ผลของการเสริมกากชาต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ปรากฏ และ การผลิตก๊าซมีเทนของแพะนมลูกผสม

นายรพีพัฒน์ สันโดษ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF SUPPLEMENTATION OF TEA WASTE ON PRODUCTIVE PERFORMANCE, NUTRIENT DIGESTIBILITY, AND METHANE PRODUCTION OF CROSSBRED LACTATING GOAT

Mr. Rapepat Sundod

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Animal Nutrition
Department of Animal Husbandry
Faculty of Veterinary Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเสริมกากชาต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ปรากฏ และ การผลิตก๊าซมีเทนของแพะนมลูกผสม
โดย	นายรพีพัฒน์ สันโดษ
สาขาวิชา	อาหารสัตว์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.จักรกริศน์ เนื่องจำนงค์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์ นายสัตว์แพทย์สมชาย จันทร์ผ่องแสง

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์
(ศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.รุ่งโรจน์ ธนาวงษ์นุเวช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร.อุตรา จามีกร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.จักรกริศน์ เนื่องจำนงค์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์ นายสัตว์แพทย์สมชาย จันทร์ผ่องแสง)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นายสัตว์แพทย์ ดร.สัมพันธ์ ธรรมเจริญ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร.อนงค์นาฏ อัศวชีพ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ประสานพานิช)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รพีพัฒน์ สันโดษ : ผลของการเสริมกากชาต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ปรากฏ และ การผลิตก๊าซมีเทนของแพะนมลูกผสม. (EFFECTS OF SUPPLEMENTATION OF TEA WASTE ON PRODUCTIVE PERFORMANCE, NUTRIENT DIGESTIBILITY, AND METHANE PRODUCTION OF CROSSBRED LACTATING GOAT) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. น.สพ. ดร.จักรกริศน์ เนื่องจำนงค์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศ. น.สพ.สมชาย จันทร์ผ่องแสง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กากชา ต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร การย่อยได้ปรากฏ การเปลี่ยนแปลงของเมทาโบไลท์ในเลือด และการผลิตก๊าซมีเทน ในอาหารที่ใช้เลี้ยงแพะนมลูกผสม วางแผนการวิจัยแบบสลับ (3 x 3 crossover design) โดยใช้แพะนมลูกผสมพันธุ์ซาแนนจำนวน 9 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 30 ± 3.50 กิโลกรัม เป็นแม่แพะที่ผ่านการคลอดมาแล้ว (multiparous) และอยู่ในช่วงให้ผลผลิตน้ำนมหลังคลอด (lactation) การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง โดยในช่วง 14 วันแรกจะเป็นช่วงของการปรับตัว ช่วงที่เหลืออีก 7 วันจะเป็นช่วงของการเก็บตัวอย่างและข้อมูล แพะแต่ละตัวได้รับอาหารทั้งสามสูตรที่มีการเสริมกากชาลงในสัดส่วนที่ 0 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งในรูปของอาหารผสมเสร็จ (Total mixed ration; TMR) (กลุ่มที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ) มีการคำนวณระดับโปรตีนและพลังงานเท่ากันทุกสูตร (isonitrogenous and isocaloric diets) ทำการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ อาหาร เลือด ปัสสาวะ มูล น้ำนม และของเหลวจากกระเพาะรูเมน เพื่อที่จะประเมินค่าพารามิเตอร์ที่สังเกตหลายชนิด ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในกลุ่มทดลองของปริมาณการกินได้ ผลผลิตน้ำนม ค่าเมทาโบไลท์ในเลือด (กลูโคส ไตรกลีเซอไรด์ โปรตีนรวม) ค่าพีเอชในกระเพาะรูเมน กรดไขมันระเหย (volatile fatty acids; VFAs) ค่าอัลลานโทอิน (allantoin) ค่าสมดุลไนโตรเจนและผลผลิตก๊าซมีเทน ส่วนประกอบของโปรตีนในน้ำนมในกลุ่มที่ 3 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 1 และ 2 ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในกลุ่มที่ 3 สูงกว่าในกลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ 1 ส่วนกลุ่มที่ 2 มีค่าการย่อยได้ของสารอินทรีย์ โปรตีน และ NDF ต่ำที่สุดในทุกกลุ่ม อย่างไรก็ตาม กลุ่มที่ 3 มีค่าการย่อยได้ของ NDF และ ADF สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า สามารถใช้กากชาได้ถึงระดับ 10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งในสูตรอาหารเพื่อเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารที่ใช้เลี้ยงแพะนมลูกผสมผสมซาเนนได้ โดยไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อปริมาณการให้ผลผลิตและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตาม การเสริมกากชาที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งในสูตรอาหารไม่ส่งผลต่อการผลิตก๊าซมีเทน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา อาหารสัตว์ ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5875319831 : MAJOR ANIMAL NUTRITION

KEYWORD: Crossbred dairy goat Methane Milk Rumen fermentation Tannin Tea watse (TW)

Rapepat Sundod : EFFECTS OF SUPPLEMENTATION OF TEA WASTE ON PRODUCTIVE PERFORMANCE, NUTRIENT DIGESTIBILITY, AND METHANE PRODUCTION OF CROSSBRED LACTATING GOAT. Advisor: Asst. Prof. CHACKRIT NUENGJAMNONG, Ph.D. dvm Co-advisor: Prof. Somchai Chanpongsang, dvm

The objective of this study aimed to determine effects of tea waste supplementation on productive performance, nutrient digestibility, blood metabolites and methane production in crossbred dairy goats. Nine multiparous crossbred lactating goats (Saanen x Native), with the initial body weight of 30 ± 3.50 kg, were randomly assigned to 3 x 3 crossover design. The experiment consisted of 2 periods with the first 14 d for adaptation and the last 7 d for data and sample collection. Each goat was received 3 dietary treatments with tea waste at 0%, 5% and 10% dry matter inclusion in total mixed ration (TMR) diets (T1, T2 and T3 respectively). All diets were isonitrogenous and isocaloric diets. Several kinds of samples i.e. feed, blood, urine, feces, milk and ruminal fluid were collected to evaluate observation parameters. There was no significant difference in feed intake, milk yield, blood metabolites (glucose, triglyceride, total protein), ruminal fluid pH, volatile fatty acids (VFAs), allantoin, nitrogen balance and methane production among treatments. T3 had a significant effect ($p<0.05$) on protein composition in milk compared with T1 and T2. The digestibility of dry matter in T3 was higher ($p<0.05$) than that of T2 but not different from T1. T2 had the lowest digestibility of organic matter, protein and neutral detergent fiber (NDF) among groups. However, T3 had the highest digestibility of NDF and acid detergent fiber (ADF) among groups.

In conclusion, tea waste up to 10% (DM basis) could be supplemented as a protein source in diet of crossbred dairy goats without a negative effect on productive performance and rumen ecology. However, the supplementation of tea waste at 5% and 10% (DM basis) did not affect the methane production.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Animal Nutrition	Student's Signature .....
Academic Year:	2018	Advisor's Signature .....
		Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.น.สพ.ดร.จักรกริศน์ เนื่องจำนงค์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ศ.น.สพ.สมชาย จันทร์ผ่องแสง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษา ข้อแนะนำ รวมทั้งตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณกรรมการทั้ง 4 ท่าน ได้แก่ รศ.ดร.สมเกียรติ ประสานพานิช กรรมการ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) รศ.สพ.ญ.ดร.อุตรา จามีกร รศ.น.สพ.ดร.สัมพันธ์ ธรรมเจริญ และ ผศ.สพ.ญ.ดร.อนงค์นาฏ อัศวชีพ สาหรับการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ขอขอบคุณ ผศ.ดร.นลินี อิ่มบุญตา สำหรับคำแนะนำด้านสถิติสำหรับงานวิจัย และแผนการทดลอง รวมทั้งขอขอบคุณ

1. เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

2. คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการทางานวิจัย และการดำเนินงานด้านเอกสาร

3. รศ.ดร.นเรศ เชื้อสุวรรณ สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และคำแนะนำในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

4. เจ้าหน้าที่และบุคลากร ศูนย์ฝึกนิสิตคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านสาหรับการช่วยเหลือด้านสัตว์เลี้ยง งานฟาร์ม และการควบคุมสัตว์ในการเก็บตัวอย่างให้เป็นไปอย่างราบรื่น

5. ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

6. ขอขอบคุณ บริษัท ยูนิ-เพรสซิเดนท์ (ประเทศไทย) จำกัด ในการเป็นผู้สนับสนุนวัตถุดิบ "กากชา" ให้กับงานวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ งานวิจัยจะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้หากขาดการสนับสนุน ความช่วยเหลือ และกำลังใจจากบุคคลในครอบครัว ตลอดจนความช่วยเหลือจากเพื่อน และพี่ทุกท่าน ที่แนะนำช่วยแก้ไขในการทำวิจัยจนทำให้งานวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ไปด้วยดี

รพีพัฒน์ สันโดษ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 สัตว์เคี้ยวเอื้องให้นม 4
2.2 กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง 5
2.3 ชา 6
2.4 ผลของการเสริมกากชาต่อปริมาณการกินได้ 7
2.5 ผลของการเสริมกากชาต่อสมรรถภาพการย่อยได้ 7
2.6 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าองค์ประกอบของเลือด 8
2.7 ผลของการเสริมกากชาต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม 8
2.8 ผลของการเสริมกากชาต่อกระบวนการเมทาโบลิซึมในกระเพาะรูเมน 8
2.9 ผลของการเสริมกากชาต่อกระบวนการผลิตก๊าซมีเทน 9
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 11
3.1 กระบวนการเตรียมกากชา 11
3.2 สัตว์ทดลอง 11
3.3 อาหารสัตว์ 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 การวางแผนการทดลอง 12
3.5 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผล 13
3.5.1 การวิเคราะห์คุณภาพอาหาร 13
3.5.2 มูลและปัสสาวะ 13
3.5.3 เลือด 13
3.5.4 น้ำนม 14
3.5.5 น้ำกระเพาะรูเมน 14
3.5.6 ก๊าซ 15
3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ 15
บทที่ 4 ผลการทดลอง 16
4.1 ค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง 16
4.2 ผลของการเสริมกากชาต่อปริมาณการกินได้ และปริมาณน้ำนม 17
4.3 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าองค์ประกอบน้ำนม 18
4.4 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าองค์ประกอบของเลือด 19
4.5 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าการย่อยได้ของสารอาหาร 21
4.6 ผลของการเสริมกากชาต่อค่า allantoin ในปัสสาวะ 22
4.7 ผลของการเสริมกากชาต่อค่า pH และกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน 22
4.8 ผลของการเสริมกากชาต่อสมดุลไนโตรเจน 24
4.9 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าการย่อยได้อินทรียวัตถุ และปริมาณก๊าซมีเทน ด้วยวิธี IVGPT 25
4.10 ผลของการเสริมกากชาต่อการเกิดก๊าซมีเทน 26
บทที่ 5 วิจารณ์ และสรุป 27
สรุปผลการทดลอง 33
บรรณานุกรม 34
ประวัติผู้เขียน 42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สูตรอาหารในงานทดลอง 12
ตารางที่ 2 การวางแผนการทดลอง 12
ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) 16
ตารางที่ 4 ผลของการเสริมกากชาต่อปริมาณการกินได้ และปริมาณน้ำนม (mean ± S.D.) 17
ตารางที่ 5 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าองค์ประกอบน้ำนม (mean ± S.D.) 18
ตารางที่ 6 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าองค์ประกอบของเลือด (mean ± S.D.) 20
ตารางที่ 7 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าการย่อยได้ (mean ± S.D.) 21
ตารางที่ 8 ผลของการเสริมกากชาต่อค่า allantoin ในปัสสาวะ (mean ± S.D.) 22
ตารางที่ 9 ผลของการเสริมกากชาต่อค่า pH แอมโมเนียไนโตรเจน และกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน (mean ± S.D.) 23
ตารางที่ 10 ผลของการเสริมกากชาต่อสมดุลไนโตรเจน (mean ± S.D.) 24
ตารางที่ 11 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าการย่อยได้อินทรียวัตถุ และปริมาณก๊าซมีเทน ด้วยวิธี IVGPT (mean ± S.D.) 25
ตารางที่ 12 ผลของการเสริมกากชาต่อการเกิดก๊าซมีเทน 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 สารประกอบแทนนินกับโปรตีนเมื่อเคลื่อนที่เข้าสู่ระบบทางเดินอาหาร 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

แพะนม (dairy goat) เป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่ให้ผลผลิต คือ น้ำนม โดยแพะนมนั้นเป็นสัตว์ที่ได้รับความนิยมในการเลี้ยงเป็นอย่างมากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งปัจจุบันน้ำนมแพะเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย และมีแนวโน้มจะสูงขึ้น ราคาตลาดของนมแพะในหลายประเทศ เช่น อินโดนีเซีย มาเลเซีย และไทย มีราคาสูงกว่านมวัว 2-3 เท่า ถึงแม้นมแพะจะมีราคาสูงกว่านมวัวแต่ก็ยังมีความต้องการที่สูงและยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค (Devendra and Liang, 2012) นอกจากการบริโภคน้ำนมเพียงอย่างเดียวแล้ว นมแพะยังสามารถนำมาแปรรูปหรือใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น ชีส เบเกอรี่ สบู่ และ เครื่องประทินผิวต่าง ๆ เป็นต้น

