



วิทยานิพนธ์

ผลของการใช้กากมันสำปะหลังและใบมันสำปะหลังเป็นอาหาร
สัตว์เคี้ยวเอื้อง

**EFFECT OF CASSAVA PULP AND CASSAVA LEAVES
UTILIZATION AS RUMINANT FEED**

นางสาวจารุวัลย์ แสนปิง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

สัตวบาล

สัตวบาล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการใช้กากมันสำปะหลังและใบมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Effect of Cassava Pulp and Cassava Leaves Utilization as Ruminant Feed

นามผู้วิจัย นางสาวจรรวีย์ แสนปิง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ดวงสมร สีนเจิมสิริ, วท.ม.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมเกียรติ ประสานพานิช, วท.ด.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์อุทัย คั่นโ, วท.ม.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์อนันต์ชัย เขื่อนธรรม, M.S.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยภูมิ ปัญชาศักดิ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อากงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 30 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2550

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการใช้กากมันสำปะหลังและใบมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Effect of Cassava Pulp and Cassava Leaves Utilization as Ruminant Feed

โดย

นางสาวจรรวีย์ แสนปิง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

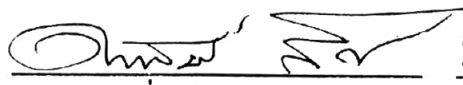
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2550

จารุวัลย์ แสนปิง 2550: ผลของการใช้กากมันสำปะหลังและใบมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์เคี้ยว
เอื้อง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาสัตวบาล ภาควิชาสัตวบาล ประธาน
กรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ดวงสมร สีนเจิมสิริ, วท.ม. 104 หน้า

การศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ของใบมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์
เคี้ยวเอื้องจะทำการทดลองโดยใช้อาหารทดลอง 4 สูตรดังนี้คือ อาหารควบคุมที่ใช้มันเส้นร่วมกับกากถั่วเหลือง
เป็นหลัก (อาหารชั้นสูตรที่ 1), อาหารสูตรที่ 1 แต่ทดแทนมันเส้นด้วยกากมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ (อาหาร
ชั้นสูตรที่ 2), อาหารสูตรที่ 1 แต่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยใบมันสำปะหลัง (อาหารชั้นสูตรที่ 3), และอาหาร
สูตรที่ 1 แต่ทดแทนมันเส้นด้วยกากมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ และทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยใบมันสำปะหลัง
(อาหารชั้นสูตรที่ 4) โดยการทดลองที่ 1 ในส่วนของการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของกากมัน
สำปะหลัง, ใบมันสำปะหลัง, มันเส้น, และหญ้าแพงโกล่า (กลุ่มวัตถุดิบอาหาร) และในกลุ่มอาหารชั้นที่เป็น
อาหารทดลองสูตรที่ 1 – 4 จะศึกษาโดยโคนมเพศผู้ ที่ทำการเจาะกระเพาะหมักใส่ท่อแบบถาวร ผลการทดลอง
แสดงว่า การสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของมันเส้นที่อยู่ในกลุ่มของวัตถุดิบอาหารจะสูงที่สุด
ในขณะที่กลุ่มของอาหารชั้น อาหารสูตรที่ 1 จะมีการสลายตัวของวัตถุแห้งสูงที่สุด การทดลองที่ 2 จะศึกษา
อิทธิพลของอาหารชั้นต่อสมรรถภาพการผลิต, ค่าชีววิทยาในเลือด, และสภาพแวดล้อมในกระเพาะหมัก ในแกะ
เนื้อเพศผู้ตอน 16 ตัว ผลการทดลองแสดงว่า สมรรถภาพการผลิตและการย่อยได้ของโภชนะ โปรตีนมีความ
แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในส่วนของการกินหญ้าในแกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 3 จะ
สูงกว่าแกะที่กินอาหารสูตรที่ 1, 2, และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีแนวโน้มที่ชัดเจนว่า การ
ทดแทนมันเส้นและกากถั่วเหลืองด้วยกากมันสำปะหลังและใบมันสำปะหลัง สามารถเพิ่มสมรรถภาพการผลิต
ของสัตว์ ในส่วนของระดับยูเรีย - ไนโตรเจนและระดับกลูโคสในเลือดของแกะที่ได้รับอาหารชั้นทดลอง ทั้ง
ในช่วงเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามค่าเหล่านี้มี
แนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงสิ้นสุดการทดลอง ระดับของโปรตีนในเลือดของแกะที่ได้รับอาหารชั้นทดลองมีความ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$)
ในช่วงเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองตามลำดับ โดยค่าที่ได้มีแนวโน้มลดลงในช่วงสิ้นสุดการทดลอง ระดับของ
triiodothyronine (T_3) ในเลือดของแกะที่ได้รับอาหารชั้นทดลองในช่วงสิ้นสุดการทดลองมีความแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งแกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 4 และ 2 มีระดับ T_3 ในเลือดสูงสุด
และต่ำสุดตามลำดับ ผลการทดลองในส่วนสภาพแวดล้อมของกระเพาะหมักของแกะที่ได้รับอาหารทดลอง
แสดงว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจน ($NH_4 - N$), pH, และประชากรโปรโตซัวจะลดลงหลังจากกิน
อาหาร 2 ชั่วโมง ในขณะที่ประชากรแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้น แต่ความแตกต่างทั้งหมดนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จารุวัลย์ แสนปิง
ลายมือชื่อนิติ


ลายมือชื่อประธานกรรมการ 231 พค/ '50

Jaruwan Sanping 2007: Effect of Cassava Pulp and Cassava Leaves Utilization as Ruminant Feed.
Master of Science (Agriculture), Major Field: Animal Science, Department of Animal Science.
Thesis Advisor: Associate Professor Duangsmorn Sinchermsiri, M.S. 104 pages.

Two experiments of utilization of cassava leaves and cassava pulp as ruminant feed were conducted by using 4 experimental diets as followings. Diet 1: control cassava chips + soybean meal diet, Diet 2: Diet 1 but 50% of cassava chips replaced by cassava pulps, Diet 3: Diet 1 but soybean meal was replaced by cassava leaves, and Diet 4: Diet 1 but 50% of cassava chips was replaced by cassava pulp and soybean meal was replaced by cassava leaves. Experiment 1. The ruminal degradation of dry matter in cassava pulp, cassava leaves, cassava chips and Pangola grass (feedstuffs group) and in concentrate group consisted of the experimental Diet 1-4 were determined in sacco by using a male Holstein Friesian fitted with permanent rumen fistulae. The results have shown that cassava chip has the highest ruminal degradation among the feedstuffs groups meanwhile Diet 1 has the highest ruminal degradation among the experimental diets group. Experiment 2. Effects of the experimental diets on performance, blood metabolites and rumen condition were studied in 16 sterilized male sheep. The results have shown that there were no significant difference on production performance and apparent protein digestibility of animals fed the experimental diets. Animals on Diet 3 had higher grass intake ($P < 0.05$) than those on Diet 1, 2 and 4. There was a clear trend that substitution of cassava chips and soybean meal by cassava pulp and cassava leaves meal, respectively have improved production performance of the animals. There were no significant difference on blood urea nitrogen and blood glucose level at the beginning and at the end of the experiment among the animals fed experimental diets. However, there was a trend that the value of the parameters was increased toward the end of the experiment. There were significant differences ($P < 0.05$) and highly significant differences ($P < 0.01$) in blood protein level among the animals fed experimental diets at the beginning and at the end of experiment respectively. There was also a trend that the value of the parameters was decreased toward the end of the experiment. There were significant differences ($P < 0.05$) in blood triiodothyronine (T_3) levels among the animals fed experimental diets at the end of the experiment. Animals on Diet 4 and 2 have exhibited the highest and the lowest blood T_3 level, respectively. Data on rumen condition have indicated that there were decreases of ammonia ($NH_4 - N$) concentration, pH, and protozoa population but there was an increase of bacteria population at 2 hr. after feeding in animals fed the experimental diets although the differences were not statistically significant.

Jaruwan Sanping.
Student's signature

D. Sinchermsiri 23 May 2007.
Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดวงสมร ลินเจิมศิริ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ประสานพานิช รองศาสตราจารย์ อุทัย คันโธ กรรมการสาขาวิชาเอก รองศาสตราจารย์ อนันต์ชัย เชื้อนธรรม กรรมการสาขาวิชารอง และ ดร. ปราโมทย์ ศิริโรจน์ ผู้แทนบัณฑิตที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุกัญญา จิตตพรพงษ์ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำให้การทดลองในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

พร้อมกันนี้ขอขอบพระคุณ หัวหน้าศูนย์ และเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบอาหาร สถานที่ในการปฏิบัติการผสมอาหารและวิเคราะห์อาหารสัตว์ รวมทั้งหัวหน้าภาควิชา และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่วิเคราะห์อาหารสัตว์ ตลอดจนหัวหน้าศูนย์ และเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่ทดลอง

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคุณแม่พรพรรณ ที่คอยให้กำลังใจเคียงข้าง คุณพ่อสมศักดิ์ ที่ให้การสนับสนุนในการศึกษา น้องนาย น้องนิว น้องสาว และน้องชายที่รัก อีกทั้ง พี่บุศย์ พี่เหวว เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน พี่สิทธิ์ พี่นั พี่ก้อย ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่คอยให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ น้องเฟี้ยว น้องแป๊ก น้องเพชร นิสิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ช่วยให้การทดลองเสร็จสิ้นไปด้วยดี และแจ็ก ที่อยู่เคียงข้างคอยช่วยเหลือเสมอมา ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอนจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งเพื่อน ๆ พี่ และน้อง นิสิตปริญญาโท – เอก ภาควิชาสัตวบาลทุกคนที่คอยให้การช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

จารุวัลย์ แสนปิง

พฤษภาคม 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	51
อุปกรณ์	51
วิธีการ	55
ผลและวิจารณ์	60
ผล	60
วิจารณ์	74
สรุปและข้อเสนอแนะ	81
สรุป	81
ข้อเสนอแนะ	81
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	82
ภาคผนวก	102

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	มาตรฐานและคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์มันเส้นในประเทศไทย	7
2	โภชนะในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง	13
3	แร่ธาตุและวิตามินในมันเส้นและใบมันสำปะหลัง	14
4	กรดอะมิโนในมันเส้นและใบมันสำปะหลัง	15
5	ผลของระยะเวลาการตากมันสำปะหลังต่อระดับไซยาไนด์ (HCN) ในมันเส้น	24
6	ผลของระยะเวลาการเก็บต่อระดับไซยาไนด์ในมันเส้น	25
7	ความเข้มข้นของโปรโตชีวในกระเพาะหมัก	46
8	ปัจจัยที่สามารถมีผลต่ออิทธิพลของโปรโตชีวพวกที่มีขี้เลื่อยต่อบทบาทในกระเพาะหมัก และมีผลต่อโภชนะในสัตว์	48
9	ส่วนผสมในอาหารชั้นทดลอง	53
10	วัตถุแห้งในอาหารทดลองก่อนการบ่มในกระเพาะรูเมน	60
11	เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในวัตถุดิบอาหาร	61
12	เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารชั้นทดลอง	61
13	ส่วนประกอบทางเคมีของใบมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลัง	67
14	ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง	67
15	อิทธิพลของอาหารต่อการเจริญเติบโตของสัตว์	69
16	ผลของการวิเคราะห์ส่วนประกอบในเลือดของแกะทดลองก่อนได้รับอาหารทดลอง	70
17	ผลของการวิเคราะห์ส่วนประกอบในเลือดของแกะทดลองหลังได้รับอาหารทดลอง	71
18	สภาพแวดล้อมในกระเพาะรูเมนของแกะก่อนกินอาหาร และหลังกินอาหารทดลอง 2 ชม	74

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงขั้นตอนการผลิตมันเส้น.	8
2 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย	11
3 ภาพแสดงวัฏจักรยูเรีย	26
4 แหล่งที่มาและที่เปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในกระแสเลือด	28
5 การเปลี่ยนกลูโคสเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ อาศัยกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ ใน กระเพาะหมัก	29
6 การสร้างกลูโคส	30
7 เมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในอวัยวะต่าง ๆ	31
8 สูตรโครงสร้างของฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์และสารประกอบที่เกี่ยวข้อง	32
9 ภาพระบบของไทรอยด์ฮอร์โมน	33
10 ภาพแสดงแบคทีเรีย 3 ชนิด	36
11 ภาพแสดงการเกาะยึดของ <i>Ruminococcus flavefaciens</i> และ <i>Fibrobacter succinogenes</i>	37
12 ภาพการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียใน 3 ส่วนภายในกระเพาะหมัก	38
13 ภาพของโปรโตซัวพวกที่มีขี้เลื่อยในแฟมิลี Isotrichidae, Buetschliidae และ Blepharocorythidae	42
14 ภาพของ <i>Entodinium longinucleatum</i>	43
15 โปรโตซัวพวก Entodinium ที่มีส่วนของหางในแบบต่าง ๆ	43
16 ภาพของโปรโตซัวพวก Diplodiniinae	44
17 ภาพของโปรโตซัวพวก Ophryoscolecinae	45
18 ช่วงชีวิตของเชื้อราในกระเพาะหมักที่ไม่ใช้ออกซิเจน	50
19 เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในมันเส้น	62
20 เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในกากมันสำปะหลัง	62
21 เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในใบมันสำปะหลัง	63
22 เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในหญ้าแพงโกล่า	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	การสลายตัวของวัตถุแห้งในวัตถุคิบอาหาร	64
24	เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารสูตรที่ 1	64
25	เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารสูตรที่ 2	65
26	เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารสูตรที่ 3	65
27	เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารสูตรที่ 4	66
28	การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารชั้น	66

