2383.
- Srikaeo, K., S. Mingyai and P. A. Sopade. 2011. Physicochemical properties, resistant starch content and enzymatic digestibility of unripe banana, edible canna, taro flours and their rice noodle products. *Int J Food Sci Tech.* 46: 2111-2117.
- Richard, F. T. and R. M. William. 1990. Swelling and Gelatinization of Cereal Starches. I. Effects of Amylopectin, Amylose, and Lipids. *Cereal Chem.* 67(6): 551-557.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press, Ithaca.
- Wanapat, M. and S. Kang. 2015. Cassava chip (*Manihot esculenta* Crantz) as an energy source for ruminant feeding. *J. Anim Nutr.* 1: 266-270.
- Whistler, R. L. and J. N. Bemiller. 1999. *Carbohydrate chemistry for food scientist* American association of cereal chemists. St. Paul: MN.