ปัจจัยหลักในการเลี้ยงแพะนม คือ ความต้องการของผลผลิตน้ำนม เนื่องจากผู้ผลิตต้องการนมในปริมาณที่สูงขึ้นก็ต้องคำนึงถึงปริมาณและคุณค่าทางโภชนาการของสัตว์ว่าได้รับอย่างเพียงพอหรือไม่ เมื่อคิดเปรียบเทียบกับต้นทุนวัตถุดิบค่าอาหารที่เสียไป ดังนั้น การรักษาระดับผลผลิตจะต้องควบคู่ไปกับสุขภาพของสัตว์ โดยคำนึงถึงค่าโภชนะ ได้แก่ พลังงาน โปรตีน เกลือแร่ วิตามิน (Haenlain, 1996) เนื่องจากอาหารสัตว์ที่ให้คุณค่าทางโภชนะประเภทโปรตีนสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น ถั่วเหลือง ในอุตสาหกรรมกระบวนการผลิตอาหารสัตว์มีต้นทุนในกระบวนการผลิตสูงและราคาของวัตถุดิบอาจแปรผันตาม ฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศ กระบวนการขนส่ง และปัจจัยอื่น ๆ เช่น ในประเทศแถบยุโรปหลายประเทศมีการนำเข้าถั่วเหลืองจากประเทศบราซิลเพื่อนำมาผลิตอาหารสัตว์ (Bay-Larsen et al., 2018) ดังนั้นการเลือกแหล่งวัตถุดิบของอาหารสัตว์จึงมีความสำคัญต่อผู้ผลิตเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชา (*Camellia sinensis*) เป็นพืชที่นำมาทำเป็นเครื่องดื่มที่เรียกว่าน้ำชา (tea) โดยน้ำชาเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมในการบริโภคในประเทศแถบเอเชียมากที่สุด โดยเฉพาะประเทศจีนและญี่ปุ่น เนื่องจากน้ำชามีคุณประโยชน์และมีรสชาติที่โดดเด่น (Xu et al., 2018) และมีสารประกอบฟีนอลซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านสารอนุมูลอิสระและอาการแพ้ (Ma et al., 2018) ใบชาสดประกอบไปด้วยสารที่มีประโยชน์หลายชนิด เช่น โปรตีน (protein) กรดแอมิโน (amino acid) แทนนิน (tannin) พอลิฟีนอล (polyphenols) เอพิคาเทชิน กัลป์แลต (epicatechin gallate) เอพิกัลโลคาเทชิน กัลป์แลต (epigallocatechin gallate) และ วิตามิน (vitamins) (Yashin et al., 2015) ในกระบวนการสกัดน้ำชาจากใบชาจะได้กากชาซึ่งเป็นของเหลือทิ้ง แต่ในกากชาประกอบด้วยโปรตีนที่สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบโปรตีนในอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์ได้ อย่างไรก็ตาม กากชานั้นมีสารแทนนิน

ในปริมาณสูง ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าสารแทนนินที่พบในธรรมชาติจะจับตัวอยู่กับโปรตีนในรูปของสารประกอบ ดังนั้นสัตว์ที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณแทนนินสูงอาจส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของสัตว์ทำให้ปริมาณการกินได้ลดลงเนื่องจากแทนนินมีรสขม (Silanikove et al., 1996) และยังส่งผลต่อการขับออกของไนโตรเจน (nitrogen) ในมูลสูงขึ้น (Nunez-Hernandez et al., 1991) ซึ่งเป็นผลมาจากการย่อยได้ของโปรตีนในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องลดลง (Woodward and Reed, 1997) โดยทั่วไปแล้วกากชามีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับพืชอาหารสัตว์ที่เป็นพืชตระกูลถั่วทั่วไปมีโปรตีนและแทนนินเป็นองค์ประกอบสูง (Kondo et al., 2004a)

ถึงแม้กากชาจะเป็นส่วนที่หลงเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำชาแต่ยังคงมีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่ที่ประมาณ 22-35 เปอร์เซ็นต์ (Yang et al., 2003) จึงมีคุณสมบัติที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทโปรตีนได้ หรือใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีโปรตีนต่ำในพื้นที่ที่ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ที่ให้โปรตีน ในลูกสัตว์เคี้ยวเอื้องที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตหรือสัตว์เคี้ยวเอื้องประเภทให้นมที่อยู่ในช่วงของการให้ผลผลิตนั้นต้องการโปรตีนในสัดส่วนที่สูงกว่าในระยะอื่น ๆ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต ดังนั้นสัตว์ต้องการอาหารที่มีสัดส่วนของโปรตีนสูง (Kondo et al., 2004b) แต่เนื่องจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทโปรตีนนั้นมีราคาสูงและบางส่วนต้องนำเข้าจากต่างประเทศเพราะคุณสมบัติที่แตกต่างกันของภูมิอากาศ สายพันธุ์ คุณภาพดิน ปริมาณของสารอาหาร ฯลฯ ซึ่งไม่สามารถหาหรือปลูกได้ภายในเขตพื้นที่ ๆ มีการทำปศุสัตว์ ดังนั้นการนำกากชามาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทโปรตีนเป็นการส่งเสริมระบบเศรษฐกิจในการประกอบกิจการฟาร์มปศุสัตว์โดยการลดต้นทุนได้บางส่วนทำให้มีผลกำไรจากการประกอบกิจการมากขึ้นและยังส่งผลดีต่อด้านสิ่งแวดล้อม สำหรับฟาร์มที่ประกอบกิจการและโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตน้ำชาในบริเวณใกล้เคียง ทำให้ลดวิธีการกำจัดกากชาในรูปแบบที่ไม่พึงประสงค์ต่อสิ่งแวดล้อมลง (Yang et al., 2003) ซึ่งเมื่อกากชาเป็นผลพลอยได้ที่สามารถหาได้ในบริเวณท้องถิ่นและประกอบด้วยโปรตีนระดับสูง ดังนั้นการใช้กากชามาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์อาจตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบกิจการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้เป็นอย่างดี

ในกระบวนการหมักย่อยภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะได้ผลผลิตสุดท้ายที่อยู่ในรูปของก๊าซซึ่งเป็นของเสียที่ถูกขับออกมาจากร่างกายโดยการเรอ (eructation) และการผายลม (fart) ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และ ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นต้น โดยก๊าซทั้งสองชนิดนี้มีอันตรายต่อสภาพแวดล้อมเนื่องจากเป็นก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases, GHG) ที่ก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน (global warming) ซึ่งในปัจจุบันทั่วโลกกำลังให้ความสนใจเกี่ยวกับสภาวะโลกร้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และการเปลี่ยนแปลงสภาพของชั้นบรรยากาศเป็นอย่างมาก โดยสาเหตุหลักนั้นมาจากก๊าซเรือนกระจกจะไปทำลายชั้นบรรยากาศ และสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะก๊าซมีเทนก่อให้เกิดความเสียหายต่อชั้นบรรยากาศมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 23 เท่า เพื่อต้องการลดปัญหานี้จึงจำเป็นต้องหาวิธีการลดผลผลิตของก๊าซมีเทน ซึ่งแนวทางที่สำคัญคือการพัฒนาประสิทธิภาพในการใช้อาหาร (Tan et al., 2011) ก๊าซมีเทนเกิดจากกระบวนการหมักย่อยในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic) ภายในกระเพาะรูเมน โดยจุลินทรีย์กลุ่มเมทาโนเจน (methanogen) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ (methanogenic bacteria) และแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถใช้ประโยชน์จากไฮโดรเจน ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ ในการผลิตก๊าซมีเทน โดยจะใช้ไฮโดรเจนอิสระ (free hydrogen atom, H_2) ที่ได้รับจากโพรโทซัว (protozoa) ซึ่งจะเรียกกระบวนการนี้ ว่า methanogenesis โดย methanogenic bacteria จะมีความสัมพันธ์กับโพรโทซัวแบบพึ่งพาอาศัยกัน (Vogels et al., 1980)

ปัจจุบันมีการนำสารสกัดจากพืชมาใช้เป็นสารยับยั้งการสร้างก๊าซมีเทนในกระเพาะรูเมนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Animut et al., 2008) โดยแทนนินนั้นก็มีคุณสมบัติในการยับยั้ง microbial activity สำหรับกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Naumann et al., 2013) สมมติฐานงานวิจัยในครั้งนี้ คือ การเสริมกากชาเพื่อทดแทนวัตถุดิบอาหารประเภทโปรตีนจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารให้สามารถเพิ่มประสิทธิการหมักย่อยในกระเพาะรูเมนต่อการเพิ่มผลผลิต การเปลี่ยนแปลงเมทาโบไลท์ในเลือด และลดกระบวนการผลิตก๊าซมีเทน

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมกากชาที่ระดับ 0 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารที่ใช้เลี้ยงแพะนมลูกผสมต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร การเปลี่ยนแปลงเมทาโบไลท์ในเลือด การย่อยได้ปรากฏ และการผลิตก๊าซมีเทน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สัตว์เคี้ยวเอื้องให้นม

สัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กนั้นมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจสำหรับระบบฟาร์มปศุสัตว์ แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กชนิดแรกที่มนุษย์มีการนำมาเลี้ยงเพื่อต้องการผลผลิตทั้งเนื้อและนมเมื่อ 2500 ปี ก่อนคริสต์ศักราช (Dubeuf and Boyazoglu, 2009) ในปัจจุบันแพะเริ่มเข้ามามีบทบาทในรูปแบบของการเลี้ยงปศุสัตว์มากขึ้น ทั้งนี้เกษตรกรมีความนิยมในการเลี้ยงแพะทั้งในรูปแบบของฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ หรือแม้กระทั่งการเลี้ยงแบบจำนวนน้อยตามครัวเรือน (Boyazoglu et al., 2005) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้มีการประเมินสายพันธุ์ของแพะจากทั่วโลก ณ ปัจจุบันมีสายพันธุ์ของแพะประมาณ 570 สายพันธุ์ โดยในประเทศกำลังพัฒนาจะมีความหนาแน่นของจำนวนประชากรแพะมากที่สุด เนื่องจากแพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่ให้นมและเนื้อซึ่งง่ายต่อการฆ่าเพื่อขายผลผลิต (Escareño et al., 2012) การเลี้ยงแพะนมเพื่อผลิตน้ำนมขายเป็นอาชีพทางเลือกสำหรับการเลี้ยงสัตว์ในระบบปศุสัตว์ ซึ่งเหมาะสำหรับการทำฟาร์มขนาดเล็กหรือการเลี้ยงเป็นอาชีพเสริม แต่สำหรับผู้ประกอบการบางรายก็สามารถประสบความสำเร็จจากอาชีพนี้ได้ด้วยการผลิตน้ำนมที่ได้มาตรฐานและมีคุณภาพ เช่น มีระบบการรีดนมด้วยเครื่องมือและส่งขายผลิตภัณฑ์นมแพะที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยระบบพาสเจอร์ไรส์ (pasteurization) เป็นต้น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานและปลอดภัยต่อผู้บริโภค หรือแม้กระทั่งการแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำนมไปเป็นชีสและโยเกิร์ต สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าได้เป็นอย่างดี (Belanger, 1990) โดยสายพันธุ์ของแพะนมที่ได้รับความนิยมในการเลี้ยงกันโดยทั่วไป ได้แก่ ซาแนน (Saanen) ทอกเกนเบิร์ก (Toggenburg) อัลไพน์ (Alpine) และ แองโกนูเบียน (Anglo-Nubian) เป็นต้น

การเลี้ยงแพะนมในประเทศไทยส่วนมากจะนิยมเลี้ยงในพื้นที่เขตภาคกลางและภาคใต้ โดยสายพันธุ์แพะนมที่นิยมเลี้ยงมากที่สุดคือซาแนน เนื่องจากแพะนมพันธุ์ซาแนนนั้นให้ผลผลิตน้ำนมสูงที่สุดเมื่อเทียบกับแพะนมสายพันธุ์อื่น ๆ แต่เนื่องจากแพะนมพันธุ์นี้เดิมได้มีการนำเข้ามาด้วยความร่วมมือระหว่างบริษัทเอกชนกับหน่วยงานทางภาครัฐในปีคริสต์ศักราช 1948 ทำให้ปัจจุบันสายพันธุ์ที่เลี้ยงอยู่นั้นส่วนมากจะเป็นลูกผสมกับพันธุ์พื้นเมือง เนื่องจากสายพันธุ์ดั้งเดิมมาจากประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ซึ่งลักษณะของภูมิอากาศแตกต่างจากแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้ต้องมีการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไปของภูมิอากาศ โดยซาแนนจะไม่ทนกับอากาศร้อน และร้อนชื้น แต่ก็ยังมีหลายประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่เลี้ยงแพะพันธุ์นี้อยู่มาก เช่น มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ และ ประเทศไทย อย่างไรก็ตามแพะพันธุ์นี้ปรับตัวเข้ากับภูมิอากาศในแถบนี้ค่อนข้างยาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ถ้าหากเลี้ยงแพะพันธุ์นี้ไว้ในลักษณะขังคอกตลอดเวลา การเลี้ยงปล่อยบางครั้งคราวจะทำให้ปัญหาเรื่องเจ็บป่วยลดลงและยังคงให้ผลผลิตดี ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงพันธุ์โดยนำมาผสมข้ามสายพันธุ์กับพันธุ์พื้นเมือง เพื่อเพิ่มความสามารถในการทนทานต่อสภาพอากาศ ณ พื้นที่นั้น ๆ (Nakavisut and Anothaisinthawee, 2004)

แพะนมพันธุ์ซาแนนมีระยะเวลาในการให้น้ำนมอยู่ที่ประมาณ 284 วัน โดยจะให้ปริมาณน้ำนมสูงที่สุดในช่วง 3-4 สัปดาห์ หลังคลอด แต่ปริมาณของผลผลิตและค่าองค์ประกอบของน้ำนมที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่ระดับค่าของพันธุกรรมทางสายพันธุ์และคุณค่าทางโภชนะรวมถึงปริมาณอาหารที่บริโภคเข้าไป โดยอาหารที่ได้รับนั้นจะมีอิทธิพลต่อปริมาณและคุณภาพน้ำนมมากที่สุด ดังนั้นการรักษาระดับผลผลิตและรักษาระดับพลังงานที่สัตว์จำเป็นต้องใช้ในการดำรงชีวิตนั้นต้องได้รับคุณค่าทางโภชนาการมากพอจากอาหารที่สัตว์กินเข้าไป เช่น พลังงาน โปรตีน แร่ธาตุ และ วิตามิน เป็นต้น โดยสารอาหารทั้งหมดนี้จะถูกนำมาใช้ในการตั้งท้อง ให้ผลผลิตน้ำนม และการเจริญเติบโต ทั้งนี้การเสริมอาหารข้น (concentrate) ที่เป็นแหล่งของพลังงานและโปรตีนจึงมีความสำคัญต่อตัวสัตว์อย่างมากในช่วงของระยะการให้ผลผลิตน้ำนม และอาจมีการให้แร่ธาตุและวิตามินเป็นอาหารเสริมเข้าไปด้วย แต่เนื่องจากการเสริมอาหารข้นที่ไม่ถูกต้อง เช่น เสริมในสัดส่วนที่มากเกินไปหรือเสริมมากกว่าการให้อาหารหยาบในปริมาณสูง อาจส่งผลต่อระบบการย่อยอาหารและนำไปสู่สาเหตุของสภาวะการเกิด acidosis อันเนื่องมาจากอาหารข้นมีสัดส่วนของเยื่อใยต่ำและยังส่งผลต่อค่าองค์ประกอบน้ำนมมีผลทำให้ปริมาณไขมันนมลดลง (Guss, 1977)