ผลของการใช้กากมันสำปะหลังและใบมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Effect of Cassava Pulp and Cassava Leaves Utilization as Ruminant Feed

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่ปลูกได้ในทุกภาคของประเทศไทย โดยแต่ละปีสามารถผลิตหัวมันสดได้ประมาณปีละ 18 – 22 ล้านตัน (วราพันธุ์ และคณะ, 2549) ซึ่งมันสำปะหลังเป็นพืชที่มีประโยชน์หลายด้านอาทิเช่น การนำมาบริโภคเป็นอาหารคาว - หวาน นำมาผลิตเป็นแป้งมัน รวมทั้งผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิง และการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ฯลฯ โดยการนำมันสำปะหลังมาใช้ในการเป็นอาหารสัตว์ก็คือ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานของสัตว์เป็นแหล่งของโภชนะและเพิ่มสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ แต่ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังในแต่ละครั้งจะมีส่วนที่ไม่เป็นที่ต้องการเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก เช่น ใบและส่วนยอดของลำต้น (โดยทั่วไปจะเรียกรวมกันว่า “ใบมันสำปะหลัง”) ที่เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังก็จะเลือกเก็บเฉพาะส่วนที่เป็นลำต้นแก่ เพื่อนำไปเป็นท่อนพันธุ์ในการปลูกมันสำปะหลังครั้งต่อไป และจะทิ้งลำต้นส่วนยอดที่อ่อนและมีใบติดอยู่เป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากใบมันสำปะหลังมีคุณค่าทางอาหารสูง จึงทำให้มีการนำใบมันสำปะหลังที่เหลือทิ้งเหล่านี้ไปใช้ในการเป็นอาหารสัตว์หลายชนิด โดยในส่วนของใบมันสำปะหลังสดจะมีความชื้นอยู่ประมาณ 80% และเมื่อนำมาทำให้แห้งจะมีโปรตีน 20% เยื่อใย 20% ไขมัน 7% โดยประมาณ อีกทั้งยังเป็นแหล่งของสารสีหรือสารแซนโทฟิลล์ในปริมาณสูง (อุทัย, 2529) และนอกจากนี้เมื่อมีการนำมันสำปะหลังไปแปรรูปเป็นแป้งมัน สารให้ความหวาน และฟรุคโตสก็จะมีส่วนที่เหลือทิ้งอีกส่วนหนึ่งคือ กากของมันสำปะหลัง หรือกากมัน ซึ่งกากมันนี้ยังมีคุณค่าทางอาหารอยู่พอสมควร โดยกากมันสำปะหลังที่ได้จากกระบวนการแปรรูปมันสำปะหลังจะอยู่ในรูปสดที่มีความชื้นประมาณ 80% และเมื่อนำมาทำให้แห้งจะมีโปรตีน 2.01% เยื่อใย 14.22% ไขมัน 1% โดยประมาณ (ศกาทรรณ และปรีชา, 2545ก) อีกทั้งยังคงมีแป้งเหลืออยู่ถึง 50% (วราพันธุ์ และคณะ, 2549) กากมันเปียกส่วนหนึ่งสามารถใช้ผสมในสูตรอาหารโค หรืออาหารปลาได้ทันที และเมื่อนำไป ตาก/ผึ่งแดด หรืออบให้แห้งก็สามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมอาหารโค สุกรและปลาได้ กากมันสำปะหลังสามารถหาซื้อได้จากโรงงานผลิตแป้งในราคาที่ถูก อีกทั้งยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตสัตว์ให้ต่ำลงได้ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีปริมาณการผลิตมันสำปะหลังออกมาเป็นจำนวนมากราคาของกากมันสำปะหลังก็ยิ่งจะถูกลงไปอีกเกือบ 50 ในปัจจุบันใบมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังได้ถูกนำไปใช้ผสมในสูตรอาหารสัตว์หลายชนิด

โดยวัตถุดิบทั้งสองชนิดนี้จัดเป็นวัตถุดิบเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เป็นอาหารเชื้อย มีคุณค่าทางอาหารในระดับที่ดี และมีราคาถูก สามารถใช้ประโยชน์ในการเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องสำหรับเกษตรกรรายย่อย และยังเป็นแนวทางใหม่ในการผลิตอาหารที่มีคุณภาพและมีราคาถูก

ดังนั้นการทดลองนี้จึงมุ่งศึกษาการใช้ใบมันสำปะหลังเป็นแหล่งของโปรตีนทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลือง และการใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งของพลังงานทดแทนการใช้มันเส้นในสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ต่อสมรรถภาพการผลิตและสภาพแวดล้อมในกระเพาะหมัก ตลอดจนเพื่อศึกษาการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมัก (*in sacco*) ของมันสำปะหลัง, ใบมันสำปะหลัง, และกากมันสำปะหลัง และอาหารข้นที่ใช้ใบมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมัก (*in sacco*) ของมันเส้น, ไขมัน
ลำปะหลัง, และกากมันลำปะหลัง ตลอดจนอาหารข้นที่ใช้ไขมันลำปะหลังและกากมันลำปะหลัง
ในสูตรอาหาร
2. เพื่อศึกษาผลการใช้โปรตีนจากไขมันลำปะหลังแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในสูตร
อาหาร
3. เพื่อศึกษาผลการใช้กากมันลำปะหลังเป็นแหล่งของพลังงานทดแทนการใช้มันเส้นใน
สูตรอาหาร
4. เพื่อศึกษาสมรรถภาพการผลิตและสภาพแวดล้อมของกระเพาะหมัก ของสัตว์ที่ได้รับ
อาหารที่มีไขมันลำปะหลังและกากมันลำปะหลังในสูตรอาหาร

การตรวจเอกสาร

มันสำปะหลัง (*Manihot utilisima* pohl., *Manihot esculenta* Crantz.) เป็นพืชหัวและเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ในประเทศแถบทวีปอเมริกากลางและอเมริกาใต้ ทวีปแอฟริกา และทวีปเอเชียส่วนตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทยด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรจำนวนมากในประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคเหนือบางส่วน มีอาชีพปลูกมันสำปะหลังเป็นหลัก อีกทั้งราคามันสำปะหลังก็มีอิทธิพลต่อเศรษฐกิจของภูมิภาคเหล่านี้เป็นอย่างมาก (เจริญศักดิ์, 2532)

มันสำปะหลังเป็นไม้ยืนต้นและเป็นพืชเมื่อร้อน มีทรงพุ่มขนาดความสูง 1 – 4 เมตร และสามารถจัดหมวดหมู่ทางพฤกษศาสตร์ได้ดังนี้

Genus	Manihot
Family	Euphorbiaceae
Subdivision	Agiospermae
Class	Dicotyledonae
Order	Geraniales

มันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ปลูกได้ทั่วไปในประเทศเขตร้อนที่อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือและใต้ ระดับความสูงไม่เกิน 2,000 เมตร สามารถปรับตัวได้ดีในเขตที่มีฝนตกอยู่ระหว่าง 1,000 – 3,000 มิลลิเมตรต่อปี มีความทนทานต่อสภาพอากาศแล้งได้ดี หลังจากปลูกและต้นมันสำปะหลังตั้งตัวได้แล้ว แม้จะขาดน้ำ ระยะเวลาติดต่อกัน 3 – 4 เดือนก็สามารถทนอยู่ได้โดยไม่ตาย ลักษณะเด่นประการหนึ่งของมันสำปะหลังคือ ทนทานต่อสภาพดินเป็นกรดจัด เช่น ดินที่มีค่า pH ต่ำถึง 4.4 ก็ไม่มีผลกระทบต่อผลผลิต แต่ไม่สามารถขึ้นได้ดีในดินที่เป็นด่าง ซึ่งมีค่า pH มากกว่า 8 ขึ้นไป มันสำปะหลังเป็นพืชวันสั้น หากช่วงแสงของวันเกิน 10 – 12 ชั่วโมง จะมีผลทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลง การปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันหลายปี โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยบำรุงดินอย่างถูกต้อง จะมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงอย่างรวดเร็ว ตลอดจนโครงสร้างของดินถูกทำลายด้วย (เจริญศักดิ์, 2532)

มันสำปะหลังที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อใช้ในการผลิตแป้งและอาหารสัตว์นั้นเป็นพันธุ์มันสำปะหลังชนิดขมสายพันธุ์ *Manihot esculenta* Crantz. ซึ่งมีรากใต้ดินทำหน้าที่สะสมแป้ง มันสำปะหลังนับเป็นพืชที่มีประสิทธิภาพในการสะสมแป้งดีมาก ให้ผลผลิตหัวสดระหว่าง 3 – 10 ตันต่อไร่ หรือมากกว่าที่อายุการเก็บเกี่ยว 10 – 12 เดือน ซึ่งปริมาณผลผลิตจะขึ้นอยู่กับพันธุ์และการเกษตรกรรม โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยวิทยาศาสตร์ (เจริญศักดิ์, 2519)

หัวมันสำปะหลังสดมีความชื้นอยู่ประมาณ 60 – 65 เปอร์เซ็นต์ และมีแป้งประมาณ 25 – 34 เปอร์เซ็นต์ แต่หัวมันสำปะหลังสดสายพันธุ์ขมจะมีกรดไฮโดรไซยานิก (HCN) ที่มีความเป็นพิษต่อตัวสัตว์เป็นองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 100 – 500 มิลลิกรัมต่อหัวมันสำปะหลังสด 1 กิโลกรัม ซึ่งหัวมันสำปะหลังสดที่ผลิตได้จะถูกใช้ประโยชน์ในการผลิตแป้งสำหรับเป็นอาหารคนและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ รวมทั้งการผลิตเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ดเพื่อใช้สำหรับเป็นอาหารสัตว์และอุตสาหกรรมในอนาคต ระหว่างการแปรรูปหัวมันสำปะหลังเป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง สารพิษกรดไฮโดรไซยานิกในหัวมันสดจะเกิดการสลายตัวและระเหยออกสู่อากาศ ทำให้มีปริมาณสารพิษหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังน้อยมาก ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ (อุทัย และ สุกัญญา, 2547)

การผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทย

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในพื้นที่ที่มีปริมาณฝนน้อย และไม่สามารถปลูกพืชอื่น ๆ ได้ดี ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 6.25 ล้านไร่ โดยมีการปลูกกระจายอยู่ทั่วประเทศ แต่จะมีการปลูกกันมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก นอกจากนี้ยังมีปลูกในภาคตะวันตกและภาคเหนือด้วย ซึ่งปริมาณหัวมันสดรวมที่ผลิตได้ประมาณปีละ 18 – 22 ล้านตัน โดยผลผลิตประมาณครึ่งหนึ่งนำไปใช้ในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ทำให้ได้ผลผลิตแป้งมันสำปะหลังปีละประมาณ 2 ล้านตัน ส่วนที่เหลือผลิตเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ดเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ประมาณ 4.5 – 6 ล้านตัน ซึ่งในสมัยก่อนมันอัดเม็ดส่วนใหญ่ส่งออกไปขายยังสหภาพยุโรป เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ในขณะที่การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทยยังมีน้อยมาก แต่หลังจากปี พ.ศ. 2536 เป็นต้นมา สหภาพยุโรปเริ่มมีนโยบายลดการสนับสนุนทางการเกษตรลง ทำให้รัฐพืชของประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรปมีราคาถูกลงมาก ส่งผลให้ราคามันสำปะหลังของไทยในตลาดสหภาพยุโรปมีราคาถูกลงตามไปด้วย และปริมาณการส่งออกมันอัดเม็ด

ไปยัง สหภาพยุโรปก็ลดลงอย่างต่อเนื่องทุกปี ขณะที่ปริมาณการผลิตหัวมันสำปะหลังยังคงเดิม จึงทำให้เกิดสภาวะราคามันสำปะหลังตกต่ำเป็นอย่างมากในปี พ.ศ. 2539 – 2540 จนทำให้รัฐบาลต้องพยายามแก้ปัญหา โดยการสนับสนุนของปรับปรุงพันธุ์โดยมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มีการรณรงค์และส่งเสริมการใช้น้ำมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ในประเทศเพิ่มมากขึ้น เพื่อเป็นการแก้สภาวะวิกฤติดังกล่าว (อุทัย, 2546)

การปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยพบว่า มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่าย เหมาะสมกับพื้นที่ที่เป็นดินทราย หรือดินร่วนปนทราย สามารถทนสภาพแห้งแล้งได้ดี ขยายพันธุ์ง่าย (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) อีกทั้งสามารถฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็วเมื่อได้รับน้ำฝน แต่มันสำปะหลังเป็นพืชที่ให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงอย่างรวดเร็วกว่าพืชอื่น เนื่องจากมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงและมีการสร้างแป้งกักตุนต่อหน่วยพื้นที่ปลูกสูงมาก อย่างไรก็ตามหากมีการใส่ปุ๋ยอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะปุ๋ยอินทรีย์ เช่น มูลสัตว์ และปุ๋ยชีวภาพ ก็จะทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสูงขึ้นได้ และยังทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินดีขึ้น ทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังในปีถัด ๆ มาดีขึ้น การให้ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งมูลสุกรและสัตว์ปีกนั้นสามารถใช้ในรูปปุ๋ยทางดินและปุ๋ยทางใบ เพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นในกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย เพราะสามารถเพิ่มผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในพื้นที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ (อุทัย และ สุกัญญา, 2547)