2.2 **กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง**

กระบวนการหมักอาหารในกระเพาะรูเมนนั้น ถือเป็นแหล่งที่ผลิตก๊าซมีเทน ซึ่งกระบวนการผลิตก๊าซจะมีขั้นตอนที่สลับซับซ้อนมากโดยการทำงานของโพรคาริโอตกลุ่ม methanogens และอยู่ในไฟลัม *Euryarcheota* ในระหว่างที่มีกระบวนการหมักเกิดขึ้น แบคทีเรียจะเปลี่ยนอินทรียวัตถุจากอาหารเพื่อให้ได้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับการเจริญเติบโตของเซลล์แบคทีเรีย รวมทั้งจะได้มาซึ่งผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการหมัก ได้แก่ กรดไขมันที่ระเหยง่าย (volatile fatty acids; VFAs), CO_2 และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) เป็นต้น โดยแบคทีเรียกลุ่ม methanogens สามารถใช้ผลผลิตสุดท้ายที่เกิดจากกระบวนการหมักบางตัว ร่วมกับการใช้ H_2 เพื่อนำไปใช้ในการผลิตเป็นก๊าซมีเทนและมีการปลดปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ โดยผ่านกระบวนการเรอออกทางปากต่อไป การสังเคราะห์ก๊าซมีเทนจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการรีดิวซ์ไฮโดรเจนอะตอมอิสระ (H_2) ร่วมกับ CO_2 ที่เกิดจากกระบวนการหมักของอาหารที่สัตว์ได้รับในกระเพาะรูเมน แบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน สามารถจำแนกได้เป็น 12 genera อย่างไรก็ตาม มีเพียงบางชนิดที่พบในรูเมน นอกจากนี้ ยังจัดเป็น facultative autotroph bacteria กล่าวคือ สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้จากปฏิกิริยาระหว่าง CO_2 หรือจากเมทธานอลกับ H_2

หรือจากอะซิเตตกับฟอร์เมท เป็นต้น แบคทีเรียที่สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ส่วนมากจะสร้างพลังงาน (ATP) จากการส่งผ่านอิเล็กตรอนไปตามสารตัวพาอิเล็กตรอนที่เรียงกันอย่างเป็นระบบที่เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งก่อให้เกิด แรงขับเคลื่อนโปรตอน และเกิดการรีดิวซ์เมททิลโคเอนไซม์เอ็ม ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซมีเทน แสดงให้เห็นว่าการส่งผ่านอิเล็กตรอนมีความเชื่อมโยงกับการผลิตก๊าซมีเทน นอกจากนี้ โพรโทซัวยังมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์ก๊าซมีเทนในกระเพาะรูเมน เนื่องจากส่วนหนึ่งของแบคทีเรียที่สังเคราะห์ก๊าซมีเทนจะเกาะอยู่กับผนังของโพรโทซัวและโพรโทซัวสามารถส่งผ่าน H_2 อิสระเพื่อเป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซมีเทนให้กับแบคทีเรียอีกด้วย (Cherdthong, 2012)

2.3 ชา

ต้นชา (Tea tree) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Camellia sinensis* (L.) Kuntze จัดอยู่ในวงศ์ของพืชที่มีดอกที่มีทั้ง ไม้พุ่ม ไม้ยืนต้น (Theaceae) ชาเป็นพืชที่นิยมนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่มซึ่งได้รับความนิยมสูงมากในอุตสาหกรรมผลิตน้ำชา เนื่องจากเป็นเครื่องดื่มที่มีความนิยมบริโภคไปทั่วโลก ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจและมีแนวโน้มการบริโภคสูงขึ้นในทุก ๆ ปี ชาสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ชาเขียว (green tea) ชาอู่หลง (oolong tea) และ ชาดำ (black tea) โดยทั้งหมดนี้ล้วนผลิตมาจากยอดอ่อนของต้นชา แต่เนื่องจากยอดใบชาสดผ่านกระบวนการหมักในระดับที่ต่างกัน ทำให้มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ชาแต่ละชนิดมีสี กลิ่น และรสชาติที่แตกต่างกัน โดยชาเขียวเป็นชาที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก ชาอู่หลงเป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมักบางส่วน และชาดำเป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมักอย่างสมบูรณ์ เนื่องจากชาเขียวเป็นชาที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก องค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่จะคล้ายยอดใบชาสด โดยจะมีสารแทนนิน (tannin) ที่อยู่ในกลุ่มของสารประกอบพอลิฟีนอล (polyphenol) ในกลุ่มคาเทชิน (catechins) มากที่สุด (Ananingsih et al., 2013) ดังนั้น ชาเขียวจึงมีส่วนประกอบของแทนนินหรือคาเทชิน ซึ่งคาเทชินเป็นสารอนุพันธ์ของแทนนิน คาเทชินเป็นสารไม่มีสี ละลายน้ำได้ดี ให้รสชาติฝาด คาเทชินที่พบมากในยอดใบชาสดและชาเขียว ได้แก่ (-)-gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), (+)-catechin (C), (-)-epicatechin (EC), (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), (-)-gallocatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin gallate (ECG) และ (-)-catechin gallate (CG) (Theppakorn, 2015) สารแทนนินที่สามารถพบได้ตามธรรมชาติทั่วไปจะพบได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ hydrolyzable tannin ซึ่งมีโมเลกุลขนาดเล็กทำให้สามารถสลายตัวและละลายได้ในกรดหรือน้ำย่อยได้ดี และ condensed tannins ซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อนโดยสามารถพบได้ในพืชทั่วไป มีสภาพความคงตัวสูง สลายตัวด้วยน้ำยากกว่า hydrolyzable tannin พบได้ในพืชกลุ่ม อบเชย หลิว กระถิน และชา เป็นต้น โดยฤทธิ์ของสารแทนนินนั้นมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ และในธรรมชาติจะพบแทนนินกับโปรตีนอยู่รวมกันในรูปของสารประกอบ (tannin-protein complex) (Malacarne et al., 2018)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.4 ผลของการเสริมกากชาต่อปริมาณการกินได้

จากการศึกษาของ Theeraphaksirinont และคณะ (2009) พบว่าการเสริมกากชาที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งในรูปแบบของอาหารผสมเสร็จในโคนมไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของอาหารเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Kondo และคณะ (2004a) ที่มีการเสริมกากชาที่ระดับ 50 และ 200 กรัม/กิโลกรัม น้ำหนักสด ในอาหารโคนม และยังสอดคล้องกับผลการทดลองของ Xu และคณะ (2007) ที่มีการเสริมกากชาที่ระดับ 50, 100 และ 150 กรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ในอาหารแกะ ถึงแม้ว่าการเสริมกากชาในอาหารในสัดส่วนที่สูงอาจไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของสัตว์เมื่อมีการวิเคราะห์ผลทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการกินได้โดยดูจากค่าเฉลี่ยแล้วจะพบว่าระดับของการเสริมกากชาในสัดส่วนที่สูงขึ้น มีแนวโน้มว่าปริมาณการกินได้ลดลง สาเหตุที่ปริมาณการกินได้ลดลงอาจเนื่องมาจากผลของแทนนินที่อยู่ในกากชา ทำให้การย่อยได้ภายในกระเพาะรูเมนลดลง เพราะแทนนินไปทำปฏิกิริยากับเซลล์ผนังลำไส้ส่งผลให้กระบวนการดูดซึมของอาหารที่ผนังลำไส้ลดลง (Addisu, 2016) นอกจากนี้แทนนินมีผลต่อความน่ากินของอาหารทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง จากการศึกษาของ Provenza และคณะ (1990) ได้ทดลองให้แพะเลือกกินอาหารโดยใช้สูตรอาหารในการทดลองสองสูตร โดยสูตรแรกใส่สารสกัดแทนนินและสูตรที่สองไม่ใส่ โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแพะหลีกเลี่ยงที่จะกินอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดแทนนิน ยิ่งไปกว่านั้นหากให้อาหารที่มีแทนนินเป็นองค์ประกอบสูงประมาณ 60 – 120 กรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง จะส่งผลต่อความอยากอาหารทำให้ปริมาณการกินได้ลดลงเช่นกัน (Aerts et al., 1999)

2.5 ผลของการเสริมกากชาต่อสมรรถภาพการย่อยได้

Xu และคณะ (2007) ได้รายงานผลของการเสริมกากชาที่ระดับ 50 100 และ 150 กรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้งในอาหารแกะ พบว่าค่าการย่อยได้ของโภชนะทุกอย่างจะลดลงเมื่อมีการเสริมปริมาณของกากชาสดเพื่อทดแทนสัดส่วนของอาหารข้นที่สูงขึ้น นอกจากนี้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและโปรตีนในแกะที่ให้อาหารผสมเสร็จที่มีการเสริมด้วยกากชาสดที่สัดส่วน 300 กรัม/กิโลกรัม ของอาหารข้น จะต่ำกว่าการเสริมที่ระดับ 100 และ 200 กรัม/กิโลกรัม ในการทดลองของ Hagerman และคณะ (1992) ได้รายงานว่าแทนนินจากต้น quebracho นั้นไปลดความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนของกวางและแกะ อย่างไรก็ตามค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง NDF และ ADF ไม่แตกต่างกันทางสถิติในแพะที่มีการเสริมกากชาที่ระดับ 50 และ 200 กรัม/กิโลกรัม น้ำหนักสด (Kondo et al., 2004a) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Chiquette และคณะ (1989)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6 **ผลของการเสริมกากชาต่อค่าองค์ประกอบของเลือด**

Ahmed และคณะ (2015) ทดลองเสริมกากชาที่ระดับ 0.5 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งในอาหารแพะเนื้อ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่าองค์ประกอบ กลูโคส โปรตีนรวม และยูเรียไนโตรเจนในเลือด สอดคล้องกับการทดลองของ Kondo และคณะ (2004b) ที่ทดลองเสริมกากชา 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ในอาหารโคนม พบว่าไม่มีความแตกต่างของค่าองค์ประกอบ กลูโคส โปรตีนรวม ยูเรียไนโตรเจน และไตรกลีเซอร์ไรด์ อย่างไรก็ตาม Nishida และคณะ (2006) ทดลองเสริมกากชา 20 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ในอาหารโคนม พบว่า ค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือดสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) เนื่องจากค่ายูเรียไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กับค่าโภชนะของโปรตีนในอาหาร เมื่ออาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงเข้าสู่กระเพาะรูเมน ทำให้ปริมาณของไนโตรเจนที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนจากจุลินทรีย์บางส่วนจะถูกร่างกายของสัตว์ขับทิ้งในรูปของแอมโมเนีย โดยแอมโมเนียจะถูกนำเข้าสู่กระแสเลือดแล้วส่งต่อไปที่ตับก่อนที่จะถูกขับทิ้งในรูปของปัสสาวะต่อไป

2.**7 ผลของการเสริมกากชาต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม**

จากการทดลองของ Theeraphaksirinont และคณะ (2009) ทดลองให้โคนมได้รับอาหารทดลองสามสูตรได้แก่ สูตรควบคุมและสูตรทดสอบที่มีการเสริมกากชาที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ พบว่าปริมาณน้ำนมในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดสอบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองของ Kondo และคณะ (2004b) ที่ทดลองในโคนมเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ในการทดลองพบว่าส่วนของค่าโปรตีนในองค์ประกอบน้ำนมมีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่าเมื่อมีการเสริมกากชาในระดับที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในน้ำนมสูงขึ้นด้วย การทดลองของ (Wang et al., 1996) พบว่าการใช้ต้น bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus)* ที่มีปริมาณแทนนิน 44.5 กรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง มาเสริมในอาหารแกะจะสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในองค์ประกอบน้ำนมได้สูงขึ้นถึง 21 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงระยะกลางจนถึงระยะท้ายของการให้ผลผลิตน้ำนม

2.8 ผลของการเสริมกากชาต่อกระบวนการเมทาโบลิซึมในกระเพาะรูเมน

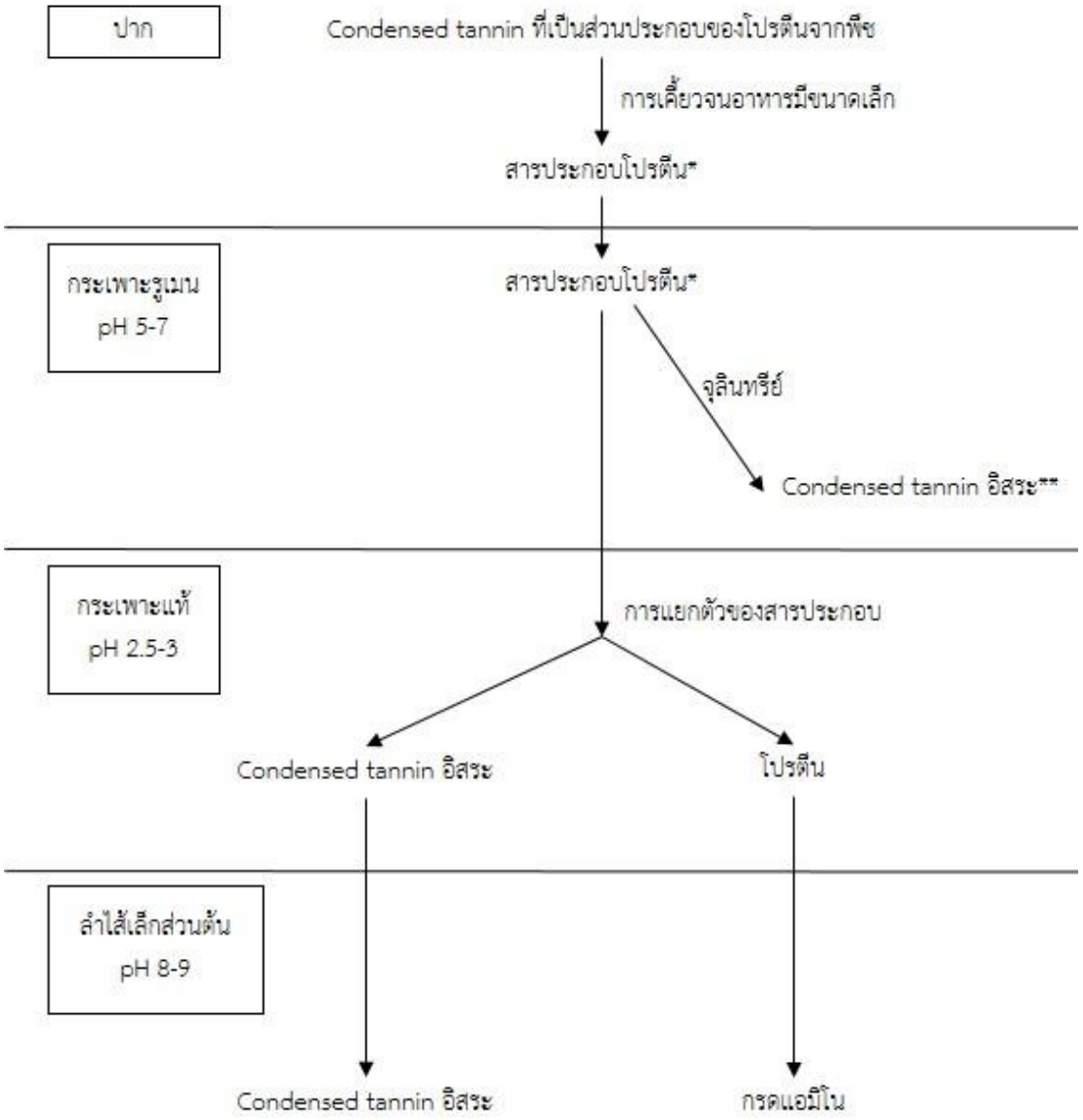
สารแทนนินที่อยู่ในกากชานั้นส่งผลต่อกลไกการทำงานของกระเพาะรูเมน เนื่องจากมีการศึกษาพบว่าแทนนินที่พบได้ในธรรมชาติจะจับอยู่กับโปรตีนในรูปของสารประกอบซึ่งในด้านของคุณประโยชน์คือ เมื่อแทนนินผ่านเข้าสู่กระเพาะรูเมนแทนนินจะปกป้องไม่ให้โปรตีนถูกย่อยสลาย เนื่องจากระดับของค่า pH (~5-7) ภายในกระเพาะรูเมนนั้นไม่สามารถสลายสารประกอบระหว่างแทนนินกับโปรตีนได้ ทำให้สารประกอบนี้จะถูกผ่านไปย่อยที่กระเพาะส่วนอะโบมาซัม (abomasum)

ซึ่งมีค่า pH (~2.5) ที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายทำให้โปรตีนถูกดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็กได้ต่อไป (ภาพที่ 1) ดังนั้นกรดแอมิโนที่สำคัญต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องจะไม่ถูกย่อยสลายเมื่ออยู่ในกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตาม แทนนินที่อยู่ในพืชทั่วไปจะมีผลกระทบไปยับยั้งการหมักในกระเพาะรูเมนเนื่องจากแทนนินมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ งานทดลองของ Meissner และคณะ (1993) พบว่าเมื่อสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับอาหารที่ประกอบด้วยแทนนินจะมีผลทำให้อัตราการส่งผ่านของ microbial protein (MP) จากกระเพาะรูเมนไปสู่ลำไส้เล็กมากขึ้น ทำให้ MP ถูกส่งผ่านไปยังระบบทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดย MP จะถูกย่อยและดูดซึมเพื่อให้สัตว์ได้นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2.9 ผลของการเสริมกากชาต่อกระบวนการผลิตก๊าซมีเทน

กากชามีความสัมพันธ์เชิงลบกับการปล่อยก๊าซมีเทน เนื่องจากสารประกอบแทนนินไปจับกับเอนไซม์ประเภทโปรตีนที่อยู่ภายในของแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน (Methanogens) แล้วเกิดการตกตะกอนของโปรตีนภายในแบคทีเรียทำให้แบคทีเรียไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากแบคทีเรียไม่สามารถใช้ไฮโดรเจน (H_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อิสระที่อยู่ภายในกระเพาะรูเมนมาเป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซมีเทน Tan และคณะ (2011) ทดลองใช้สารแทนนินที่สกัดได้จากต้นกระถินนำมาทดลองเสริมในอาหารที่ระดับ 0, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัมต่อหญ้ากินนีอบแห้ง 500 มิลลิกรัม พบว่าระดับของการเสริมสารแทนนินที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณของก๊าซมีเทนลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



* สารประกอบระหว่างโปรตีน และ condensed tannin ที่ไม่ละลายน้ำ

** มีผลในการยับยั้งการหมักย่อยของคาร์โบไฮเดรต

ภาพที่ 1 สารประกอบแทนนินกับโปรตีนเมื่อเคลื่อนที่เข้าสู่ระบบทางเดินอาหาร ดัดแปลงจาก Mangan (1988)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กระบวนการเตรียมกากชา

กากชาที่ใช้ในงานทดลองได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัทยูนิ-เพรสซิเดนท์ (ประเทศไทย) จำกัด ตำบล ดอนยายหอม อำเภอ เมือง จังหวัด นครปฐม โดยเป็นกากชาที่ผ่านกระบวนการสกัดน้ำชาแล้วมาในรูปแบบของกากชาสดมีความชื้นประมาณ 82 % นำกากชามาอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้นของกากชาให้อยู่ในรูปกากชาแห้ง สุ่มตัวอย่างกากชาประมาณ 200 กรัม จากตัวอย่างกากชาทั้งหมดนำมาวิเคราะห์หาปริมาณของสารแทนนิน ด้วยเครื่อง High-performance liquid chromatography (HPLC) เก็บรักษากากชาที่เหลือไว้ในถุงพลาสติกเพื่อกันความชื้นและนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเพื่อรอนำมาผสมอาหารที่ใช้ในการทดลองต่อไป

3.2 **สัตว์ทดลอง**

แพะนมลูกผสมพันธุ์ซาแนน (crossbred Saanen goat) จำนวน 9 ตัว อายุประมาณ 2.5 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 30 ± 3.50 กิโลกรัม เป็นแม่แพะที่ผ่านการคลอดมาแล้ว (multiparous) และอยู่ในช่วงให้ผลผลิตน้ำนมหลังคลอด (lactation) จนถึงเสร็จสิ้นการทดลอง สัตว์ทดลองแต่ละตัวถูกเลี้ยงไว้ในกรงขังเดี่ยว (metabolic cage) เพื่อสะดวกต่อการทดลอง สัตว์ทดลองสามารถเข้าถึงอาหาร น้ำ และแร่ธาตุก้อน ได้ตลอดเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.**3 อาหารสัตว์**

สูตรอาหารในการทดลองใช้ข้าวโพดหมัก (corn silage) ผสมกับอาหารข้น (concentrate) นำมาผสมกันให้อยู่ในรูปของอาหารผสมเสร็จ (Total mixed ration; TMR) ในอัตราส่วน ข้าวโพดหมัก:concentrate เท่ากับ 40:60 (น้ำหนักวัตถุแห้ง) โดยมีการเสริมกากชาลงไปในอาหารที่ระดับ 0, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุแห้ง (T1, T2 และ T3 ตามลำดับ) แสดงในตารางที่ 1 สูตรอาหารทั้งสามสูตรมีการคำนวณโปรตีนและพลังงานเท่ากันทุกสูตร (isonitrogenous and isocaloric diets) ในแต่ละวันจะเติมอาหารให้กับสัตว์ทดลอง 2 ช่วงเวลา ได้แก่ 07:00 และ 15:00 น. ปริมาณอาหารที่ให้และปริมาณอาหารที่เหลือจะถูกชั่งทุกวัน ระยะเวลาในการทดลองคือ 21 วัน โดยในช่วง 14 วันแรกจะเป็นช่วงของการปรับตัว ที่เหลืออีก 7 วันจะเป็นช่วงของการเก็บข้อมูล ในแต่ละวันมีการสุ่มเก็บตัวอย่างมาหาค่าวัตถุแห้งเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง ส่วนที่เหลือจะเก็บไว้ที่อุณหภูมิ – 20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์

ตารางที่ 1 สูตรอาหารในงานทดลอง

(% น้ำหนักแห้ง)	**T1**	**T2**	**T3**
ข้าวโพดหมัก	40.00	40.00	40.00
มันสำปะหลังเส้น	21.54	18.30	16.86
กากถั่วเหลือง	22.20	20.76	19.32
รำข้าว	7.62	3.78	1.80
ข้าวโพดโม่	5.76	9.18	0.89
* **กากชา**	-	5.10	10.2
ไลม์สโตน	0.96	0.96	0.96
เกลือ	0.96	0.96	0.96
พรีมิกซ์	0.96	0.96	0.96

T1 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีการเสริมกากชา)

T2 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 2 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 5 เปอร์เซ็นต์)

T3 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 3 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 10 เปอร์เซ็นต์)

3.4 การวางแผนการทดลอง

แบ่งสัตว์ทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม โดยการจัดลำดับสัตว์ทดลองจากอาหารทดสอบ วางแผนการทดลองแบบเปลี่ยนสลับ (crossover design) 3 replications 3 x 3 latin square ดังตารางที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 การวางแผนการทดลอง

Period	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9
Period 1	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Period 2	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1
Period 3	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2

G 1-9; สัตว์ทดลองตัวที่ 1-9

T 1-3; อาหารทดลองสูตรที่ 1 2 และ 3

3.5 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผล

3.5.1 การวิเคราะห์คุณภาพอาหาร

ตัวอย่างจากอาหารกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ถูกเก็บในช่วงเวลาที่แตกต่างกันและนำมาผสมรวมกันในแต่ละกลุ่ม จากนั้นจะสุ่มตัวอย่างอาหารจากแต่ละกลุ่มมาประมาณกลุ่มละ 500 กรัม นำมาอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนแห้ง แล้วนำตัวอย่างที่แห้งแล้วบดผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี proximate analysis ได้แก่ ค่าวัตถุแห้ง (dry matter) โปรตีนหยาบ (crude protein) อินทรียวัตถุ (organic matter) และ เถ้า (ash) ด้วยวิธีของ AOAC (1990) วิเคราะห์ค่าเยื่อใยที่สกัดด้วยสารละลายที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) กับ ค่าเยื่อใยที่สกัดด้วยสารละลายที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) ด้วยวิธีของ Van Soest และคณะ(1991) และวิเคราะห์หาปริมาณของสารแทนนิน ด้วยเครื่อง HPLC

3.5.2 มูลและปัสสาวะ

มูลและปัสสาวะถูกเก็บในวันที่ 15 ถึง 21 การเก็บมูลจะสุ่มเก็บจากถาดรองมูลประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณมูลทั้งหมดในหนึ่งวัน นำตัวอย่างที่สุ่มเก็บได้ในแต่ละวันแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อหาปริมาณน้ำหนักแห้ง อีกส่วนหนึ่งนำมามารวมกันแล้วสุ่มตัวอย่างมูลประมาณ 300 กรัม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี proximate analysis ได้แก่ ค่าวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ อินทรียวัตถุ และเถ้า ด้วยวิธีของ AOAC (1990) วิเคราะห์ค่าเยื่อใยที่สกัดด้วยสารละลายที่เป็นกลางกับค่าเยื่อใยที่สกัดด้วยสารละลายที่เป็นกรด ด้วยวิธีของ Van Soest และคณะ(1991) และนำมาคำนวณค่าการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏ (apparent total tract digestibility, ATTD) การเก็บปัสสาวะจะใช้ถังรองปัสสาวะโดยมีการเติมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 13 มิลลิลิตรของกรดซัลฟิวริกต่อ 100 มิลลิลิตรของปัสสาวะ เพื่อยับยั้งการสูญเสียไนโตรเจนจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ (microbial activity) หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างปัสสาวะปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของปัสสาวะที่เก็บได้ในแต่ละวันมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ด้วยวิธี micro-kjeldhal method (AOAC, 1990) และวิเคราะห์หาค่า allantoin ด้วยวิธี colorimetric method ตามวิธีของ Young และ Conway (1942)

3.5.3 เลือด

สัตว์ทดลองจะถูกเจาะเลือดเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำเลือดในวันที่ 15 และ 20 ในแต่ละช่วงของการทดลองโดยเจาะเลือดที่บริเวณ jugular vein ปริมาณ 5 มิลลิลิตร หลังจากสัตว์ทดลองได้รับอาหารมื้อเช้าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที (Sano et al., 1999) ถ่ายตัวอย่างเลือดลงในหลอดเก็บ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เลือดที่บรรจุ lithium heparin หลังจากนั้นนำตัวอย่างเลือดที่ได้มาปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วเก็บพลาสมาที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอนำไปวิเคราะห์หาค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) กลูโคส (glucose) ไตรกลีเซอร์ไรด์ (triglyceride) และโปรตีนรวม (total protein) ด้วยเครื่อง ILAB 650®