การขูดหัวมันสำปะหลังจากแปลงปลูกสามารถทำได้โดยใช้แรงงานคนหรือเครื่องจักร การขูดจะทำเมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 10 – 12 เดือน แล้วตัดหัวมันสดออกจากส่วนลำต้นหรือเหง้าออกเป็นหัว ๆ นำมาเคาะหรือร่อนเพื่อให้ดินทรายที่ติดมาร่วงหลุดไปก่อนที่จะนำมาสับและผึ่งแดดเพื่อทำเป็นมันเส้น หรือก่อนเข้าสู่ขบวนการผลิตของโรงงานแปรรูปมันสำปะหลังต่อไป (อุทัย และ สุกัญญา, 2547)

การผลิตมันเส้น

ประเทศไทยมีการผลิตมันเส้น 2 ชนิด สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์คือ ชนิดปกติ (regular quality cassava chips) กับชนิดคุณภาพดี (prime quality cassava chips) หรือมันเส้นสะอาด

ซึ่งมาตรฐานองค์ประกอบทางเคมีของมันเส้นทั้ง 2 ชนิดได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 สำหรับมันเส้นชนิดปกตินั้น มีแป้งไม่น้อยกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยและทรายไม่มากกว่า 5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเป็นชนิดที่ผลิตกันมาแต่ดั้งเดิมนานมาแล้ว (กว่า 40 ปี) และมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานการส่งออกของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปยังตลาดสหภาพยุโรป โดยคุณภาพดังกล่าวเพียงพอที่จะสามารถทดแทนข้าวบาร์เลย์ ที่ใช้กันอยู่ในสหภาพยุโรปแต่ไม่สามารถใช้ทดแทนข้าวโพดและปลายข้าว ที่เป็นวัตถุดิบพื้นฐานที่ใช้สำหรับการเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยและประเทศในแถบเอเชียอื่น ๆ ได้ ดังนั้นจึงได้มีการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการผลิตมันเส้นคุณภาพดีหรือมันเส้นสะอาด ที่มีคุณภาพดีกว่ามันเส้นปกติ มีระดับเยื่อใยและทรายต่ำกว่า (เยื่อใยไม่มากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ และทรายไม่มากกว่า 1 – 2 เปอร์เซ็นต์) มีแป้งเป็นองค์ประกอบสูงกว่า (ไม่น้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์) เพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์ในประเทศ ซึ่งให้ผลเป็นที่น่าพอใจมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้าวโพดหรือปลายข้าว นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ยังให้ผลดีในการเลี้ยงสัตว์ด้านอื่น ๆ อีกมาก โดยเฉพาะการลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์และต้นทุนการผลิตสัตว์ การช่วยปรับปรุงสุขภาพและภูมิคุ้มกันโรคของสัตว์ การปรับปรุงสภาพแวดล้อมการเลี้ยงสัตว์ ฯลฯ จึงเห็นแนวโน้มชัดเจนว่า การผลิตมันเส้นคุณภาพดีจะต้องมีการขยายตัว และเพิ่มกำลังผลิตกันมากขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดอาหารสัตว์ทั้งตลาดภายในประเทศและเพื่อการส่งออก (อุทัย และ สุกัญญา, 2547)

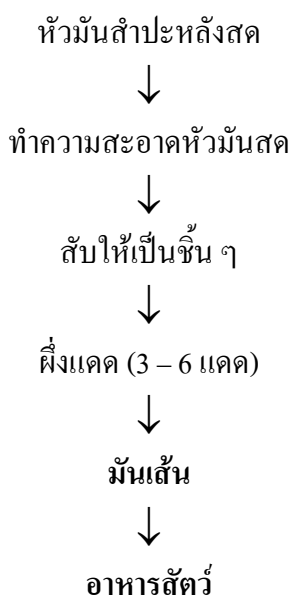
ตารางที่ 1 มาตรฐานและคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์มันเส้นในประเทศไทย

		มันเส้น	
		ดี/สะอาด	ปกติ
ความชื้น	ไม่มากกว่า (%)	13	13
โปรตีน	ไม่น้อยกว่า (%)	2	2
กาก หรือเยื่อใย	ไม่มากกว่า (%)	4	5
เถ้า/ทราย	ไม่มากกว่า (%)	4/1 – 2	6/3
แป้ง	ไม่น้อยกว่า (%)	70	65

ที่มา: อุทัย และสุกัญญา (2545)

ขั้นตอนการผลิตมันเส้นคุณภาพดี มีดังนี้

ทำการขุดหัวมันสำปะหลังสดจากไร่ ซึ่งอาจจะใช้วิธีการขุดด้วยมือหรือเครื่องจักรก็ได้ แล้วทำการตัดหัวมันสำปะหลังออกจากต้น โดยอย่าให้มีส่วนของลำต้นหรือเหง้าติดปนมากับหัวมันสด แล้วขนส่งหัวมันสดสู่ลานมัน จากนั้นนำหัวมันสดมาทำความสะอาดเพื่อให้มีดินทรายติดปนมาน้อยที่สุด โดยการร่อนหัว หรือร่อนสะกิดผิวนอกออก จากนั้นจึงนำหัวมันสดมาสับให้เป็นชิ้นขนาดเล็ก นำไปตากบนลานคอนกรีต นาน 3 – 6 วัน ขึ้นกับสภาพของอากาศ แสงแดด และความหนาของชิ้นมันที่หั่นมา ในระหว่างการตากจะต้องมีการกลับชิ้นมันด้วยเครื่องมือหรือเครื่องจักร วันละประมาณ 4 – 5 ครั้ง เพื่อให้ชิ้นมันแห้งเร็วขึ้นจนเหลือความชื้นอยู่ในชิ้นมันไม่เกิน 13 – 14 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถนำมาเก็บในโรงเรือนได้ ก่อนที่จะนำไปจำหน่ายเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ต่อไปดังภาพที่ 1 (อุทัย และ สุกัญญา, 2547)



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการผลิตมันเส้น

การใช้เศษเหลือทิ้งจากการผลิตมันสำปะหลังมาใช้เป็นอาหารสัตว์

ในการผลิตและการแปรรูปมันสำปะหลังในแต่ละครั้งจะได้เศษเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งก็คือ ใบมันสำปะหลัง ที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวหัวและต้นมันสำปะหลัง และกากมัน

ลำปะหลัง ที่จะได้จากการนำมันลำปะหลังไปผลิตเป็นแป้งเพื่อการจำหน่าย โดยวัสดุเศษเหลือเหล่านี้ก็ได้มีประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ดังนี้

1. ใบมันลำปะหลัง

ใบมันลำปะหลังเป็นผลพลอยได้หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันลำปะหลัง ใบมันลำปะหลังสดทั่วไปมีความชื้นอยู่สูงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับไซยาไนด์อยู่สูง ไม่ควรนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ในสภาพที่ยังสดอยู่ อย่างไรก็ตามใบมันลำปะหลังแห้ง ที่ผ่านการผึ่งแดด 2 – 3 แดด หรือทำการอบแห้งให้มีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้เป็นวัตถุดิบที่ดีในสูตรอาหารได้ โดยไม่เพียงแต่เป็นแหล่งของโปรตีนและเยื่อใยในสูตรอาหารเท่านั้น แต่ยังเป็นแหล่งให้สารสีหรือสารแซนโทฟิลล์ในอาหารสัตว์อีกด้วย ใบมันลำปะหลังอาจจัดอยู่ในวัตถุดิบอาหารที่ใช้โปรตีน สารสี หรือเยื่อใย (อุทัย และ สุกัญญา, 2547) ในใบมันลำปะหลังแห้งจากรายงานของหลาย ๆ ประเทศพบว่ามีโปรตีนสูงถึง 15 – 42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันตามสายพันธุ์ สภาพแวดล้อมและการจัดการ (Juarez, 1955; Roger, 1959; Gramacho, 1973; IITA, 1974) สำหรับการศึกษาในประเทศไทย เจริญศักดิ์ และคณะ (2531) ได้รายงานถึงระดับโปรตีนในใบมันลำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทย 13 สายพันธุ์ พบว่ามีโปรตีนอยู่ในช่วง 21.6 – 25.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเฉลี่ยอยู่ที่ 23.7 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าโปรตีนในใบมันลำปะหลังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของมันลำปะหลัง ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การใส่ปุ๋ย และอายุการเก็บเกี่ยว และพบว่าโปรตีนในใบมันลำปะหลังมีกรดอะมิโนไลซีนเป็นองค์ประกอบอยู่สูง แต่ขาดกรดอะมิโนเมทไธโอนีน

ปริมาณโปรตีนในใบมันลำปะหลังจะสูงกว่าปริมาณโปรตีนในอัลฟัลฟา รำอ่อน และพืชตระกูลถั่วหลายชนิด (Montilla, 1976) นอกจากนี้ Marcono (1974) ยังพบเถา ใบมัน และเกลือแร่ในใบซึ่งเป็นส่วนสำคัญยิ่งในการใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์เมื่อผ่านขบวนการทำลายสารพิษแล้ว แต่หากมันลำปะหลังมีอายุมากกว่า 10 เดือน ปริมาณโปรตีนในใบจะลดต่ำลง (Toledo, 1969) ใบมันลำปะหลังเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงที่มีราคาถูก ทั้งนี้เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) อยู่เป็นจำนวนมาก Yeoh and Chew (1976) ได้ศึกษาพบว่า ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (free amino acid) ที่สะสมในใบมันลำปะหลังจะมีกรดอะมิโน 0.22 – 0.29 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักใบสด ผลผลิตของโปรตีนที่ได้จากใบมันลำปะหลังจะมีกรดอะมิโน 8.4 – 9.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็น 4.2 เปอร์เซ็นต์ เช่น ไลซีน เฟนิลอลานีน และทริปโตเฟน เป็นต้น ส่วนกรดอะมิโนที่มีปริมาณปานกลางได้แก่ แอลีน ทรีโอนีน แต่ข้อจำกัด

ของคุณภาพโปรตีนในไขมันสำปะหลังคือ กรดอะมิโนที่มีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบจะพบเพียง 0.25 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด ซึ่งได้แก่ เมทไธโอนีน (สารโรจน์ และ ยาวมาลย์, 2531) Otoul (1973) ได้วิเคราะห์พบว่า มีปริมาณไลซีน เมทไธโอนีน และไทโรซีน มากในแผ่นใบ ส่วนก้านใบจะพบกรดแอสพาดิก และกรดกลูตามิกมาก ปริมาณไลซีน และเมทไธโอนีนจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อใบเริ่มแก่ ดังนั้นการเตรียมใบเพื่อนำไปใช้เป็นอาหาร สัตว์ควรใช้ใบที่ใหญ่และเจริญเต็มที่ Kling *et al.* (1976) และ Tupynamba and Vieira (1979) ให้ความเห็นว่า แม้ว่าจะมีปริมาณโปรตีนในใบและยอดสูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ก็ตาม แต่ก็ มีเมทไธโอนีนปริมาณน้อย ดังนั้นในการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเลี้ยงสัตว์จึงควรเพิ่มสารอาหาร ดังกล่าวด้วย

2. กากมันสำปะหลัง

กากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง เป็นส่วนผสมระหว่างเปลือกมันสำปะหลังและกากที่เหลือทิ้งจากการบดเพื่อให้ได้แป้ง มีสีน้ำตาล ความชื้นประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ และมักจะมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำกว่ามันเส้น แต่สามารถใช้ในสูตรอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ กากมันสำปะหลังมีเยื่อใยประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์ และไนโตรเจนฟรีเอ็ก - แแทรกซ์ประมาณ 55 – 70 เปอร์เซ็นต์ (Devendra, 1977) จากการสำรวจของกฤตพล (2544) พบว่า โรงงานผลิตแป้งมันจำนวน 10 โรงงานที่มีกำลังผลิต 200 – 2,000 ตัน/วัน จะมีเศษเหลือทิ้ง 40 – 50 ตัน/วัน หรือคิดเป็นกากมันสำปะหลังสด 23.39 เปอร์เซ็นต์ ที่ทางโรงงานต้องหาวิธีการกำจัดทิ้ง หรือหา แนวทางการใช้ประโยชน์ โดยที่กากมันสำปะหลังเหล่านี้ได้มีการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยเกษตรกรบางส่วน รวมทั้งการนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์โดยโรงงานผลิตอาหารสัตว์ขนาดใหญ่ (พิรพจน์ และ กฤตพล, 2546) โดยกากมันสำปะหลังเป็นเศษเหลือทิ้งจากการผลิตแป้งที่ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