3.5.4 น้ำนม

น้ำนมจะถูกรีดนมสองช่วงเวลาต่อวันก่อนเวลาให้อาหารในมื้อเช้าและเย็น คือ 07:00 และ 15:00 และรีดนมด้วยวิธีการรีดมือ หลังจากนั้นบันทึกปริมาณน้ำนมและสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมปริมาณ 30 ซีซี บรรจุลงในขวดพลาสติกแล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอนำมาวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบในน้ำนม ได้แก่ โปรตีน แลคโตส ไขมัน ของแข็งทั้งหมด (total solids, TS) และของแข็งในน้ำนมที่ไม่รวมไขมัน (solid not fat, SNF) ด้วยเครื่อง Milkoscan FT6000 (Foss Eletric, Hillerod, Denmark) และคำนวณค่า 4% fat corrected milk (4% FCM) จากสูตรของ Mavrogenis และ Papachristoforou (1988)

$$4\%\ FCM = M(0.411+0.147f)$$

เมื่อ M คือ ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัม)

f คือ องค์ประกอบไขมันในน้ำนม (เปอร์เซ็นต์)

3.5.5 น้ำกระเพาะรูเมน (ruminal fluid, RF)

น้ำกระเพาะรูเมนจะถูกเก็บในวันที่ 21 โดยจะเก็บในระยะเวลา 0, 2 และ 4 ชั่วโมง หลังจากสัตว์ทดลองได้รับอาหารมื้อเช้า (Yang and Varga, 1989) การเก็บ RF จะถูกเก็บด้วยวิธีการสอดท่อสายยางเข้าไปทางปาก (oral stomach tube, OST) แล้วนำไซริงค์ขนาด 50 มิลลิลิตร ดูดของเหลวในกระเพาะรูเมนออกมาปริมาณ 30 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำ RF ที่ได้มากรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น เพื่อเป็นการกรองเอาส่วนของกากและตะกอนออกไป เมื่อกรอง RF เสร็จแล้วให้รีบนำมาวัดค่า pH พร้อมบันทึกผล หลังจากนั้นเติม 24 เปอร์เซ็นต์ กรดเมทาฟอสโฟริกในอัตราส่วน 10 มิลลิลิตร ต่อ 50 มิลลิลิตร ของ RF (10:50) เพื่อเป็นการยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ (microbial activity) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการนำมาวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายต่อไป ซึ่งทำโดยการนำมาปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นเก็บส่วนที่ลอยอยู่ (supernatant) มาวิเคราะห์หาค่ากรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acid, VFA) ด้วยเครื่อง gas chromatography (Agilent 7000 series, Triple quad GC/MS, Agilent Technologies, United Kingdom)

3.5.6 ก๊าซ

3.5.6.1 ทดลองวัดปริมาณการเกิดก๊าซที่ 24 ชั่วโมง ด้วยวิธี *In vitro* gas production technique (IVGPT) ตามวิธีของ Menke และคณะ (1979) โดยอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ถูกชั่งที่ปริมาณ 200 มิลลิกรัม วัตถุแห้ง โดยใช้ขวดบรรจุขนาด 100 ซีซี และเตรียมตัวอย่างอาหารและสารสารละลายตามวิธีการของ Menke และ Steingass (1988)

3.5.6.2 บันทึกปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด (total gas) ในเวลา 24 ชั่วโมง และนำค่าปริมาณก๊าซทั้งหมดมาคำนวณหาค่า organic matter digestibility (OMD %) จากสูตรของ Menke และคณะ (1979)

OMD (%) = 14.88+0.889 GP+0.45 CP+0.651 A

เมื่อ GP คือ ปริมาณก๊าซทั้งหมด (ซีซี) (gas production)

CP คือ เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารทดลอง (crude protein)

A คือ เปอร์เซ็นต์เถ้าในอาหารทดลอง (ash)

3.5.6.3 นำปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบก๊าซมีเทนด้วยเครื่อง gas chromatography (Agilent 7890A, Agilent Technologies, United Kingdom) และคำนวณก๊าซมีเทนจากสัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ Acetic acid, Propionic acid และ Butyric acid ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatography โดยคำนวณจากสูตรของ Moss และคณะ (2000)

CH_4 (mmoles/100 mmoles rumen fluid) = $0.45C_2$-$0.275C_3$+$0.40C_4$

เมื่อ C2 คือ ปริมาณของ acetic acid

C3 คือ ปริมาณของ propionic acid

C4 คือ ปริมาณของ butyric acid

3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

รูปแบบการทดลอง crossover design นำเสนอข้อมูลในรูปแบบ mean ± S.D. วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนด้วยวิธี generalized linear model (GLM) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (Statistical. Analysis System 9.0, 2002)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม แสดงให้เห็นในตารางที่ 3 พบว่า อาหารทดลองกลุ่มที่ 1 มีค่าวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ เถ้า โปรตีน NDF และ ADF เท่ากับ 38.1 84.7 8.4 16.4 40.1 และ 22.7 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ อาหารทดลองกลุ่มที่ 2 มีค่าเท่ากับ 37.9 85.6 7.9 16.4 39.4 และ 26.5 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ และ อาหารทดลองกลุ่มที่ 3 มีค่าเท่ากับ 42.6 87.1 6.8 16.3 44.7 และ 25.0 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ โดยอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าพลังงานเท่ากันอยู่ที่ 1.6 Mcal/kgDM ส่วนปริมาณแทนนินในอาหารทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 0.91 2.50 และ 4.96 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

	T1	T2	T3
วัตถุแห้ (Dry matter; DM)	38.1	37.9	42.6
อินทรียวัตถุ (Organic matter; OM)	84.7	85.6	87.1
โปรตีน (Crude protein; CP)	16.4	16.4	16.3
เถ้า (Ash)	8.4	7.9	6.8
NDF (Neutral detergent fiber)	40.1	39.4	44.7
ADF (Acid detergent fiber)	22.7	26.5	25.0
NE_L(Mcal/kgDM)*	1.6	1.6	1.6
Tannin (%)	0.09	0.25	0.49

T1 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีการเสริมกากชา)

T2 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 2 (เสริมกากชาเขียวทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 5 เปอร์เซ็นต์)

T3 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 3 (เสริมกากชาเขียวทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 10 เปอร์เซ็นต์)

*NRC 1981

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 ผลของการเสริมกากชาต่อปริมาณการกินได้ และปริมาณน้ำนม

ผลของการเสริมกากชาที่ระดับ 0 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร พบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งทั้งหมด ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ในแต่ละวันและปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ต่อปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ของสัตว์ทดลองในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่

ตารางที่ 4 ผลของการเสริมกากชาต่อปริมาณการกินได้ และปริมาณน้ำนม (mean ± S.D.)

Items	T1	T2	T3	P-value	
				Per	Trt
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	33.3 ± 4.0	36.1 ± 4.3	37.1 ± 3.9	0.956	0.191
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	33.7 ± 3.7	36.1 ± 4.1	37.7± 5.0	0.845	0.183
Dry matter intake (กรัม/วัน)	1388 ± 229	1282 ± 170	1468 ± 194	0.387	0.162
Dry matter intake (%น้ำหนักตัว)	3.85± 0.48	3.68± 0.37	4.10 ± 0.32	0.940	0.111
ปริมาณน้ำนม (กรัม/วัน)	1349 ± 414	1281 ± 401	1275 ± 372	0.069	0.496
ปริมาณน้ำนม/DMI	0.98 ± 0.33	0.99 ± 0.28	0.87 ± 0.27	0.456	0.640

Per = Period

Trt = Treatment

T1 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีการเสริมกากชา)

T2 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 2 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 5 เปอร์เซ็นต์)

T3 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 3 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 10 เปอร์เซ็นต์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 **ผลของการเสริมกากชาต่อค่าองค์ประกอบน้ำนม**

ค่าองค์ประกอบน้ำนม แสดงในตารางที่ 5 พบว่าปริมาณไขมันและปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนมที่ผลิตจากแพะที่กินอาหารทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันสถิติ (P>0.05) ส่วนปริมาณของโปรตีนในน้ำนม พบว่าปริมาณโปรตีนในน้ำนมของแพะที่กินอาหารที่มีการทดแทนด้วยกากชาในระดับ 10 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 3.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่มีการทดแทนด้วยกากชาในระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าโปรตีนเท่ากับ 2.94 และ 2.97 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และปริมาณแลคโตสในน้ำนมของแพะกลุ่มควบคุมเท่ากับ 4.43 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มที่ทดแทนด้วยกากชา 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแลคโตสเท่ากับ 4.22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 5 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าองค์ประกอบน้ำนม (mean ± S.D.)

Items	T1	T2	T3	P-value	
				Per	Trt
ไขมัน (%)	3.64 ± 0.86	3.52 ± 0.84	3.62 ± 0.82	0.240	0.973
ไขมัน (กรัม/วัน)	48.8 ± 17.6	44.7 ± 15.8	45.6 ± 10.4	0.020	0.467
โปรตีน (%)	2.94 ± 0.34^{b}	2.97 ± 0.21^{b}	3.15 ± 0.37^{a}	0.006	0.0015
โปรตีน (กรัม/วัน)	43.1 ± 8.8	41.7 ± 10.2	43.7 ± 7.5	0.223	0.408
แลคโตส (%)	4.43 ± 0.21^{a}	4.22 ± 0.27^{b}	4.22 ± 0.24^{b}	0.0002	<0.0001
แลคโตส (กรัม/วัน)	65.6 ± 12.7^{a}	58.9 ± 11.9^{b}	58.4 ± 10.2^{b}	0.0015	0.0064
Total solid (%)	11.9 ± 1.4	11.4 ± 1.4	11.8 ± 1.3	0.256	0.300
Total solid (กรัม/วัน)	169 ±3 9	154 ± 40	157 ± 22	0.0065	0.146
4% FCM (กิโลกรัม/วัน)	1.39 ± 0.32	1.28 ± 0.33	1.28 ± 0.20	0.018	0.184

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Per = Period

Trt = Treatment

T1 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีการเสริมกากชา)

T2 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 2 (เสริมกากชาเขียวทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 5 เปอร์เซ็นต์)

T3 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 3 (เสริมกากชาเขียวทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 10 เปอร์เซ็นต์)

[a, b] Effect of treatment ($P<0.05$)

4.4 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าองค์ประกอบของเลือด

ผลค่าองค์ประกอบในเลือดเมื่อเสริมกากชาที่ระดับ 0 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6) พบว่า อิทธิพลของอาหารไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันของค่าองค์ประกอบในเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีพิสัยของค่าเฉลี่ยรวมในวันที่ 15 และ 20 ดังนี้ glucose เท่ากับ 60.3-63.8 mg/dl BUN เท่ากับ 16.2-18.2 mg/dl triglyceride เท่ากับ 13.3-16.3 mg/dl และ total protein เท่ากับ 6.77-6.96 g/dl ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าองค์ประกอบของเลือด (mean ± S.D.)

Items	T1	T2	T3	P-value	
				per	trt
กลูโคส (mg/dl)					
วันที่ 15	63.3±14.8	63.0±17.6	64.0±15.1	0.229	0.99
วันที่ 20	63.2±11.7	57.7±10.1	63.7±6.24	0.832	0.378
เฉลี่ย	63.3±12.9	60.3±14.2	63.8±11.2	0.385	0.681
BUN (mg/dl)					
วันที่ 15	18.4±5.60	18.1±3.79	16.8±8.35	0.420	0.848
วันที่ 20	18.0±7.27	17.2±4.33	15.7±4.32	0.745	0.692
เฉลี่ย	18.2±6.30	17.6±3.97	16.2±6.47	0.441	0.581
ไตรกลีเซอไรด์ (mg/dl)					
วันที่ 15	13.0±5.07	14.7±4.95	14.2±8.56	0.651	0.857
วันที่ 20	13.7±5.39	18.0±8.62	14.3±5.81	0.908	0.387
เฉลี่ย	13.3±5.09	16.3±7.03	14.3±7.09	0.823	0.383
โปรตีนรวม (g/dl)					
วันที่ 15	6.68±0.41	6.87±0.69	6.98±0.59	0.0007	0.347
วันที่ 20	6.86±0.48	6.99±0.61	6.93±0.64	0.457	0.890
เฉลี่ย	6.77±0.45	6.93±0.64	6.96±0.60	0.0019	0.489

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Per = Period

Trt = Treatment

T1 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีการเสริมกากชา)

T2 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 2 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 5 เปอร์เซ็นต์)

T3 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 3 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 10 เปอร์เซ็นต์)

4.5 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าการย่อยได้ของสารอาหาร

ผลค่าการย่อยได้ของอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม (ตารางที่ 7) พบว่า ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในกลุ่ม T2 แตกต่างจากกลุ่ม T3 (P<0.05) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 75.0 และ 77.8 ตามลำดับ รวมถึงค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในกลุ่ม T1 กับ T3 แตกต่างจากลุ่ม T2 (P<0.05) มีค่าเท่ากับ 79.1 79.7 และ 77.2 ตามลำดับ โดยค่าการย่อยได้ของโปรตีนในกลุ่ม T1 กับ T2 แตกต่างกัน (P<0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 80.2 และ 77.3 และพบว่าค่าการย่อยได้ NDF ทั้ง 3 กลุ่มแตกต่างกัน (P<0.05) โดยค่า NDF ในกลุ่ม T3 เท่ากับ 66.3 กลุ่ม T1 เท่ากับ 60.7 และ กลุ่ม T2 เท่ากับ 56.8 รวมถึงค่าการย่อยได้ ADF พบว่า กลุ่ม T3 แตกต่างจากกลุ่ม T1 (P<0.05) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 60.1 และ 54.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าการย่อยได้ (mean ± S.D.)

Items (%)	T1	T2	T3	P-value	
				Per	Trt
วัตถุแห้ง	76.5 ± 5.6^{ab}	75.0 ± 4.8^{b}	77.8 ± 4.4^{a}	0.082	0.008
อินทรียวัตถุ	79.1 ± 5.3^{a}	77.2 ± 4.4^{b}	79.7 ± 4.2^{a}	0.021	0.008
โปรตีน	80.2 ± 4.9^{a}	77.3 ± 4.2^{b}	78.8 ± 4.1^{ab}	0.015	0.001
NDF	60.7 ± 9.7^{b}	56.8 ± 8.3^{c}	66.3 ± 7.0^{a}	0.223	<0.0001
ADF	54.2 ± 11.5^{b}	57.0 ± 8.2^{ab}	60.1 ± 7.9^{a}	0.176	0.002

Per = Period

Trt = Treatment

T1 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีการเสริมกากชา)

T2 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 2 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 5 เปอร์เซ็นต์)

T3 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 3 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 10 เปอร์เซ็นต์)

$^{a, b, c}$ Effect of treatment (P<0.05)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.6 ผลของการเสริมกากชาต่อค่า allantoin **ในปัสสาวะ**

ผลของการทดลองเสริมกากชาที่ระดับ 0 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณของ allatoin ในปัสสาวะ พบว่าปริมาณ allantoin ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลของการเสริมกากชาต่อค่า allantoin ในปัสสาวะ (mean ± S.D.)

Items	T1	T2	T3	P-value	
				Per	Trt
Allantoin (มิลลิกรัม/วัน)	648 ± 473	583 ± 410	758± 733	0.960	0.811
Allantoin มิลลิกรัม/ น้ำหนักตัว/ วัน	38.7±23.5	30.9±26.0	35.4±24.0	0.592	0.802

Per = Period

Trt = Treatment

T1 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีการเสริมกากชา)

T2 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 2 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 5 เปอร์เซ็นต์)

T3 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 3 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 10 เปอร์เซ็นต์)

4.7 ผลของการเสริมกากชาต่อค่า pH **และกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ค่ากรดไขมันระเหยได้ทั้ง 3 ชนิด และค่า A:P ratio ในของเหลวที่เก็บจากกระเพาะรูเมนของแพะทดลองที่ได้รับอาหารทั้ง 3 ชนิดมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 9 โดยค่าเฉลี่ยของ pH มีค่าเท่ากับ 6.4 6.3 และ 6.4 ค่าเฉลี่ยแอมโมเนียไนโตรเจนเท่ากับ 37.3 33.1 และ 33.5 mg/dl ค่าเฉลี่ยกรดไขมันระเหยง่ายรวมเท่ากับ 502.9 502.7 และ 501.1 mmol/L ค่าเฉลี่ยกรดอะซิติกเท่ากับ 252.7 259.6 และ 264.7 mmol/L ค่าเฉลี่ยกรดโพรพิโอนิกเท่ากับ 181.0 167.8 และ 166.2 mmol/L ค่าเฉลี่ยกรดบิวทิริกเท่ากับ 69.2 75.3 และ 70.2 mmol/L และค่าเฉลี่ย A:P ratio (Acetic:Propionic ratio) เท่ากับ 1.56 1.70 และ 1.69 mmol/L ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ผลของการเสริมกากชาต่อค่า pH แอมโมเนียไนโตรเจน และกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน (mean ± S.D.)

Items	Time (hour)	T1	T2	T3	P-value	
					Per	Trt
pH	0	6.7 ± 0.30	6.7 ± 0.23	6.7 ± 0.19	0.091	0.916
	2	6.1 ± 0.19	6.0 ± 0.22	6.1 ± 0.17	0.128	0.310
	4	6.3 ± 0.27	6.2 ± 0.21	6.2 ± 0.15	0.087	0.871
Means		6.4 ± 0.37	6.3 ± 0.39	6.4 ± 0.31	0.095	0.921
NH_3-N (mg/dl)	0	41.77 ± 13.49	34.21 ± 10.53	32.48 ± 10.50	0.326	0.214
	2	33.68 ± 7.97	31.94 ± 10.69	35.29 ± 9.78	0.332	0.759
	4	36.52 ± 9.65	33.03 ± 10.05	32.60 ± 11.04	0.065	0.635
Means		37.32 ± 10.77	33.06 ± 10.06	33.46 ± 10.13	0.012	0.222
Total VFA	0	363.3 ± 161.8	357.7 ± 93.5	390.2 ± 107.9	0.953	0.853
(mmol/L)	2	596.1 ± 132.8	558.4 ± 115.9	582.05 ± 107.83	0.661	0.805
	4	549.4 ± 124.3	591.9 ± 123.0	531.1 ± 142.0	0.700	0.619
Means		502.9± 169.5	502.7 ± 150.3	501.1 ± 142.2	0.827	0.999
Acetic acid	0	203.4 ± 79.4	212.0 ± 54.8	224.8 ± 57.5	0.782	0.794
(mmol/L)	2	281.8 ± 59.1	267.1 ± 59.8	290.7 ± 53.2	0.830	0.701
	4	272.8 ± 73.6	299.6 ± 59.4	278.5 ± 75.5	0.624	0.707
Means		252.7 ± 77.1	259.6 ± 66.8	264.7 ± 67.0	0.806	0.824
Propionic acid	0	105.1 ± 67.0	94.1 ± 26.5	108.0 ± 35.7	0.968	0.815
(mmol/L)	2	233.7 ± 62.7	202.8 ± 52.5	211.5 ± 46.2	0.690	0.489
	4	204.3 ± 35.4	206.5 ± 49.3	179.3 ± 41.0	0.871	0.362
Means		181.0 ± 78.2	167.8 ± 68.1	166.2 ± 59.2	0.928	0.694
Butyric acid	0	54.8 ± 25.7	51.6 ± 17.5	57.4 ± 22.9	0.777	0.869
(mmol/L)	2	80.6 ± 39.3	88.5 ± 28.2	79.8 ± 22.6	0.674	0.816
	4	72.3 ± 26.5	85.8 ± 30.8	73.3 ± 31.0	0.788	0.582
Means		69.2 ± 31.8	75.3 ± 30.4	70.2 ± 26.6	0.637	0.725
A:P ratio	0	2.13 ± 0.49	2.30 ± 0.44	2.15 ± 0.35	0.441	0.656
	2	1.24 ± 0.27	1.33 ± 0.15	1.39 ± 0.19	0.985	0.347
	4	1.33 ± 0.27	1.47 ± 0.18	1.54 ± 0.13	0.385	0.091
Means		1.56±0.53	1.70±0.52	1.69±0.41	0.861	0.516

Per = Period

Trt = Treatment

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

T1 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีการเสริมกากชา)

T2 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 2 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 5 เปอร์เซ็นต์)

T3 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 3 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 10 เปอร์เซ็นต์)

4.8 ผลของการเสริมกากชาต่อสมดุลไนโตรเจน

จากตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสมดุลไนโตรเจนพบว่า สมดุลของไนโตรเจนในกลุ่ม T1 T2 และ T3 ไม่แตกต่างกัน แต่ค่าสมดุลของไนโตรเจนในกลุ่มT3 มีค่าสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 16.2 กรัมต่อวัน

ตารางที่ 10 ผลของการเสริมกากชาต่อสมดุลไนโตรเจน (mean ± S.D.)

Items (กรัม/วัน)	T1	T2	T3	P-value	
				Per	Trt
ไนโตรเจน ในอาหาร	36.4±6.00	33.6±4.46	38.3±5.09	0.390	0.180
ไนโตรเจน ในมูล	7.22±2.20	7.63±1.33	8.04±1.36	0.976	0.613
ไนโตรเจน ที่ถูกดูดซึม	29.2±4.66	26.0±3.52	30.3±4.51	0.225	0.096
ไนโตรเจน ในน้ำนม	6.50±1.74	6.06±2.00	6.47±1.67	0.835	0.854
ไนโตรเจน ในปัสสาวะ	8.50±5.76	5.66± 3.33	7.59±4.02	0.788	0.435
สมดุลไนโตรเจน	14.2±7.62	14.3±5.43	16.2±5.90	0.429	0.753

Per = Period

Trt = Treatment

T1 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีการเสริมกากชา)

T2 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 2 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 5 เปอร์เซ็นต์)

T3 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 3 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 10 เปอร์เซ็นต์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.9 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าการย่อยได้อินทรียวัตถุ และปริมาณก๊าซมีเทน ด้วยวิธี IVGPT

ผลการหาปริมาณก๊าซด้วยวิธี *in vitro* gas technique (IVGPT) แล้วนำมาหาค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนด้วยวิธี gas chromatography แสดงในตารางที่ 11 พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และปริมาณก๊าซมีเทนทั้ง 3 กลุ่ม

ตารางที่ 11 ผลของการเสริมกากชาต่อค่าการย่อยได้อินทรียวัตถุ และปริมาณก๊าซมีเทน ด้วยวิธี IVGPT (mean ± S.D.)

Items	T1	T2	T3	P-value
				Trt
อินทรียวัตถุ (%)	64.4±2.5	62.4±0.7	65.0±2.3	0.108
Methane (mmol/L)	1387±378.7	1372±147.2	1450±159.2	0.861

Trt = Treatment

T1 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีการเสริมกากชา)

T2 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 2 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 5 เปอร์เซ็นต์)

T3 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 3 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 10 เปอร์เซ็นต์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.10 ผลของการเสริมกากชาต่อการเกิดก๊าซมีเทน

ผลของการคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้จากแพะทดลองที่กินอาหารทั้ง 3 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ทดแทนด้วยกากชา 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยคำนวณจากค่ากรดไขมันระเหยได้ทั้ง 3 ชนิดจากค่ากรดไขมันระเหยง่ายพบว่า ปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ในแต่ละช่วงของการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยค่าเฉลี่ยของก๊าซมีเทนที่ผลิตได้จากสัตว์ที่กินอาหารควบคุม อาหารที่มีกากชาทดแทน 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารที่มีกากชาทดแทน 10 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 91.6 , 100.8 และ 101.5 mmol/L ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ผลของการเสริมกากชาต่อการเกิดก๊าซมีเทน

Items	T1	T2	T3	P-value	
				Per	Trt
Time (hr) **mmol/L**					
0 ชั่วโมง	84.55 ± 28.72	90.17 ± 24.68	94.41 ± 24.19	0.855	0.741
2 ชั่วโมง	94.79 ± 32.70	99.84 ± 22.39	104.61 ± 23.81	0.878	0.757
4 ชั่วโมง	95.50 ± 35.45	112.39 ± 24.94	105.35 ± 33.96	0.596	0.549
เฉลี่ย	91.61 ± 31.55	100.80 ± 24.88	101.45 ± 27.11	0.701	0.363

Per = Period

Trt = Treatment

T1 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 1 (ไม่มีการเสริมกากชา)

T2 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 2 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 5 เปอร์เซ็นต์)

T3 = อาหารกลุ่มทดลองที่ 3 (เสริมกากชาทดแทนอาหารประเภทให้โปรตีน 10 เปอร์เซ็นต์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5

วิจารณ์ และสรุป

ผลของการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมกากชาทดแทนแหล่งอาหารโปรตีนชนิดอื่นที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Theeraphaksirinont และคณะ (2009) ทำการศึกษาในโคนม โดยการทดแทนแหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยกากชาในระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง และพบว่าโคนมสามารถกินอาหารได้ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับ Kondo และคณะ (2004b) ได้ทดลองเสริมกากชาทดแทนแหล่งอาหารโปรตีนจากกากถั่วเหลืองที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งในอาหาร ไม่พบความแตกต่างกันในด้านปริมาณการกินได้ การที่ปริมาณการกินได้ไม่มีความแตกต่างกันทั้งในการทดลองนี้หรือในการทดลองที่ได้มีการกล่าวอ้างถึงอาจเกิดจากการที่ปริมาณของแทนนินในสูตรอาหารมีปริมาณต่ำ โดยคุณสมบัติหนึ่งของแทนนินคือมีรสชาติขมหากมีปริมาณของแทนนินในอาหารสูงเกินไปจะทำให้อาหารมีรสชาติขมจนอาจส่งผลต่อความน่ากิน สัตว์จะกินอาหารได้น้อยลง Waghorn (2008) ได้รายงานว่าพืชอาหารสัตว์ที่มีสารแทนนินปริมาณมากกว่า 50 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งของอาหาร จะส่งผลต่อความน่ากินของอาหารทำให้ปริมาณการกินได้ของแพะลดลง ในการศึกษาครั้งนี้ ปริมาณของแทนนินที่มีอยู่ในอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม เท่ากับ 0.91 2.5 และ 4.96 กรัมต่อกิโลกรัมของวัตถุแห้งตามลำดับ ดังนั้น การเสริมกากชาในอาหารที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุแห้ง เพื่อทดแทนแหล่งโปรตีนชนิดอื่น ในการทดลองนี้ไม่มีผลต่อเสียต่อปริมาณการกินได้ของแพะนม

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณน้ำนมของทั้ง 3 กลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เป็นเพราะการเสริมกากชาเพื่อทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทให้โปรตีนที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุแห้ง ไม่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการสร้างผลผลิตน้ำนม สอดคล้องกับการรายงานของ Theeraphaksirinont และคณะ (2009) รวมทั้ง Kondo และคณะ (2004b) ได้ทดลองเสริมกากชาทดแทนแหล่งอาหารโปรตีนจากกากถั่วเหลืองที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุแห้ง ในอาหารโคนมและพบว่าไม่มีความแตกต่างของปริมาณน้ำนมระหว่างกลุ่มทดลอง ในการทดลองครั้งนี้สูตรอาหารที่ใช้มีองค์ประกอบทางเคมี พลังงาน และโปรตีนใกล้เคียงกัน และสัตว์สามารถกินอาหารได้ใกล้เคียงกัน ดังนั้น สัตว์ทดลองในแต่ละกลุ่มจะได้รับสารอาหารเพื่อนำไปใช้ในการสร้างน้ำนมใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม พบความแตกต่างขององค์ประกอบโปรตีนในน้ำนม โดยพบว่าค่าองค์ประกอบโปรตีนในน้ำนมของกลุ่ม T3 มีความแตกต่างจากกลุ่ม T2 กับ T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบค่าองค์ประกอบโปรตีนในน้ำนมของกลุ่ม T3 เท่ากับ 3.15

เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือกลุ่ม T2 เท่ากับ 2.97 เปอร์เซ็นต์ และ กลุ่ม T1 เท่ากับ 2.94 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Theeraphaksirinont และคณะ (2009) ที่พบว่าโปรตีนในน้ำนมมีค่าเท่ากับ 3.20 3.37 และ 3.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การที่โปรตีนในน้ำนมของสัตว์ทดลองในกลุ่ม T3 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ใช้กากชาเสริมลงไปในอาหารสูงกว่ากลุ่มอื่น อาจเป็นผลมาจากปริมาณของแทนนินในอาหารที่สูงกว่ากลุ่มอื่น คุณสมบัติอย่างหนึ่งของแทนนินคือแทนนินจะจับอยู่กับโปรตีนเป็นสารประกอบที่เป็น by pass protein ทำให้โปรตีนไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน แต่จะผ่านเลยออกไปย่อยในส่วนกระเพาะแท้ได้ผลผลิตเป็นกรดอะมิโนและถูกดูดซึมในลำไส้เล็กต่อไป โปรตีนจึงเกิดการถูกย่อยและดูดซึมอย่างประสิทธิภาพ (Naumann et al., 2017) กรดอะมิโนที่ถูกดูดซึมในลำไส้ที่เพิ่มขึ้นจะถูกใช้เป็นสารตั้งต้นของโปรตีนในน้ำนม ทำให้โปรตีนในน้ำนมเพิ่มขึ้น (Min et al., 2003)

เมื่อเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบของเลือดได้แก่ glucose BUN triglyceride และ total protein ระหว่างกลุ่มสัตว์ทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน โดยค่าองค์ประกอบของเลือด จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าอยู่ในค่าพิสัยตามรายงานของ UCDAVIS (2010) โดยค่าพิสัยของ glucose BUN triglyceride และ total protein มีค่าเท่ากับ 45-70 mg/dl, 19-31 mg/dl, 4-23 mg/dl และ 4.2-9.1 g/dl ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Ahmed และคณะ (2015) ทดลองเสริมกากชาที่ระดับ 0.5 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งในอาหารแพะเนื้อ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่าองค์ประกอบ glucose total protein และ BUN นอกจากนี้ Kondo และคณะ (2004b) ที่ทดลองเสริมกากชา 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งในอาหารโคนม พบว่าไม่มีความแตกต่างของค่าองค์ประกอบ กลูโคส โปรตีนรวม ยูเรียไนโตรเจน และไตรกลีเซอร์ไรด์ ดังนั้น จากการศึกษาการเสริมกากชาที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อค่าองค์ประกอบของเลือดในแพะนม

ในการศึกษาครั้งนี้ การเสริมกากชาที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารมีผลทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้ง มีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการเสริมกากชาที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากงานของ Kondo และคณะ (2004a) ซึ่งเสริมกากชาที่ระดับ 3.2 และ 11.4 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งการศึกษาของ Theeraphaksirinont และคณะ (2009) ที่ศึกษาในโคนม โดยมีการเสริมกากชาที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยทั้งสองการทดลอง พบว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งไม่มีความแตกต่างกัน การที่ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในการศึกษาครั้งนี้แตกต่างจากการศึกษาอื่น อาจเป็นผลจากค่าการย่อยได้ของโปรตีนในสูตรอาหารที่มีการเสริมกากชาที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ นี้มีแนวโน้มสูงกว่าการเสริมกาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชาที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผลของปริมาณแทนนินในสูตรอาหารที่มีการเสริมกากชามีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า มีผลทำให้มีโปรตีนที่อยู่ในรูปของโปรตีนไหลผ่าน (by pass protein) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การดูดซึมของกรดอะมิโนที่ลำไส้เล็กเพิ่มขึ้น (Min et al., 2003; Nishino et al., 2007) ค่าการย่อยได้ของ NDF และ ADF ในสูตรอาหารที่มีการเสริมกากชา 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าสูตรอาหารอื่นๆ ซึ่งแตกต่างจากงานของ Kondo และคณะ (2004a) และ Theeraphaksirinont และคณะ (2009) ซึ่งไม่พบค่าความแตกต่างของการย่อยได้ของ NDF และ ADF อย่างไรก็ตาม Xu และคณะ (2007) มีการเสริมกากชาที่ระดับ 10.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ค่าการย่อยได้ของ NDF และ ADF มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริมกากชาและกลุ่มที่มีการเสริมกากชาในระดับที่ต่ำกว่า ค่าการย่อยได้ของ NDF และ ADF จากการศึกษาที่ผ่านมาเมื่อเทียบกับการศึกษาครั้งนี้ จะเห็นว่าไม่มีความสอดคล้องกัน อาจเป็นผลมาจากความแตกต่างในด้านโครงสร้างของ NDF และ ADF ในการทดลองครั้งนี้แตกต่างจากการทดลองอื่น โดยปกติ NDF และ ADF จะมีโมเลกุลของโปรตีนเชื่อมต่ออยู่ภายในโครงสร้าง (Krishnamoorthy et al., 1983) อาจเป็นไปได้ว่าโมเลกุลของโปรตีนที่เชื่อมต่อกับ NDF และ ADF ในสูตรอาหารที่มีกากชา 10 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาครั้งนี้มีความเสถียรน้อยกว่า จึงทำให้การย่อยได้ของโปรตีนที่เชื่อมอยู่กับ NDF และ ADF เกิดขึ้นได้ง่าย ส่งผลให้การย่อยได้ของ NDF และ ADF สูงขึ้น

วิธีการวัดปริมาณของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถวัดได้โดยการใช้สารอนุพันธุ์ของพิวรีนเป็นตัวบ่งชี้ ได้แก่ allantoin และกรดยูริก (Suthikrai et al., 2003) เนื่องจาก allantoin เป็นสารอนุพันธุ์ของพิวรีนที่ถูกขับออกมาจากร่างกายพร้อมกับน้ำปัสสาวะ โดยปริมาณของ allantoin จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมน (Topps and Elliott, 1965) และปริมาณของของจุลินทรีย์ที่ถูกผลิตในกระเพาะรูเมนสามารถบอกถึงประสิทธิภาพการใช้อาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทั้งนี้ปริมาณของสารอนุพันธุ์ของพิวรีนที่อยู่ในปัสสาวะจะขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่กิน คุณค่าของโภชนาการในอาหาร (โปรตีนและพลังงาน) น้ำหนักของตัวสัตว์ และชนิดของสัตว์ (Vercoe, 1976; Chen et al., 1992; Liang et al., 1994) จากงานทดลองของ Kondo และคณะ (2004a) ซึ่งเสริมกากชาที่ระดับ 3.2 และ 11.4 เปอร์เซ็นต์ และการศึกษาของ Theeraphaksirinont และคณะ (2009) ที่ศึกษาในโคนม โดยมีการเสริมกากชาที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยทั้งสองการทดลอง พบว่าปริมาณของ allantoin ไม่มีความแตกต่างกัน จากงานทดลองนี้เมื่อพิจารณาค่าองค์ประกอบอาหารทดลอง ค่ากรดไขมันระเหยง่าย และค่าแอมโมเนียไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าปัจจัยจากการเสริมกากชาทั้ง 2 ระดับ ไม่ส่งผลให้เกิดการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ ดังนั้น allantoin ที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของจุลินทรีย์จึงไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้น การเสริมกากชาที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลต่อสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และไม่มีผลกระทบต่อจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดยค่า allantoin ที่วิเคราะห์ได้อาจมีความแปรปรวนที่เกิดจากตัวสัตว์ทดลอง ซึ่งสัตว์ทดลองมีความแตกต่างกันในส่วนของอายุและปริมาณของน้ำหนักตัว

จากการศึกษาระดับสมดุลไนโตรเจน พบว่า ค่าสมดุลไนโตรเจนทั้ง 3 กลุ่มให้ผลเป็นบวกและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อดูจากปริมาณการกินได้และปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ พบว่าสัตว์ทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Min และคณะ (2015) ที่ทดลองเปรียบเทียบสูตรอาหารแพะเนื้อโดยใช้เปลือกต้นสนเป็นวัตถุดิบซึ่งมีปริมาณแทนนินในอาหารอยู่ที่ 0.19 1.63 และ 3.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าปริมาณแทนนินในอาหารไม่มีผลต่อค่าสมดุลไนโตรเจน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Narjisse และคณะ (1995) ได้ทดลองให้แทนนินเข้าสู่กระเพาะรูเมนของแม่แพะพื้นเมืองโมร็อกโก (moroccan native) ที่ปริมาณ 1 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว เมื่อคิดเป็นสัดส่วนต่อปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้จะมีค่าเท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ค่าสมดุลไนโตรเจนของแพะกลุ่มที่เสริมแทนนินมีค่าเป็นบวกเช่นกัน ในการศึกษาครั้งนี้ การเสริมกากชาทั้ง 2 ระดับ จะทำให้ค่าสมดุลไนโตรเจนมีค่าเป็นบวก ซึ่งไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าปริมาณของแทนนินที่มีอยู่ในกากชาไม่มีผลกระทบต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนในอาหารที่เสริมกากชา เนื่องมาจากปริมาณแทนนินในอาหารที่เสริมกากชามีค่าเพียง 0.25 และ 0.49 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการศึกษาอื่นมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาการหมักย่อยในกระเพาะรูเมนด้วยการทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทให้โปรตีนจากกากชาที่ระดับ 0 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในกลุ่มทดลอง T1 T2 และ T3 ตามลำดับ พบว่าค่า pH NH_3-N กรดไขมันระเหยง่ายรวม กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทีริก และ ค่า A:P ratio ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม (P>0.05) เนื่องจากกรดไขมันระเหยง่ายเป็นผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมักย่อยอาหารภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยจุลินทรีย์ กรณีที่สัตว์ได้รับอาหารในปริมาณที่น้อยหรือกินอาหารที่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ลดลง จะส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนลดลงเนื่องมาจากปริมาณของคาร์โบไฮเดรตซึ่งถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตนั้นลดลง ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณการกินได้ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง พบว่าค่าของโภชนาการในอาหารทั้ง 3 สูตร มีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากเป็นสูตรอาหารที่มีค่าโปรตีนและพลังงานเท่ากัน โดยสอดคล้องกับ

งานทดลองของ Theeraphaksirinont และคณะ (2009) ที่ทำการศึกษาในโคนม โดยการทดแทนแหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยกากชาในระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของค่า pH และ กรดไขมันระเหยง่าย และ Kondo et al. (2004a) ทดลองเสริมกากชาที่ระดับ 50 และ 200 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ในอาหารแพะพันธุ์พื้นเมือง โดยในอาหารมีปริมาณแทนนินเท่ากับ 5.6 และ 23.1 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง พบว่าไม่มีความแตกต่างของค่ากรดไขมันระเหยง่ายเช่นกัน นอกจากนี้ Śliwiński และคณะ (2002) ทดลองใช้สารสกัดแทนนินจากเปลือกต้นเกาลัดยุโรปเสริมลงในอาหารโคนมที่ระดับ 3 และ 15 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และทดลองในรูปแบบของ *in vitro* gas production ด้วยวิธี rumen simulation technique (Rusitec) พบว่าไม่มีความแตกต่างของค่ากรดไขมันระเหยง่ายระหว่างกลุ่มทดลองเช่นกัน สรุปได้ว่า ในการศึกษาครั้งนี้ซึ่งมีการเสริมกากชาที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อกระบวนการหมักย่อยภายในกระเพาะรูเมน

จากการศึกษาปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนพบว่า ปริมาณก๊าซมีเทนของทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อาจเป็นเพราะปริมาณแทนนินของกากชาน้อยเกินกว่าที่จะส่งผลต่อนิเวศวิทยาของกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตาม Soltan และคณะ (2012) ศึกษาโดยทดลองใช้หญ้าแห้ง (Tifton hay) เป็นกลุ่มควบคุมโดยมีปริมาณแทนนินเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ และใช้ต้นอาเคเชีย (acacia) และต้นกระถินที่มีปริมาณแทนนินเท่ากับ 6.3 และ 4.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทดลองด้วยวิธี IVGPT โดยใช้น้ำกระเพาะรูเมนจากแกะ พบว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซมีเทนระหว่างพืชที่มีแทนนินเป็นองค์ประกอบกับกลุ่มควบคุมนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพืชที่มีแทนนินสามารถช่วยยับยั้งกระบวนการและลดปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Piñeiro-Vázquez และคณะ (2015) ได้รายงานว่าพืชอาหารสัตว์ที่มีแทนนินอยู่ในระดับ 3-6 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถช่วยยับยั้งกระบวนการผลิตและลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนได้ สาเหตุมาจากการที่แทนนินลดการย่อยได้ของเยื่อใย เพราะแทนนินจะส่งผลให้จุลินทรีย์ประเภทโพรโทซัวตายจากการที่แทนนินไปจับกับองค์ประกอบโปรตีนในตัวของโพรโทซัวทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีนจนโพรโทซัวไม่สามารถนำโปรตีนไปใช้ได้และตายในที่สุด (Patra et al., 2012) ทั้งนี้เมื่อปริมาณของโพรโทซัวลดลงทำให้ปริมาณเยื่อใยที่อยู่ในกระเพาะรูเมนถูกย่อยลดลงเช่นกัน (Dehority, 1993) ส่งผลให้ปริมาณของการเกิดไฮโดรเจนอิสระในกระเพาะรูเมนลดลง โดยไฮโดรเจนอิสระในกระเพาะรูเมนจะเป็นส่วนประกอบสำคัญสำหรับการสร้างก๊าซมีเทน (Carulla et al., 2005) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งนี้พบว่าค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุและปริมาณการเกิดก๊าซมีเทน ณ เวลาที่ 0 2 และ 4 ชั่วโมง ไม่มีความ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แตกต่างกัน รวมทั้งปริมาณการผลิตก๊าซมีเทนที่เวลา 24 ชั่วโมง ก็ไม่มีความแตกต่างกัน ในการศึกษาครั้งนี้ อาหารทดลองมีปริมาณแทนนินเท่ากับ 0.09 (T1) 0.25 (T2) และ 0.49 (T3) เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าการศึกษาอื่นที่นำมาเปรียบเทียบมาก จึงสามารถสรุปได้ว่า การเสริมกากชาที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาครั้งนี้ ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนเปลี่ยนต่อกระบวนการหมักย่อยภายในกระเพาะรูเมน และการผลิตก๊าซมีเทนในแพะนมเนื่องจากปริมาณของแทนนินมีค่าต่ำเกินไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้มีการศึกษาเปรียบเทียบการเสริมกากชาที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุแห้งในอาหารเพื่อทดแทนโปรตีนจากแหล่งอื่นที่มีราคาแพง ซึ่งพบว่าการเสริมกากชาที่ระดับนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบของน้ำนม การนำไนโตรเจนไปใช้ การเปลี่ยนแปลงเมทาโบไลท์ในเลือด และการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน จึงสรุปได้ว่าสามารถใช้กากชาที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงแพะนมพันธุ์ผสมซาเนนได้ ซึ่งส่วนหนึ่งของผลที่ได้อาจเกิดจากปริมาณของแทนนินในกากชาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่สูงมาก ทำให้สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองมีความแตกต่างของปริมาณแทนนินน้อย การศึกษาเพิ่มเติมต่อไปอาจมีการทดลองเพิ่มปริมาณกากชาในสูตรอาหารให้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ต้นทุนในการผลิตลดลงได้ และควรทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแทนนินที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีในกากชาของสูตรอาหาร ว่าจะส่งผลกระทบอะไรบ้างต่อผลผลิตของแพะนมลูกผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

Addisu S 2016. Effect of dietary tannin source feeds on ruminal fermentation and production of cattle; a review. Vol. 6. In. 42-56.