นอกจากนี้ วราพันธุ์ และคณะ (2549) ได้เสนอว่า ในกากมันสำปะหลังมีจุลินทรีย์กลุ่ม แลคติกแอซิดแบคทีเรียและยีสต์ ซึ่งมีประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้ในอาหารสัตว์ โดยเฉพาะ แลคติกแอซิดแบคทีเรีย ที่สามารถนำไปใช้เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ หรือพัฒนาให้อยู่ในสภาพแห้งเพื่อ สะดวกต่อการนำไปใช้ นอกจากจะได้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์แล้วยังพบว่ามีการผลิตกรดแลคติกอยู่ด้วย ประมาณ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในทางเดินอาหารต่ำลง ยับยั้งการเจริญของ จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ อีกทั้งยังนำไปใช้ร่วมในการหมักพืชอาหารสัตว์ โดยจุลินทรีย์ ธรรมชาติในกากมันสำปะหลังคือกลุ่มแลคติกแอซิดแบคทีเรีย จะผลิตกรดแลคติกออกมาสามารถ รักษาคุณค่าทางอาหารของพืชหมักได้เป็นอย่างดี และยังทำให้การหมักพืชอาหารสัตว์เร็วขึ้นกว่า การไม่ใส่กากมันสำปะหลัง ตลอดจน Sumangkut *et al.* (1976) รายงานว่า กากมันสำปะหลัง สามารถใช้ในสูตรอาหารโคได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์ในอาหารแกะ (Pulungan and Bhakti, 1984) และเมื่อทำการหมักกากมันสำปะหลังด้วย *Aspergillus niger* จะมีโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 1.55 เปอร์เซ็นต์ ไปเป็น 18.5 เปอร์เซ็นต์

คุณค่าทางโภชนาของมันสำปะหลัง ใบมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง

คุณค่าทางโภชนาของมันสำปะหลังมีความผันแปรมาก โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญได้แก่ อายุ พันธุ์ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสภาพภูมิอากาศ โดยคุณค่าทางโภชนาของส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังจะแสดงอยู่ในตารางที่ 2 – 4

ตารางที่ 2 โภชนะในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง

โภชนะ	มันเส้น (%)	ใบมันสำปะหลัง ² (%)	กากมันสำปะหลัง ³ (%)
วัตถุแห้ง	89.0 ¹	90.72 ³	88.73 ⁵
โปรตีน	2.0 ¹	23.10 ³	1.83 ⁵
เยื่อใย	4.0 ¹	21.1 ³	10.08 ⁵
ไขมัน	0.75 ¹	7.24 ³	0.48 ⁵
NFE	81.2 ¹	46.1 ³	72.70 ⁵
เถ้า	2.0 ¹	5.72 ³	3.64 ⁵
NDF	0.12 ¹	0.99 ³	0.60 ⁵
ADF	0.05 ¹	0.73 ³	0.36 ⁵
ADL	8.83 ²	59.5 ⁴	25.65 ²
แคลเซียม	8.84 ²	41.6 ⁴	17.91 ²
ฟอสฟอรัส	4.64 ²	10.0 ⁴	3.09 ²

ที่มา: ¹ อุทัย (2529); และ อุทัย (2537)

² พีรพจน์ และ กฤตพล (2546)

³ นรินทร์ (2520)

⁴ Granum และคณะ (2546)

⁵ ผลจากการวิเคราะห์ที่ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม อ้างโดย สมิตและคณะ (2546)

ตารางที่ 3 แร่ธาตุและวิตามินในมันเส้นและไบมันลำปะหลัง

แร่ธาตุ ¹ /วิตามิน ²	มันเส้น	ไบมันลำปะหลัง
แมกนีเซียม (%)	1.10 ¹	-
ทองแดง (%)	-	8.0 ¹
เหล็ก (%)	65 ²	450 ¹
แมงกานีส (%)	18.0 ¹	46.0 ⁵
สังกะสี (%)	-	28.0 ⁴
วิตามินเอ (ไอ.ยู.)	550 ³	200,000 ⁵
ไรโบฟลาวิน (มก.)	0.55 ⁴	3.4 ⁴
ไนอาซีน (มก.)	1.0 ⁴	1.5 ⁶
ไนอาซีน (มก.)	2.2 ¹	21.9 ⁶
วิตามินซี (ไอ.ยู.)	182.5 ⁴	1,160 ⁶

ที่มา: ¹ Chadha (1961)

² Barrios and Bressani (1967)

³ Devendra (1977)

⁴ Hutagalung *et al.* (1974)

⁵ Müller *et al.* (1975)

⁶ Montaldo and Montilla (1977)

ตารางที่ 4 กรดอะมิโนในมันเส้นและไบมันสำปะหลัง

กรดอะมิโน	มันเส้น ¹ (%)	ไบมันสำปะหลัง ² (%)
ไลซีน	0.09	6.77
เมทไธโอนีน	0.03	1.67
ทริปโตเฟน	0.02	1.77
ทรีโอนีน	0.07	4.83
ไอโซลิวซีน	0.07	4.93
อาร์จินีน	0.12	5.70
ลิวซีน	0.12	8.87
ฮิสติดีน	0.03	2.40
วาเลีน	0.09	5.66
ไกลซีน	0.08	-
ฟีนิลอะลานีน	-	5.68

ที่มา: ¹ อุทัย (2529); และ อุทัย (2537)

² Roger and Milner (1963)

การใช้ไบมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การใช้ไบมันสำปะหลังในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้มีการทำการทดลองมาเป็นเวลานานแล้วโดยนักวิจัยหลายท่าน และให้ผลที่ดีต่อสมรรถภาพของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งการทดลองใช้ไบมันสำปะหลังในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องต่าง ๆ มีดังนี้

เมธา และคณะ (2532) ได้ทำการทดลองเลี้ยงกระบือในฤดูแล้งโดยการเสริมไบมันสำปะหลังแห้ง 300 กรัม/ตัว/วัน เป็นระยะเวลา 2 และ 4 เดือน เทียบกับการเลี้ยงแบบปกติและการเสริมกากฟางหมักยูเรีย (5 เปอร์เซ็นต์ยูเรียโดยน้ำหนัก) 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน นาน 2 และ 4 เดือน ซึ่งให้ผลว่า กระบือกลุ่มที่ได้รับการเสริมไบมันสำปะหลังแห้งและฟางหมักยูเรียจะมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักตัวน้อยกว่ากลุ่มที่เลี้ยงแบบปกติ แต่จากการเสริมไบมันสำปะหลังแห้งและฟางหมักยูเรียนาน 4 เดือน จะทำให้สัตว์มีน้ำหนักตัวดีและสม่ำเสมอว่าการเสริมเพียง 2 เดือน

นอกจากนี้กระป๋องยังทำงานได้ดีกว่า ไม่เหนียวง่าย และมีลักษณะร่างกายสมบูรณ์แข็งแรง ตลอดจนเมื่อนำกระป๋องไปจำหน่ายก็มีราคาสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงแบบปกติ

สราวุธ และคณะ (2545) ทำการทดลองโดยใช้มันสำปะหลังตากแห้งทั้งต้น (ส่วนของใบมันสำปะหลังรวมกับลำต้น) เป็นแหล่งของโปรตีนในอาหารก่อนคุณภาพสูงเสริมในโคนมต่อสมรรถภาพการให้นม เทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมอาหารก่อนคุณภาพสูงและกลุ่มที่เสริมอาหารก่อนคุณภาพสูงแต่ไม่เสริมใบมันสำปะหลัง โดยโคนมจะได้รับอาหารขึ้นต่อปริมาณน้ำนมเป็น 1 ต่อ 2 และได้รับฟางหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารหยาบที่จะให้กินแบบเต็มที่ (*ad libitum*) จากผลการทดลองพบว่า ความเป็นกรด – ด่าง (6.59, 6.64, และ 6.50) ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (9.1, 8.0, และ 8.6 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) และประชากรจุลินทรีย์จากของเหลวในกระเพาะหมัก มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ ปริมาณการกินได้ทั้งหมด (11.1, 9.2 และ 10.1 กิโลกรัม/วัน) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ (53.4, 48.4, และ 51.1 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณน้ำนม (9.36, 7.58, และ 8.85 กิโลกรัม/วัน) ในกลุ่มที่เสริมอาหารก่อนคุณภาพสูงร่วมกับใบมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ส่วนปริมาณน้ำนมปรับระดับไขมันที่ 3.5 เปอร์เซ็นต์ (9.94, 7.66, และ 8.43 กิโลกรัม/วัน) ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมัน (4.08, 3.39, และ 3.53 เปอร์เซ็นต์) เปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำนม (13.09, 12.11, และ 12.03 เปอร์เซ็นต์) และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในกลุ่มที่เสริมอาหารก่อนคุณภาพสูงร่วมกับใบมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

Granum *et al.*, (2546) ทดลองเสริมใบมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม/ตัว/วัน ในกระป๋องปลักและโคเนื้อที่ปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าเป็นเวลา 6 สัปดาห์ เทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมใบมันสำปะหลัง พบว่า ประสิทธิภาพการใช้อาหารทั้งในกระป๋องปลักและโคเนื้อได้แก่ วัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีน พลังงานที่กินได้ ความสามารถในการย่อยได้ และระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ในกลุ่มที่เสริมใบมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ ยังสามารถรักษาน้ำหนักตัวได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และมีผลต่อสุขภาพของสัตว์ในการช่วยลดจำนวนไขพยาธิในระบบทางเดินอาหารของกระป๋องและโคเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนผลการตอบสนองต่อการเสริมใบมันสำปะหลังต่อปริมาณการกินได้ และความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ และโปรตีน รวมทั้งปริมาณการกินได้ของพลังงานพบว่า กระป๋องปลักมีแนวโน้มสูงกว่าโคเนื้อ นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนไขพยาธิในกระป๋องปลักมีแนวโน้มสูงกว่าโคเนื้อ โดยมีค่าเท่ากับ 57.6 และ 45.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการเสริมใบมัน

ลำปะหลังในโคเนื้อีมีผลต่อการรักษาน้ำหนักร่างกายได้ดีกว่ากระบือปลัก แต่ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างความสัมพันธ์ของชนิดสัตว์และกลุ่มอาหารทดลอง

ศิวพร และคณะ (2546) ทดลองใช้ใบมันสำปะหลังในสูตรอาหารชั้น 0, 20, 40, และ 60 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงโคเนื้อ โดยโคจะได้รับอาหารชั้น 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวและฟางหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์กินแบบเต็มที่เป็นอาหารหยาบพบว่า ระดับของใบมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารไม่มีผลกระทบต่อ ค่าความเป็นกรด – ด่างในกระเพาะหมัก (6.5, 6.5, 6.6, และ 6.6) แต่ในส่วนของปริมาณการกินได้ (8.3, 9.1, 8.7, และ 9.4 กิโลกรัม/วัน) ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (29.2, 25.0, 16.2, และ 12.8 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) และยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือด (16.8, 16.1, 12.4, และ 13.9 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ระดับของใบมันสำปะหลังในสูตรอาหารที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเพิ่มจำนวนประชากรจุลินทรีย์เชื้อรา (2.3, 4.0, 3.4, และ 3.4×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร) และทำให้ประชากรโปรโตซัวลดลง (5.2, 5.1, 3.6, และ 2.9×10^5 เซลล์/ มิลลิลิตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ประชากรแบคทีเรียจะมีความผันแปรค่อนข้างมากและมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) (2.7, 4.0, 2.3, และ 2.8×10^{10} เซลล์/มิลลิลิตร)

Chanjula *et al.* (2003) ศึกษาการเสริมใบมันสำปะหลัง (0, 25, 50, และ 100 เปอร์เซ็นต์) ร่วมกับฟางหมักยูเรียต่อนิวตริตวิทยา และความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะในกระบือปลักพบว่า การเสริมใบมันสำปะหลังทำให้ความเป็นกรด – ด่าง ภายในกระเพาะหมักสูงขึ้น (6.7, 6.6, 6.8, และ 6.9) และมีอุณหภูมิคงที่ ($38 - 39^{\circ}\text{C}$) ตลอดจนทำให้ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (12.9, 15.3, 16.2, 17.7 มิลลิกรัม/เดซิลิตร) และยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือด (14.6, 15.3, 18.1, และ 21.3 มิลลิกรัม/เดซิลิตร) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังทำให้ประชากรแบคทีเรียเชลลูโลไลติก ($5.3, 6.5, 7.8$, และ 7.2×10^7 เซลล์/กรัม) และโปรติโอไลติก ($6.2, 6.5, 7.6$, และ 6.8×10^6 เซลล์/กรัม) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ประชากรโปรโตซัวลดลง ($6.2, 4.4, 2.7$, และ 2.1×10^5 เซลล์/กรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุดิบ (56.2, 57.1, 57.4, และ 65.7 เปอร์เซ็นต์) อินทรีย์วัตถุ (61.7, 61.4, 61.0, 67.3 เปอร์เซ็นต์) และโปรตีน (46.4, 50.9, 58.5, และ 71.4 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้จะเพิ่มตามการเสริมใบมันสำปะหลัง

ลีทิสต์คัต และ เมธา (2549) ใช้ไขมันสำปะหลังเสริมในอาหารก่อนคุณภาพสูง เทียบกับการใช้อาหารก่อนคุณภาพสูงที่ไม่เสริมไขมันสำปะหลังร่วมกับการฉีดยาถ่ายพยาธิ (ไอโวนีกซ์) ในลูกโคนมอายุ 1 ปี ที่ปล่อยเลี้ยงและเล็มในแปลงหญ้าซึ่งเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในส่วนของอินทรีย์วัตถุ (73.2 และ 63.4 เปอร์เซ็นต์) และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (0.45 และ 0.41 กิโลกรัม/วัน) ของสัตว์ทดลองมีค่าสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารก่อนที่ไม่เสริมไขมันสำปะหลัง ตลอดจนจำนวนไขพยาธิในมูลของสัตว์ทดลองมีแนวโน้มลดลง 63.2 และ 27.6 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารก่อนที่ไม่เสริมไขมันสำปะหลังและอาหารก่อนที่เสริมไขมันสำปะหลังตามลำดับ จากการทดลองนี้สรุปว่า ไขมันสำปะหลังสามารถใช้ประโยชน์เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ และยังมีคุณสมบัติในการใช้ควบคุมพยาธิในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้