Aerts RJ, Barry TN and McNabb WC 1999. Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. Agr Ecosyst Environ. 75(1–2): 1-12.

Ahmed S, Lee JW, Mun HS and Yang CJ 2015. Effects of supplementation with green tea by-products on growth performance, meat quality, blood metabolites and immune cell proliferation in goats. J Anim Physiol An N. 99(6): 1127-1137.

Ananingsih VK, Sharma A and Zhou W 2013. Green tea catechins during food processing and storage: a review on stability and detection. Food Research International. 50(2): 469-479.

Animut G, Puchala R, Goetsch AL, Patra AK, Sahlu T, Varel VH and Wells J 2008. Methane emission by goats consuming diets with different levels of condensed tannins from lespedeza. Anim Feed Sci Technol. 144(3-4): 212-227.

Bay-Larsen I, Risvoll C, Vestrum I and Bjørkhaug H 2018. Local protein sources in animal feed - Perceptions among arctic sheep farmers. Journal of Rural Studies. 59: 98-110.

Boyazoglu J, Hatziminaoglou I and Morand-Fehr P 2005. The role of the goat in society: Past, present and perspectives for the future. Small Rumin Res. 60(1–2): 13-23.

Carulla J, Kreuzer M, Machmüller A and Hess H 2005. Supplementation of Acacia mearnsii tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. Aust J Agric Res. 56(9): 961-970.

Chemists 1990. Official methods of analysis. In: Assosiation of Official Analytical Chemists Inc. In, Washington D.C., the United States.

Chen X, Chen Y, Franklin M, Orskov E and Shand W 1992. The effect of feed intake and body weight on purine derivative excretion and microbial protein supply in sheep. Journal of Animal Science. 70(5): 1534-1542.

Cherdthong A 2012. The current approaches for reducing methane production from ruminants. Khon Kaen Agri J. 40: 93-106.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Chiquette J, Cheng K-J, Rode L and Milligan L 1989. Effect of tannin content in two isosynthetic strains of birdsfoot trefoil (Lotus corniculatus L.) on feed digestibility and rumen fluid composition in sheep. Canadian Journal of Animal Science. 69(4): 1031-1039.

Dehority BA 1993. Laboratory Manual for Classification and Morphology of Rumen Ciliate Protozoa. In: Taylor & Francis.

Devendra C and Liang J 2012. Conference summary of dairy goats in Asia: Current status, multifunctional contribution to food security and potential improvements. Small Rumin Res. 108(1-3): 1-11.

Dubeuf J-P and Boyazoglu J 2009. An international panorama of goat selection and breeds. Livest Sci. 120(3): 225-231.

Escareño L, Salinas-Gonzalez H, Wurzinger M, Iñiguez L, Sölkner J and Meza-Herrera C 2012. Dairy goat production systems. Trop Anim Health Prod. 45(1): 17-34.

Guss SB 1977. Management and diseases of dairy goats. In: Dairy Goat Journal Publishing Corporation.

Haenlain G 1996. Nutritional value of dairy products of ewe and goat milk. Production and utilization of ewe and goat milk, Crete (Greece).

Hagerman AE, Robbins CT, Weerasuriya Y, Wilson TC and McArthur C 1992. Tannin chemistry in relation to digestion. J Range Manage. 57-62.

Kondo M, Kita K and Yokota H-o 2004a. Feeding value to goats of whole-crop oat ensiled with green tea waste. Anim Feed Sci Technol. 113(1): 71-81.

Kondo M, Nakano M, Kaneko A, Agata H, Kita K and Yokota H-o 2004b. Ensiled Green Tea Waste as Partial Replacement for Soybean Meal and Alfalfa Hay in Lactating Cows. Asian-Australas J Anim Sci. 17(7): 960-966.

Krishnamoorthy U, Sniffen C, Stern M and Van Soest P 1983. Evaluation of a mathematical model of rumen digestion and an in vitro simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen-undegraded nitrogen content of feedstuffs. Br J Nutr. 50(3): 555-568.

Liang J, Matsumoto M and Young B 1994. Purine derivative excretion and ruminal microbial yield in Malaysian cattle and swamp buffalo. Anim Feed Sci Technol. 47(3-4): 189-199.

Ma Y, Shang Y, Liu F, Zhang W, Wang C and Zhu D 2018. Convenient isolation of strictinin-rich tea polyphenol from Chinese green tea extract by zirconium phosphate. J Food Drud Anal. 26(1): 100-106.

Malacarne M, Antoniolli G, Bertoldi D, Nardin T and Larcher R 2018. Botanical origin characterisation of tannins using infrared spectroscopy. Food Chem. 267: 204-209.

Mangan JL 1988. Nutritional effects of tannins in animal feeds. Nutr Res Rev. 1(1): 209-231.

Mavrogenis A and Papachristoforou C 1988. Estimation of the energy value of milk and prediction of fat-corrected milk yield in sheep and goats. Small Ruminant Res. 1(3): 229-236.

Meissner H, Smuts M, Van Niekerk W and Acheampong-Boateng O 1993. Rumen ammonia concentrations, and non-ammonia nitrogen passage to and apparent absorption from the small intestine of sheep ingesting subtropical, temperate, and tannin-containing forages. S Afr J Anim Sci. 23(3): 92-97.

Menke K, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D and Schneider W 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. J Agr Sci. 93(1): 217-222.

Menke KH 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Animal research and development. 28: 7-55.

Min B, Barry T, Attwood G and McNabb W 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. Anim Feed Sci Technol. 106(1-4): 3-19.

Min BR, Solaiman S, Terrill T, Ramsay A and Mueller-Harvey I 2015. The effects of tannins-containing ground pine bark diet upon nutrient digestion, nitrogen balance, and mineral retention in meat goats. J Anim Sci Biotechnol. 6(1): 25.

Moss AR, Jouany J-P and Newbold J 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. Ann Zootech. 231-253.

Nakavisut S and Anothaisinthawee S 2004. Dairy Goat Production in Thailand. 45 p.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Narjisse H, Elhonsali MA and Olsen JD 1995. Effects of oak (Quercus ilex) tannins on digestion and nitrogen balance in sheep and goats. Small Ruminant Res. 18(3): 201-206.

Naumann HD, Tedeschi LO, Muir JP, Lambert BD and Kothmann MM 2013. Effect of molecular weight of condensed tannins from warm-season perennial legumes on ruminal methane production in vitro. Biochem Syst Ecol. 50: 154-162.

Naumann HD, Tedeschi LO, Zeller WE and Huntley NF 2017. The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. R Bras Zootec. 46(12): 929-949.

Nishida T, Eruden B, Hosoda K, Matsuyama H, Nakagawa K, Miyazawa T and Shioya S 2006. Effects of green tea (Camellia sinensis) waste silage and polyethylene glycol on ruminal fermentation and blood components in cattle. Asian-Australas J Anim Sci. 19(12): 1728-1736.

Nishino N, Kawai T and Kondo M 2007. Changes during ensilage in fermentation products, tea catechins, antioxidative activity and in vitro gas production of green tea waste stored with or without dried beet pulp. J Sci Food Agric. 87(9): 1639-1644.

Nunez-Hernandez G, Wallace JD, Holechek JL, Galyean ML and Cardenas M 1991. Condensed tannins and nutrient utilization by lambs and goats fed low-quality diets. J Anim Sci. 69(3): 1167-1177.

Patra AK, Min B-R and Saxena J 2012. Dietary tannins on microbial ecology of the gastrointestinal tract in ruminants. In: Dietary phytochemicals and microbes. ed. Springer. 237-262.

Piñeiro-Vázquez A, Canul-Solís J, Alayón-Gamboa J, Chay-Canul A, Ayala-Burgos A, Aguilar-Pérez C, Solorio-Sánchez F and Ku-Vera J 2015. Potencial de los taninos condensados para reducir las emisiones de metano entérico y sus efectos en producción de rumiantes. Arch Med Vet. 47(3): 263-272.

Provenza FD, Burritt EA, Clausen T, Bryant J, Reichardt P and Distel RA 1990. Conditioned flavor aversion: a mechanism for goats to avoid condensed tannins in blackbrush. Am Nat. 136(6): 810-828.

Sano H, Takebayashi A, Kodama Y, Nakamura K, Ito H, Arino Y, Fujita T, Takahashi H and Ambo K 1999. Effects of feed restriction and cold exposure on glucose metabolism

in response to feeding and insulin in sheep. Journal of Animal Science. 77(9): 2564-2573.

Silanikove N, Gilboa N, Nir I, Perevolotsky A and Nitsan Z 1996. Effect of a daily supplementation of polyethylene glycol on intake and digestion of tannin-containing leaves (Quercus calliprinos, Pistacia lentiscus, and Ceratonia siliqua) by goats. J Agric Food Chem. 44(1): 199-205.

Śliwiński BJ, Soliva CR, Machmüller A and Kreuzer M 2002. Efficacy of plant extracts rich in secondary constituents to modify rumen fermentation. Anim Feed Sci Technol. 101(1): 101-114.

Soltan YA, Morsy AS, Sallam SMA, Louvandini H and Abdalla AL 2012. Comparative in vitro evaluation of forage legumes (prosopis, acacia, atriplex, and leucaena) on ruminal fermentation and methanogenesis. J Animal Feed Sci. 21(4): 759-772.

Suthikrai W, Usawang S, Kijsamrej S, Sophon S and Jetana T 2003. Determination of Microbial Nitrogen Production by Using Urinary Allantoin and Blood Metabolite Concentrate in Growing Brahman Cattle Fed the Different Proportion of Roughage and Concentrate in Diets.

Tan HY, Sieo CC, Abdullah N, Liang JB, Huang XD and Ho YW 2011. Effects of condensed tannins from Leucaena on methane production, rumen fermentation and populations of methanogens and protozoa in vitro. Anim Feed Sci Technol. 169(3–4): 185-193.

Theeraphaksirinont T, Chanpongsang S, Chaiyabutr N and Topanurak S 2009. Effects of green tea waste in total mixed ration on productive performances in cross-bred lactating cows. Proceedings of the 47th Kasetsart University Annual Conference, Kasetsart, 17-20 March, 2009. Subject: Animals nutrition. 34-41.

Topps J and Elliott R 1965. Relationship between concentrations of ruminal nucleic acids and excretion of purine derivatives by sheep. Nature. 205(4970): 498.

UCDAVIS 2010. Clinical Chemistry Reference Intervals. *in* Clinical Chemistry. Vol. 2010. University of California, Davis, Veterinary Medical Teaching Hospital University of California, Davis.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Van Soest PJ, Robertson JB and Lewis BA 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. Journal of Dairy Science. 74(10): 3583-3597.

Vercoe J 1976. Urinary allantoin excretion and digestible dry-matter intake in cattle and buffalo. J Agr Sci. 86(3): 613-615.

Vogels GD, Hoppe WF and Stumm CK 1980. Association of methanogenic bacteria with rumen ciliates. Appl Environ Microbiol. 40(3): 608-612.

Waghorn G 2008. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production—Progress and challenges. Anim Feed Sci Technol. 147(1): 116-139.

Wang Y, Waghorn GC, McNabb WC, Barry TN, Hedley MJ and Shelton ID 1996. Effect of condensed tannins in Lotus corniculatus upon the digestion of methionine and cysteine in the small intestine of sheep. J Agric Sci. 127(3): 413-421.

Woodward A and Reed JD 1997. Nitrogen metabolism of sheep and goats consuming Acacia brevispica and Sesbania sesban. J Animal Sci. 75(4): 1130-1139.

Xu C, Cai Y, Moriya N and Ogawa M 2007. Nutritive value for ruminants of green tea grounds as a replacement of brewers' grains in totally mixed ration silage. Anim Feed Sci Technol. 138(3-4): 228-238.

Xu Y-Q, Ji W-B, Yu P, Chen J-X, Wang F and Yin J-F 2018. Effect of extraction methods on the chemical components and taste quality of green tea extract. Food Chem. 248: 146-154.

Yang CJ, Yang IY, Oh DH, Bae IH, Cho SG, Kong IG, Uuganbayar D, Nou IS and Choi KS 2003. Effect of Green Tea By-product on Performance and Body Composition in Broiler Chicks. Asian-Australas J Anim Sci. 16(6): 867-872.

Yang CM and Varga GA 1989. Effect of three concentrate feeding frequencies on rumen protozoa, rumen digesta kinetics, and milk yield in dairy cows. J Dairy Sci. 72(4): 950-957.

Yashin AY, Nemzer BV, Combet E and Yashin YI 2015. Determination of the chemical composition of tea by chromatographic methods: a review. J Food Res. 4(3): 56.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Young EG and Conway CF 1942. On the estimation of allantoin by the Rimini-Schryver reaction. J Biol Chem. 142(2): 839-853.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	รพีพัฒน์ สันโดษ
วัน เดือน ปี เกิด	31 ธันวาคม 2535
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง และเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา โดยสำเร็จการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา (วิทยาศาสตรบัณฑิต) จากภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2557 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิตศึกษา ที่ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	63/2241 ซอยราษฎร์พัฒนา หมู่บ้านเคหะธานี4 เขตสะพานสูง แขวงสะพานสูง กรุงเทพมหานคร 10240

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University