Khang and Wiktorsson (2000) ใช้ไขมันสำปะหลังผสมในอาหารชั้นในระดับต่าง ๆ (0, 500, 1000, และ 1500 กรัม/วัน) เลี้ยงโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองเวียดนาม โดยใช้ฟางข้าวหมักยูเรียกินเต็มที่ (*ad libitum*) เป็นอาหารหยาบร่วมกับการให้มันเส้น 1 กิโลกรัม/วันพบว่า การกินวัตถุแห้งทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของไขมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น (4.30, 4.61, 5.57, และ 6.04 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/วัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) ตลอดจนความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจนก็จะเพิ่มขึ้นหลังจากการกินอาหาร 2 ชั่วโมง (7.93, 7.58, 8.22, และ 11.45 ไปเป็น 15.5, 12.6, 17.3, และ 24.7 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 0 และ 2 ชั่วโมงหลังอาหาร ตามลำดับ) ส่วนจำนวนของโปรโตซัว (2.97, 3.10, 4.72, และ 4.63×10^6 ไปเป็น 1.71, 2.15, 3.82, และ 4.36×10^6 ที่ 0 และ 2 ชั่วโมงหลังอาหาร ตามลำดับ) และแบคทีเรีย (1.09, 1.38, 1.75, และ 1.70×10^9 ไปเป็น 0.99, 1.00, 1.22, และ 1.20×10^9 ที่ 0 และ 2 ชั่วโมงหลังอาหาร ตามลำดับ) ในกระเพาะหมักจะลดลง เมื่อระดับของไขมันสำปะหลังในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ในส่วนของการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุของไขมันสำปะหลังในกระเพาะหมัก (*in sacco*) พบว่า อินทรีย์วัตถุหายไปสูงถึง 75 เปอร์เซ็นต์หลังจากย่อยในกระเพาะหมักนาน 24 ชั่วโมง และจะทำให้แนวโน้มในการสลายตัวของฟางข้าวในกระเพาะหมัก (*in sacco*) เพิ่มขึ้นเมื่อเสริมด้วยไขมันสำปะหลัง

Khang and Wiktorsson (2004) ได้ศึกษาระดับของการใช้โปรตีนจากไขมันสำปะหลังสดที่ 0, 50, 100, และ 150 กรัมโปรตีนหยาบ/น้ำหนักตัว 100 กิโลกรัม ในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองเวียดนามที่ได้รับฟางสดหมักยูเรียกินแบบเต็มที่ (*ad libitum*) ร่วมกับมันเส้น 1 กิโลกรัม/วันเป็นอาหารพื้นฐานพบว่า ระดับของการเสริมไขมันสำปะหลังสดที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้การกินได้ของวัตถุแห้งลดลง (2.66, 2.42, 2.23, และ 2.05 กิโลกรัมของวัตถุแห้ง/น้ำหนักตัว 100 กิโลกรัม/วัน) อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($P < 0.001$) ในขณะที่จะเพิ่มความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (81.30, 86.98, 86.78, และ 92.20 มิลลิโมล/ลิตร) และความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (11.02, 12.47, 15.56, และ 14.98 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) ในกระเพาะหมักของโคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) แต่จะทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างลดลง (7.01, 6.84, 6.76, และ 6.75) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนประชากรของโปรโตซัวในกระเพาะหมักจะลดลง (1.01, 0.60, 0.53, และ 0.49×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) เมื่อการเสริมใบมันสำปะหลังสดเพิ่มขึ้น แต่ประชากรของแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้น (1.10, 1.37, 1.38, และ 1.50×10^9 เซลล์/มิลลิลิตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตลอดจนการเพิ่มใบมันสำปะหลังสดมีผลทำให้ระดับความเข้มข้นของ triiodothyronine และ thyroxine ในเลือดของโคลดลง (1.36, 0.94, 0.91, 0.80 และ 60.9, 48.7, 45.2, 42.5 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$)

การใช้กากมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การใช้กากมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ได้มีการศึกษาถึงการใช้อย่างไรได้ในรูปแบบต่าง ๆ จนกระทั่งการทดลองเพื่อใช้ประโยชน์ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องดังนี้

ผกาพรรณ และ ปรีชา (2545ก) ใช้อาหารทดลอง 4 สูตรคือ อาหารผสมสำเร็จ (TMR) ให้กินเต็มที่ และหญ้า 5 กิโลกรัม/ตัว/วัน (อาหารสูตร 1); หญ้าขนตัดสดและกากแป้งมันหมัก (อาหารหลัก) ให้กินเต็มที่และกากเนื้อในปาล์ม 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน (อาหารสูตร 2); อาหารหลักให้กินเต็มที่และเมล็ดทานตะวัน 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน (อาหารสูตร 3); อาหารหลักให้กินเต็มที่และใบกระถิน 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน (อาหารสูตร 4) ทำการทดลองในโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสนพบว่า โคกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร 1 และกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร 4 จะมีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างใกล้เคียงกันคือ 354 และ 343 กรัม/วัน และจะมากกว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร 2 และอาหารสูตร 3 ที่จะเพิ่มน้ำหนักตัวได้ 262 และ 266 กรัม/วัน แต่อัตราการเจริญเติบโตของโคที่ได้รับอาหารทั้ง 4 กลุ่มนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของการทดลองในโคลูกผสมบราห์มันจะพบว่า โคกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร 1 จะมีน้ำหนักตัวต่อวันเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร 2, 4, และ 3 (674, 357, 332, และ 277 กรัม/วัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเมื่อนำอาหารสูตรที่ 2, 3, และ 4 มาเลี้ยงกระบือจะพบว่า กระบือกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร 4 จะมีแนวโน้มการเจริญเติบโตที่ดีกว่าอาหารสูตรที่ 2 และ 3 ที่จะเพิ่มน้ำหนักเพิ่มต่อวัน 622, 497, และ 354 กรัม ตามลำดับ จากการทดลองนี้สรุปว่า กากมันสำปะหลังหมักที่เสริมด้วยใบกระถินสามารถใช้ทดแทน

อาหารผสมสำเร็จ (TMR) ในการเลี้ยงโคพันธุ์กำแพงแสน โคเนื้อลูกผสมพันธุ์บราห์มัน และกระบือได้ โดยไม่มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตของสัตว์ด้อยลง อีกทั้งการใช้กากแป้งมันหมักด้วยใบกระถิน จะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน และกระบือให้ต่ำกว่าการใช้อาหารผสมสำเร็จ (TMR) ส่วนกากแป้งมันสำปะหลังก็มีแนวโน้มในการใช้เป็นอาหารเสริมพลังงานสำหรับโคเนื้อและกระบือได้ดี

ผกาพรรณ และ ปรีชา (2545ข) ได้ทำการทดลองเลี้ยงกระบือปลักแบบปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าธรรมชาติที่สภาพแปลงหญ้าไม่สมบูรณ์ และเสริมด้วยอาหาร 2 สูตรคือ กากแป้งมันให้กินเต็มที่ และกากแป้งมันหมักให้กินเต็มที่ร่วมกับกากเนื้อในปาล์ม 0.2 กิโลกรัม/ตัว/วัน ซึ่งพบว่ากระบือกลุ่มที่เสริมอาหารกากเนื้อในปาล์มร่วมกับกากแป้งมันจะมีน้ำหนักเพิ่มมากกว่ากระบือกลุ่มที่เสริมกากแป้งมันอย่างเดียว (25.22 เทียบกับ 19.02 กิโลกรัม) อีกทั้งอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของกระบือกลุ่มที่เสริมอาหารกากเนื้อในปาล์มร่วมกับกากแป้งมันจะมากกว่ากระบือกลุ่มที่เสริมกากแป้งมันอย่างเดียว (274 เทียบกับ 207 กรัม/วัน) แต่ความแตกต่างเหล่านี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สมิต และคณะ (2546) ได้ทำการทดลองเลี้ยงโคลูกผสมพันธุ์พื้นเมือง – บราห์มันที่ใช้กากแป้งมันสำปะหลังในสูตรอาหาร 0, 10, 20, และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอาหารสูตรสมบูรณ์เป็นอาหารควบคุม (กากแป้งมันสำปะหลัง 0 เปอร์เซ็นต์) พบว่า การใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 10, 20, และ 30 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ปริมาณการกินอาหารของโคต่อตัวตลอดการทดลองเท่ากับ 782.30 ± 34.08 , 762 ± 34.41 , 763.68 ± 33.97 , และ 788.53 ± 35.32 กิโลกรัม ตามลำดับ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัวเท่ากับ 53.04 ± 6.33 , 65.65 ± 6.39 , 70.58 ± 6.31 , และ 71.49 ± 6.56 กิโลกรัม/ตัวตามลำดับ และอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 438.35 ± 52.35 , 542.55 ± 52.85 , 583.27 ± 52.17 , และ 590.79 ± 54.25 กรัม/ตัว/วัน จากผลการทดลองที่ได้เหล่านี้มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า กากมันสำปะหลังสามารถใช้ในสูตรอาหารได้เต็มที่ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตของโคแตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลังแต่ประการใด

พิรพจน์ และ กฤตพล (2546) วิเคราะห์การใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังโดยทำการวิเคราะห์ค่าความสามารถย่อยได้ของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter digestibility; IVDMD) ของกากมันสำปะหลังสด และกากมันสำปะหลังยังไม่รีดน้ำออกในของเหลวในกระเพาะหมักของกระบือปลักที่เลี้ยงปล่อยแทะเล็มตามธรรมชาติเป็น 87.32 และ 94.03 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

และค่าความสามารถการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (*in vitro* organic matter digestibility; IVOMD) ของอาหารดังกล่าวในของเหลวในกระเพาะหมักของกระบือปลักเป็น 94.39 และ 94.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ตลอดจนการศึกษาจลศาสตร์การผลิตแก๊สพบว่า ปริมาณแก๊สสะสมที่เวลา 48 ชั่วโมง ของอาหารดังกล่าวเป็น 144.63 และ 149.34 มิลลิลิตร และที่ 90 ชั่วโมงเป็น 152.22 และ 157.34 มิลลิลิตร ซึ่งพบว่าสูงกว่ามันเส้นที่ใช้เปรียบเทียบในการทดลอง (134.63 และ 142.38 มิลลิลิตร ที่ 48 และ 90 ชั่วโมง ตามลำดับ)

พิรพจน์ และคณะ (2547) ได้ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาและจลศาสตร์การย่อยในหลอดทดลอง โดยวิธี *In vitro* gas production technique ของอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหาร หนาม และมีสัดส่วนการทดแทนมันเส้นด้วยกากมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 25, 50, 75, และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นปัจจัยการทดลองพบว่า ค่าผลผลิตและรูปแบบจลศาสตร์การผลิตแก๊ส ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้เฉลี่ย ณ เวลา 0 – 9 ชั่วโมงของการหมักบ่ม และความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งหรืออินทรีย์วัตถุในหลอดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และในส่วนของการศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานทดแทนมันเส้นในสูตรอาหาร ขึ้นที่ระดับต่าง ๆ (0, 50, และ 100 เปอร์เซ็นต์) โดยใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหนามให้กินแบบ เต็มที่เลี้ยงโคนมรุ่นลูกผสมพันธุ์ขาวดำพบว่า ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด (115.45, 113.04, และ 107.88 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว^{0.75}) พฤติกรรมการกินอาหารในส่วนของช่วงเวลาในการกินอาหารหนาม (4.48, 4.89, และ 4.60 ชั่วโมง) และช่วงเวลาในการเลียเอื้อง (8.65, 8.45, และ 7.95 ชั่วโมง) ผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการหมักในส่วนของความเป็นกรด – ด่าง (6.93, 6.88, และ 6.93) ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (5.42, 5.76, และ 5.15 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) และความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (87.34, 87.12, และ 86.17 มิลลิโมล) ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (77.37, 77.85, และ 75.05 เปอร์เซ็นต์) และผนังเซลล์ (63.01, 65.57, และ 60.06 เปอร์เซ็นต์) ค่าชีวเคมีในกระแสเลือดในส่วนของยูเรีย – ไนโตรเจน ในเลือด (8.42, 8.25, และ 8.10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) และกลูโคสในเลือด (72.75, 75.45, และ 73.01 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) และอัตราการเจริญเติบโต (1.17, 1.13, และ 0.97 กิโลกรัม/วัน) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลุ่มที่มีกากมันสำปะหลังทดแทนมันเส้น 100 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณการย่อยได้ของเยื่อใยต่ำที่สุด (60.06 เปอร์เซ็นต์)

สารพิษในมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ แต่ทั้งนี้มันสำปะหลังก็มีสารพิษที่สามารถเป็นอันตรายต่อสัตว์ที่กิน โดย Bolhuis (1954); Chadha (1961) และ Johnson and Raymond (1965) กล่าวว่าความเป็นพิษของมันสำปะหลัง เนื่องมาจากสารประกอบจำพวกกลูโคไซด์ (glucosides) ที่มีชื่อว่า ลินามาริน (linamarin) ในเนื้อเยื่อของพืชที่มีปฏิกิริยากับเอนไซม์กลูโคซิเดส (glucosidase) หรือถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรดจะแตกตัวให้กรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid) ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกายรวมทั้งอะซิโตน (acetone) และกลูโคส (glucose) นอกจากนี้ Nartey (1968) และ Bisset *et al.* (1969) พบว่าในมันสำปะหลังยังมีสารประกอบพวก methyl glucoside ที่มีชื่อว่า เมทิลลินามาริน (methyllinamarin) ซึ่งเมื่อถูกไฮโดรไลซ์ภายใต้สภาพเดียวกับ ลินามารินจะแตกตัวให้กรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid) เมทิลเอทิล คีโตน (methyl ethyl ketone) และกลูโคส (glucose) ดังนั้นปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิกจะเป็นตัวบ่งถึงความความเป็นพิษในมันสำปะหลัง ซึ่งจากรายงานของ Chadha (1961); Montgomery (1969); Hutagalung (1972) และ Kay (1973) ที่กล่าวไว้ว่า กรดไฮโดรไซยานิกเมื่ออยู่ในเนื้อเยื่อพืชจะอยู่ในรูปที่รวมตัวกับ น้ำตาลและกลูโคส เป็นสารประกอบที่เรียกว่าไซยาโนจีนิก กลูโคไซด์ (cyanogenetic glucoside) ที่มีชื่อว่าลินามาริน (linamarin) ซึ่งไม่เป็นพิษ แต่เมื่อใดที่เซลล์ของพืชถูกทำลายหรือทำให้แตกออก น้ำย่อย กลูโคซิเดสในเซลล์จะเร่งลินามารินให้แตกตัวเอง (autolysis) โดยรวมตัวกับน้ำได้ กลูโคอะซิไคด์ (glucoacitocide) และกรดไฮโดรไซยานิก ซึ่งกรดนี้เมื่ออยู่ในรูปอิสระจะเป็นพิษต่อร่างกาย

ส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังจะประกอบด้วยสารเคมีที่เป็นพิษคือสารไซยาไนด์ ซึ่งสารนี้ในอัตราความเข้มข้นสูงจะเป็นพิษโดยไปยับยั้งขบวนการหายใจของเซลล์ สารไซยาไนด์จะอยู่ในรูปของกรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid) ที่มีสูตรทางเคมีคือ HCN และกรดไฮโดรไซยานิกนี้เกิดมาจากสารไซยาโนเจนิก ไกลโคไซด์ (cyanogenic glycoside) ในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง 2 ชนิด ได้แก่ สารลินามาริน (linamarin) และสารโลทอสตราลิน (lotoustralin) (เจริญศักดิ์, 2546) โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของลินามาริน ส่วนโลทอสตราลินจะมีประมาณ 2 – 8 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (Butler, 1965; Nartey, 1969; Bisset *et al.*, 1969) แต่เมื่อมีการสับหั่นมันและหั่นมันได้รับความร้อนระหว่างการผึ่งแดด เอนไซม์ลินามาเรส (linamarase) ที่อยู่ในเซลล์ของหัวมันสำปะหลังจะทำการย่อยสลายสารลินามารินได้กรดไฮโดรไซยานิกหรือกรดไซปรัส (prussic acid) กลูโคส และอะซิโตน ซึ่งกรดไฮโดรไซยานิกจะระเหยไปในบรรยากาศ ทำให้ระดับกรดไฮโดรไซยานิกใน

มันสำปะหลังลดต่ำลงจนไม่เป็นอันตรายต่อตัวสัตว์ ซึ่งระดับการเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิก หรือสารพิษไซยาไนด์อยู่ที่ 80 – 100 มก./กิโลกรัม (พีพีเอ็ม) ในอาหารสัตว์เป็นต้นไป (อุทัย, 2546)

นอกจากนี้ Hutagalung (1972) และ Kay (1973) ได้รายงานว่าจำนวนกรดไฮโดรไซยานิกนี้จะมากขึ้นเมื่อปลูกมันสำปะหลังในที่แห้งแล้ง ดินไม่อุดมสมบูรณ์ และในดินที่ขาดโปแตสเซียมก็มีผลเช่นกัน ส่วน Barrios and Bressani (1967) ศึกษาพบว่า กรดไฮโดรไซยานิกมีอยู่ในใบมากกว่าในหัวมันสำปะหลัง สำหรับในประเทศไทยอมรรตน์ (2517) ได้วิเคราะห์มันเส้นพบว่า มีกรดไฮโดรไซยานิก 20 ppm. ส่วนในใบมันสำปะหลังจิรพรรณ (2518) รายงานว่า มีกรดไฮโดรไซยานิก 113.80 ppm. ใบแห้งมี 26.10 ppm. และใบมันสำปะหลังหมักตากแห้งมี 16.4 ppm. ซึ่งอุทัย (2546) รายงานว่า มันเส้นคุณภาพดีที่ระดับความชื้นไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ จะมีกรดไฮโดรไซยานิกต่ำกว่า 30 ppm. ไม่เคยก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ นอกจากนี้สารพิษไซยาไนด์ในระดับดังกล่าวก็ยังอาจจะมีประโยชน์ต่อร่างกายสัตว์ในทางอ้อม ในการช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันโรคและการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ของสัตว์ เช่น ไข่และน้ำนมด้วย

การลดสารพิษในมันสำปะหลัง

แม้ว่าสารพิษที่มีอยู่ในมันสำปะหลังสามารถเป็นอันตรายกับสัตว์ที่กินได้ แต่สารพิษดังกล่าวข้างต้นก็สามารถกำจัดได้โดยวิธีการต่าง ๆ โดยการลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกนั้นเป็นการหาวิธีที่จะทำลายเอนไซม์ภายในเซลล์ของพืชไม่ให้เกิดการทำงานผลิตกรดไฮโดรไซยานิกในรูปอิสระ หรือหาทางที่จะกำจัดกรดไฮโดรไซยานิกที่มีอยู่เมื่อเซลล์พืชแตกออกมีหลายวิธีตามที่ Coursey (1973) สรุปไว้ดังนี้

1. โดยวิธีธรรมดาได้แก่ การใช้ความร้อนโดยการต้ม การตากแดด และการใช้ลมร้อนโดยการอบ
2. โดยวิธีพิเศษทางเทคนิคได้แก่ การทำลายพืชโดยนำมาต้มในสารละลายหรือแช่ในน้ำ ซึ่งอาจจะเป็นน้ำนิ่ง น้ำไหล หรือน้ำเกลือ ต้มและเปลี่ยนน้ำบ่อยครั้ง และในกรรมวิธีการทำแป้ง นอกจากนั้นยังมีวิธีการหมัก (fermentation) โดยหมักตามธรรมชาติ (spontaneous fermentation) และโดยการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ลงไปก่อนการหมัก

การผลิตมันเส้นโดยการสับหัวมันสดเป็นชิ้นเล็กแล้วตากให้แห้งใช้เวลา 3 – 4 แดด สามารถลดระดับกรดไฮโดรไซยานิกให้ต่ำลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์ Khajareern *et al.*

(1982) พบว่าการตากชั้นมัน 6 แดก จะสามารถลดระดับสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกจาก 111.63 พีพีเอ็ม ลงเหลือ 22.97 พีพีเอ็ม (ตารางที่ 5) และการเก็บชั้นมันเส้นไว้ระยะเวลาหนึ่งสามารถทำให้สารพิษลดระดับลงอีก โดยเมื่อเก็บชั้นมันไว้ 5 วัน จะสามารถลดระดับสารพิษจาก 87.14 พีพีเอ็ม เหลือ 36.25 พีพีเอ็ม (ตารางที่ 6) จึงสรุปได้ว่าการผลิตมันเส้นโดยวิธีการตาก 3 – 6 แดก จนความชื้นของชั้นมันสำปะหลังเหลือไม่เกิน 13% และเก็บชั้นมันไว้อีก 2 – 3 วันก่อนที่จะส่งไปยังโรงงานอาหารสัตว์หรือส่งไปยังผู้ใช้ จะสามารถทำให้สารพิษกรดไฮโดรไซยานิกลดต่ำลงจนอยู่ห่างจากระดับที่เป็นพิษต่อสัตว์มาก ประกอบกับการเก็บไว้ในโรงงานอาหารสัตว์อีกระยะหนึ่งก่อนการใช้ก็ยิ่งจะเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ใช้ ทำให้สามารถใช้มันเส้นได้โดยไม่ต้องเสี่ยงกับความ เป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิกที่มีต่อสัตว์เลี้ยง (อุทัย, 2546)

ตารางที่ 5 ผลของระยะเวลาการตากมันสำปะหลังต่อระดับไซยาไนด์ (HCN) ในมันเส้น

จำนวนวันที่ตาก	ระดับไซยาไนด์ (พีพีเอ็ม)
0	111.83
1	111.96
2	110.96
3	109.96
4	90.72
5	52.22
6	22.97

ที่มา: Khajareern *et al.* (1982)

ตารางที่ 6 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อระดับไซยาไนด์ในมันเส้น

จำนวนวันที่เก็บ	ระดับไซยาไนด์ (พีพีเอ็ม)
0	87.14
1	56.76
2	40.11
3	29.52
4	31.46
5	36.25

ที่มา: Khajarnern *et al.* (1982)

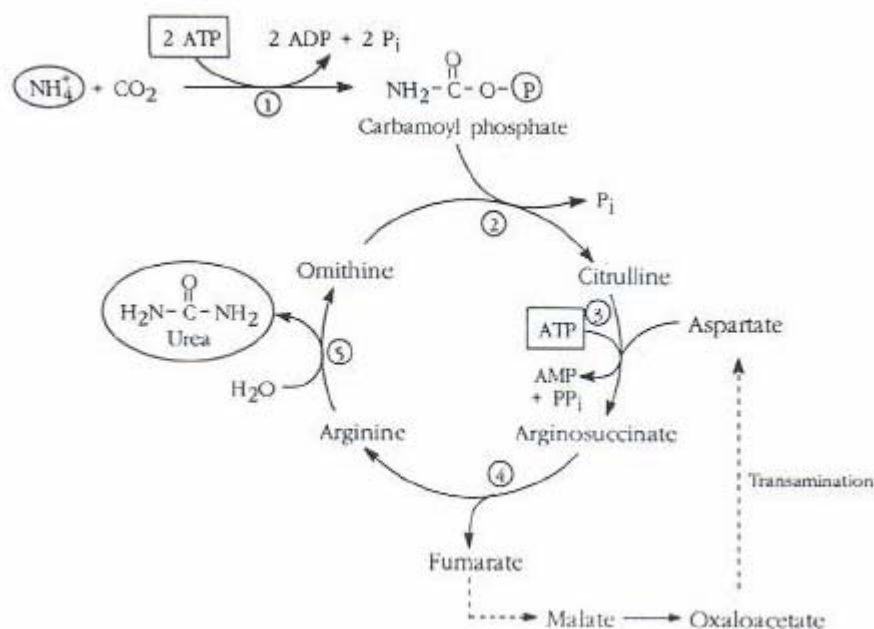
การลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกนิยมทำโดยวิธีตากแห้ง ซึ่งจะนำมันสำปะหลังมาตากแดดเป็นเวลา 1 – 2 วัน ส่วนในใบใช้การอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 – 60 °C ตลอด 24 ชั่วโมง Ross and Enriquez (1969); Lee and Hutagalung (1972); และ Coursey (1973) รายงานว่ากรดไฮโดรไซยานิกสามารถลดลงได้ 90 เปอร์เซ็นต์เมื่ออบที่ 60 °C ความร้อนในระดับนี้จะไปทำลายเอนไซม์และป้องกันไม่ให้เกิดไฮโดรไลซิสของกลูโคไซด์ ส่วนการต้มนั้น Coursey (1973) ได้อ้างรายงานของ Paula and Rangel (1945) ว่าการต้มหัวมันสำปะหลังนาน 10 นาที กรดไฮโดรไซยานิกจะลดลงจาก 39 เป็น 0 ppm. ส่วน Joachim and Panpittesekere (1944) กล่าวว่าพันธุ์และสภาพแวดล้อม (ภูมิอากาศและดิน) เป็นปัจจัยสำคัญต่อปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิกในมันสำปะหลังโดยที่อายุของมันสำปะหลังมีความสำคัญน้อยกว่า การปอกเปลือกและทำให้แห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 72 °C จะทำให้กรดไฮโดรไซยานิกลดลงอย่างมาก การล้างน้ำก่อนทำให้แห้งก็ให้ผลเช่นเดียวกัน และยังกล่าวอีกว่า ในใบมันสำปะหลังอ่อนมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกมากกว่าใบแก่ การเอาใบมันสำปะหลังแช่น้ำเดือด 3 – 15 นาทีจะช่วยลดกรดไฮโดรไซยานิกลงได้ 80 – 95 เปอร์เซ็นต์

อิทธิพลของอาหารต่อตัวแปรทางโภชนาการในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

1. ค่าทางชีววิทยาในเลือด

1.1 ระดับของยูเรีย – ไนโตรเจนในเลือด (Blood urea nitrogen)

ยูเรียในเลือดเป็นผลมาจากการที่หมู่อะมิโนถูกปล่อยออกมาจากกระบวนการดีอะมิเนชัน (deamination) ในรูปของแอมโมเนียมไอออน ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่าง ถ้ามีปริมาณมากจะเป็นอันตรายต่อเซลล์ เพราะทำให้ความเป็นกรด-ด่างของเลือดและน้ำหล่อเลี้ยงเซลล์เปลี่ยนไป (สูงกว่า 7.4) ซึ่งเอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้นร่างกายจึงต้องพยายามกำจัดแอมโมเนียมไอออนออก โดยเปลี่ยนเป็นยูเรียที่ตับ แล้วยูเรียจะถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะ ซึ่งแอมโมเนียที่ถูกดูดซึมจากกระเพาะหมักเข้าสู่กระแสเลือดจะถูกเปลี่ยนให้เป็นยูเรียที่ตับโดยวิธีเดียวกัน ยูเรียที่ถูกสร้างขึ้น ส่วนใหญ่จะถูกขับออกทางปัสสาวะ แต่ก็มีส่วนที่ถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะหมักกลับเข้าสู่กระเพาะหมักใหม่ และบางส่วนจะถูกส่งไปยังต่อมน้ำลาย ซึ่งจะกลับเข้าสู่กระเพาะหมักเช่นเดียวกันเมื่อสัตว์เคี้ยวอาหาร (บุญล้อม, 2546)



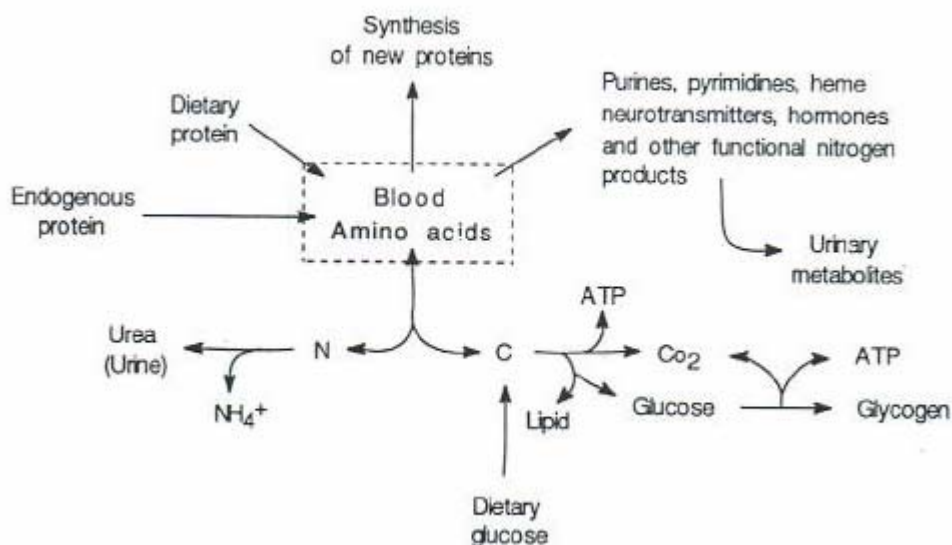
ภาพที่ 3 ภาพแสดงวัฏจักรยูเรีย (Urea cycle)

ที่มา: Conn and Stumpf (1976)

ความสำคัญของยูเรีย – ไนโตรเจนในเลือดมีหลายรายงานที่รายงานถึงความสำคัญมัน โดย Preston *et al.* (1965) รายงานว่า ความเข้มข้นของยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือดจะมีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับการกินโภชนา โปรตีนในอาหารชั้น การกินโปรตีนหรือไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) (Polan *et al.*, 1970; Egan and Kellaway, 1971; Cross *et al.*, 1974; และ Huber *et al.*, 1976) ตลอดจนมีผลต่อระดับการผลิตแอมโมเนียในกระเพาะหมัก โดยระดับของยูเรีย – ไนโตรเจนในเลือดที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 5 – 25 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Lewis, 1975) และแม้ว่าระดับยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือดจะมีความสัมพันธ์ตามการกิน NPN หรือโปรตีน แต่ความเข้มข้นของยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือดที่สูงอาจมาจากการสลายเนื้อเยื่อโปรตีนในร่างกายด้วย เช่น ในช่วงที่การกินอาหารไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพของสัตว์ (Church, 1979)

1.2 ระดับของโปรตีนรวมในเลือด

โปรตีนที่สัตว์กินเข้าไป จะถูกย่อยในกระเพาะแท้และลำไส้เล็กได้เป็นกรดอะมิโน จากนั้นกรดอะมิโนจะถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กเข้าสู่เส้นเลือดดำใหญ่ส่งไปยังตับ (hepatic portal vein) และอาจถูกนำไปสร้างเป็นโปรตีน หรือถูกกำจัดหมู่อะมิโนออก (deamination) แล้วเปลี่ยนเป็นยูเรีย ส่งไปยังไต แล้วขับออกทางปัสสาวะ ในขณะที่เดียวกันโปรตีนในอวัยวะต่าง ๆ จะมีการสลายตัวเป็นกรดอะมิโน ซึ่งอาจถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคส เผาผลาญเป็นพลังงาน หรือถูกนำไปใช้สร้างเป็นกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น โปรตีนในเลือดจะอยู่ในรูปของอัลบูมินและกลอบูลิน นอกจากนี้ยังเป็นองค์ประกอบของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ในกล้ามเนื้อ และไฟบริโนเจน (fibrinogen) ซึ่งเป็นสารที่ช่วยในการแข็งตัวของเลือด โปรตีนเหล่านี้ถูกสังเคราะห์โดยตับ อีกทั้งโปรตีนในเลือดยังอาจอยู่ร่วมกับสารอื่น เช่น ไขมัน และฮอร์โมน เป็น ไลโปโปรตีน (lipoprotein) และ โปรตีนฮอร์โมน (protein hormone) เป็นต้น (บุญล้อม, 2546)

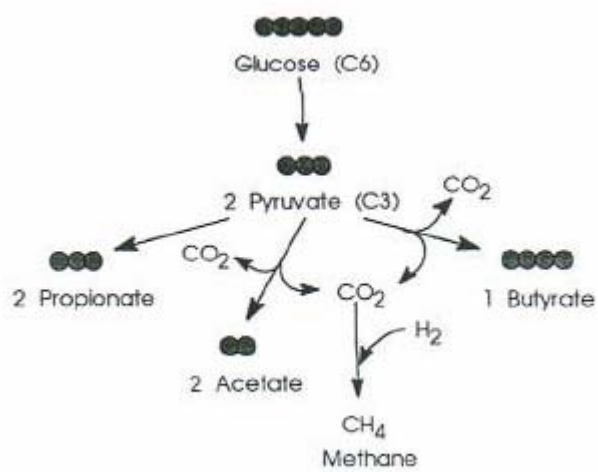


ภาพที่ 4 แหล่งที่มาและที่เปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในกระแสเลือด

ที่มา: Marks *et al.* (1996)

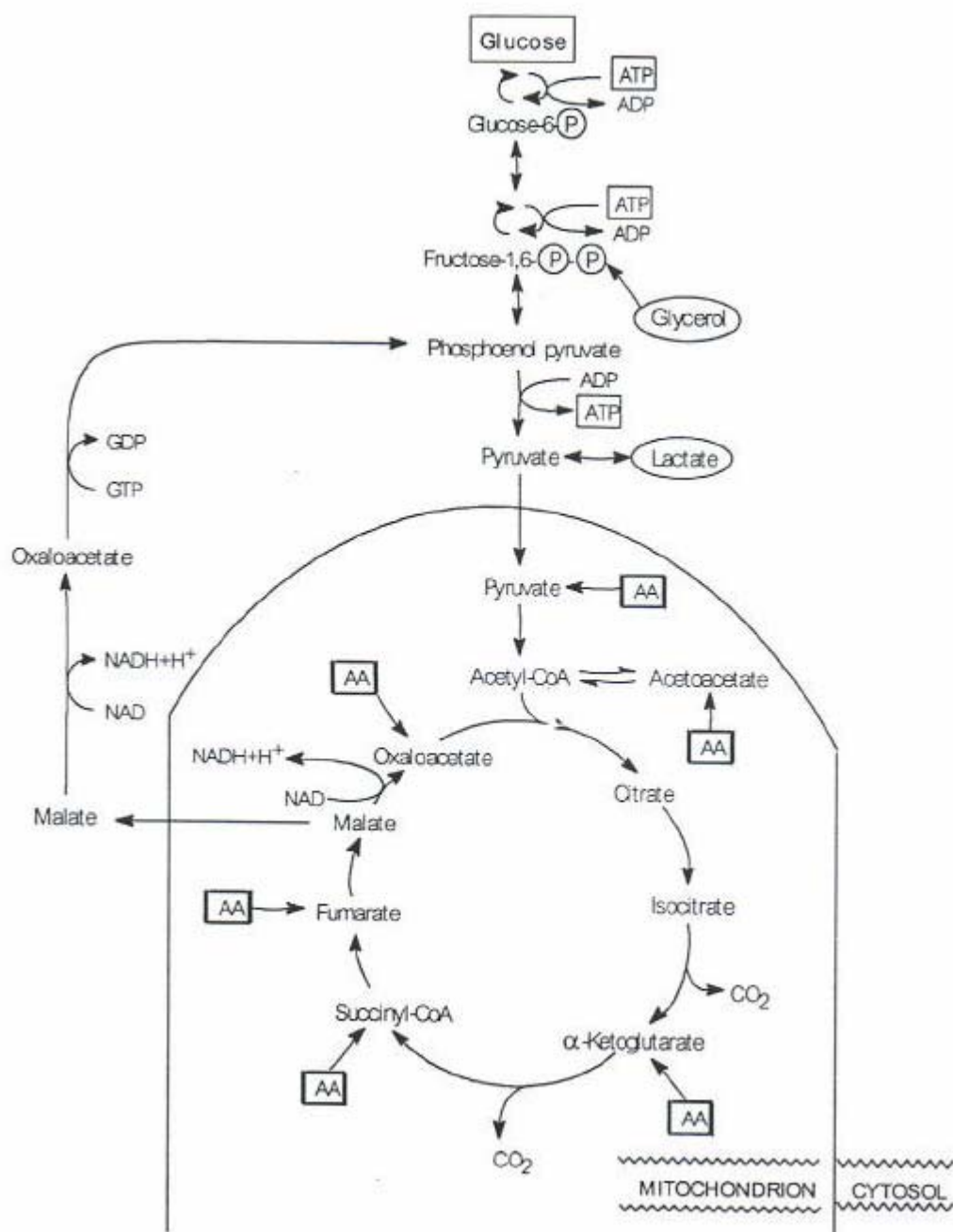
1.3 ระดับของกลูโคสในเลือด

ในสัตว์เคี้ยวเอื้องคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นประเภทโครงสร้างหรือประเภทแป้ง จะถูกย่อยในกระเพาะหมักโดยจุลินทรีย์ได้เป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acids) ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก (acetic, propionic, and butyric acids) โดยกรดไขมันระเหยได้เหล่านี้จะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะหมักเข้าสู่กระแสเลือด (portal system) ไปยังตับเพื่อเปลี่ยนเป็นกลูโคส ซึ่งคาร์โบไฮเดรตในร่างกายมักอยู่ในรูปของกลูโคสในเลือด และไกลโคเจนที่สะสมไว้ในตับและกล้ามเนื้อ ระดับของไกลโคเจนในตับอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามอาหารที่สัตว์กิน ในขณะที่ร่างกายของสัตว์ได้รับกลูโคสมากเกินไป จะมีการเปลี่ยนกลูโคสให้เป็นไกลโคเจนโดยกระบวนการไกลโคเจเนซิส (glycogenesis) ทั้งนี้เพื่อป้องกันการมีกลูโคสในเลือดสูงเกินไป (hyperglycemia) แต่ในขณะที่สัตว์อดอาหาร ร่างกายขาดกลูโคสจะสามารถนำไกลโคเจนมาสลายได้อย่างรวดเร็ว โดยกระบวนการไกลโคไลซิส (glycogenolysis) ดังนั้นระดับของน้ำตาลกลูโคสในเลือดจึงค่อนข้างคงที่ การรักษาระดับกลูโคสในเลือดให้คงที่เป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะกลูโคสเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่ออวัยวะต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมองและเม็ดเลือดแดง (บุญล้อม, 2546)



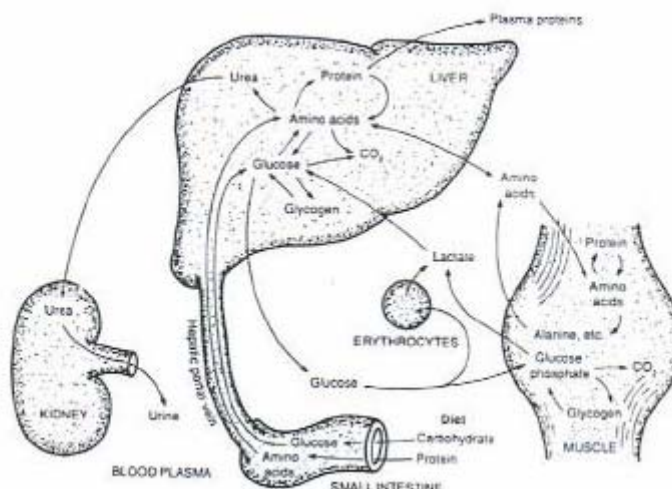
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนกลูโคสเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ อาศัยกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ใน
กระเพาะหมัก

ที่มา: Murray *et al.* (1996)



ภาพที่ 6 การสร้างกลูโคส (Gluconeogenesis)

ที่มา: Murray *et al.* (1996)

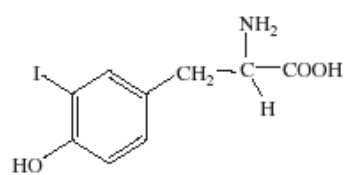


ภาพที่ 7 เมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในอวัยวะต่าง ๆ

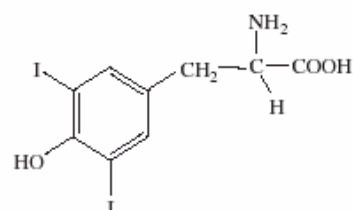
ที่มา: Murray *et al.* (1996)

1.4 ระดับของฮอร์โมน triiodothyronine (T_3) ในเลือด

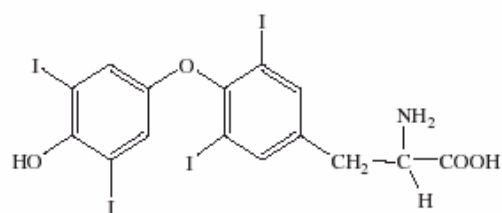
Triiodothyronine (T_3) เป็นฮอร์โมนที่สร้างมาจากไอโอดีน (iodine) ในต่อมไทรอยด์ (thyroid gland) ซึ่งไอโอดีนจะไปจับกับไทโรซีน (thyroxine) ได้เป็น mono – iodothyronine และ di – iodothyronine จากนั้นทั้ง mono – และ di – iodothyronine จะรวมตัวกันเป็น tri – iodothyronine ที่มีไอโอดีนทั้งหมด 3 อะตอมในโมเลกุล โดยฮอร์โมนนี้จะเก็บอยู่ในต่อมไทรอยด์เป็นไตรอโกลบูลิน และถูกปล่อยโดยอิทธิพลการย่อยโปรตีนของ pituitary thyrotrophic hormone (TSH) ก่อนเข้าสู่กระแสเลือด (Havard, 1974) T_3 เป็นฮอร์โมนอิสระและจะจับกับโปรตีนในเลือดในรูปของ thyroxine – binding globulin (TBG), transthyretin (TTR; ที่มักเรียกว่า thyroid – binding prealbumin, TBPA), และอัลบูมิน (Woeber and Ingbar, 1968; Oppenheimer, 1968; Hamada *et al.*, 1970, และ Robbins, 2000) โดยหน้าที่หลักของ T_3 คือ ควบคุมเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในทุกเซลล์ ตลอดจนทำงานร่วมกับ growth hormone และฮอร์โมนพวกสเตอรอยด์ (Metz *et al.*, 1996; Tan *et al.*, 1997) ระดับของ T_3 จะมีผลต่อการควบคุมวงจรการเป็นสัดและพฤติกรรมของสัตว์ การตั้งท้อง การเจริญของตัวอ่อน และการให้นมของสัตว์ (Choksi *et al.*, 2003) ในขณะที่ Baccari *et al.* (1983) รายงานว่า T_3 ในเลือด และอัตราการเจริญเติบโตนั้นจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อกัน



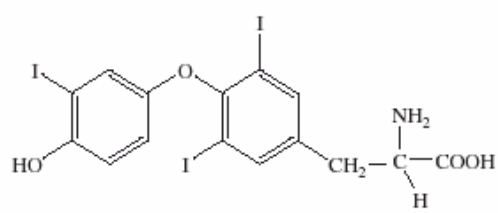
Moniodotyrosine (MIT)



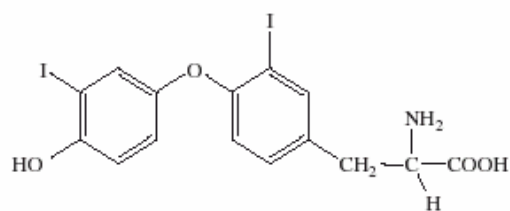
Diiodotyrosine (DIT)



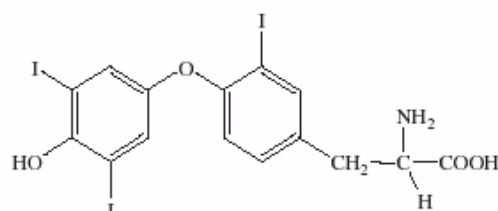
3,5,3',5'-Tetraiodothyronine (L-thyroxine) (T4)



3,5,3'-Triiodothyronine (T3)

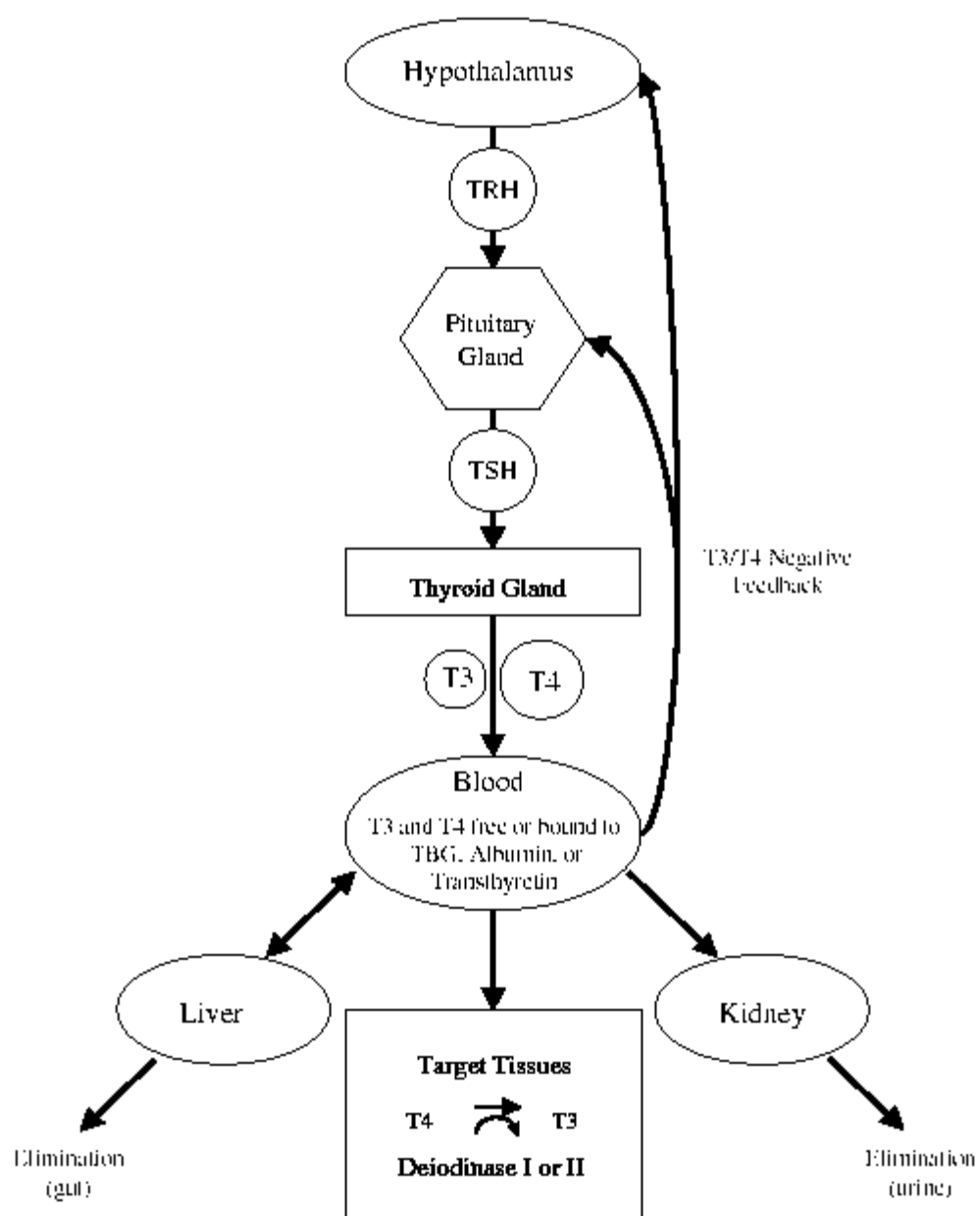


3,3'-Diiodothyronine



3,3',5'-Triiodothyronine (Reverse-T3)

ภาพที่ 8 สูตรโครงสร้างของฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์และสารประกอบที่เกี่ยวข้อง
ที่มา: Choksi *et al.* (2003)



ภาพที่ 9 ภาพระบบของไทรอยด์ฮอร์โมน

ที่มา: Choksi *et al.* (2003)

2. สภาพแวดล้อมในกระเพาะหมัก

2.1 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในกระเพาะหมักเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในสภาพแวดล้อมของการหมัก (Hungate, 1966; Church, 1969, 1976; Clark, 1977a) โดยการเปลี่ยนแปลงจะเกิดตามเวลาหลังจากการกินอาหาร ธรรมชาติของอาหาร และความถี่ในการให้อาหาร ซึ่งแท้จริงแล้วความเป็นกรด – ด่างจะมีผลมาจากจำนวนของกรดที่ผลิตจากจุลินทรีย์ การดูดซึมสารอาหาร และความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ของน้ำลายที่ผลิตออกมา ปกติค่าความเป็นกรด – ด่างจะอยู่ในช่วงประมาณ 5.5 – 7.0 ในสัตว์ที่ได้รับอาหารตามปกติ แต่ถ้าได้รับอาหารจำกัดค่าจะอยู่ในช่วง 4.5 – 7.5 ในการให้อาหาร 1 ครั้งต่อวัน ค่าความเป็นกรด – ด่างต่ำสุดจะเกิดที่ประมาณ 2 – 6 ชั่วโมงหลังจากกินอาหาร ในทางกลับกันก็เป็นช่วงที่มีการผลิตกรดสูงสุด (Dehority, 2003) นอกจากนี้ Van Soest (1982) รายงานว่า ช่วงความเป็นกรด – ด่างที่เหมาะสมของกระเพาะหมักจะอยู่ในช่วง 6 – 7 และ Tucker (2002) รายงานว่า ความเป็นกรด – ด่างในกระเพาะหมักประมาณ 6.1 จะทำให้อาหารย่อยง่ายขึ้นได้ดี สมจิตร์ และคณะ (2550) ได้รายงานค่าความเป็นกรด – ด่างที่มีค่าต่ำหลังจากกินอาหารในตอนเช้าจะเป็นผลมาจากการที่สัตว์กินอาหารขึ้น จากนั้นความเป็นกรด – ด่างจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและจะคงระดับจนกระทั่งถึงเวลาก่อนการให้อาหารในตอนเย็น ซึ่งการที่ความเป็นกรด – ด่างเปลี่ยนแปลงไปในช่วงแคบ ๆ ก็เนื่องจากการถูกกำหนดให้กินอาหารขึ้นในปริมาณจำกัด ในขณะที่การได้รับหญ้าสดหรือหญ้าหมักกินเต็มที่ จะทำให้สัตว์ผลิตน้ำลายออกมาเป็นจำนวนมากในช่วงที่เคี้ยวอาหารและเคี้ยวเอื้อง ทำให้ไปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด – ด่างของของเหลวในกระเพาะหมักให้น้อยลง

Russell and Dombrowski (1980) ได้ศึกษาอิทธิพลของความเป็นกรด – ด่างต่อจำนวนของแบคทีเรียในกระเพาะหมักในการเพาะเชื้อแบบต่อเนื่อง (continuous culture) พบว่า มีการเจริญของเซลล์จะลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด – ด่างต่ำกว่า 5.5 ยกเว้นแบคทีเรียที่ต้านทานต่อกรด *Selenomonas ruminantium* และ *Streptococcus bovis* ที่เจริญเติบโตลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด – ด่างอยู่ที่ประมาณ 6.5 นอกจากนี้ Hiltner and Dehority (1983) ได้พบว่า อัตราการย่อยเซลลูโลสของแบคทีเรีย 3 ชนิดนี้จะเริ่มลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด – ด่างต่ำกว่า 6.3 – 6.4

2.2 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ($\text{NH}_4 - \text{N}$)

สัตว์เคี้ยวเอื้องจะย่อยโปรตีนในกระเพาะหมัก และสลายโปรตีนได้เป็นแอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งแอมโมเนียจะซึมผ่านเนื้อเยื่อจากผนังของกระเพาะหมัก และดูดซึมเข้ากระแสเลือดได้อย่างรวดเร็ว (Mooney and O'Donovan, 1970) ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะหมักมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์กรดอะมิโนหรือจุลินทรีย์โปรตีน (microbial protein) โดยอัตราการสังเคราะห์เซลล์จุลินทรีย์จะสูงสุดเมื่อระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 50 – 80 มิลลิกรัมแอมโมเนีย – ไนโตรเจน/ลิตร (Satter and Styler, 1974) แต่นักวิจัยอีกหลายท่านพบว่า ระดับของแอมโมเนีย – ไนโตรเจนที่เหมาะสมจะผันแปรอยู่ในช่วงต่าง ๆ โดยเทอดชัย (2532) รายงานว่า ระดับที่เหมาะสมของแอมโมเนีย – ไนโตรเจนจะอยู่ที่ 3 – 8 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ และ Graummer *et al.* (1984) ก็พบว่า ระดับของแอมโมเนีย – ไนโตรเจนในช่วง 4.8 – 17.3 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ จะไม่มีผลต่อการสลายตัวของไนโตรเจนและวัตถุแห้งของอาหาร

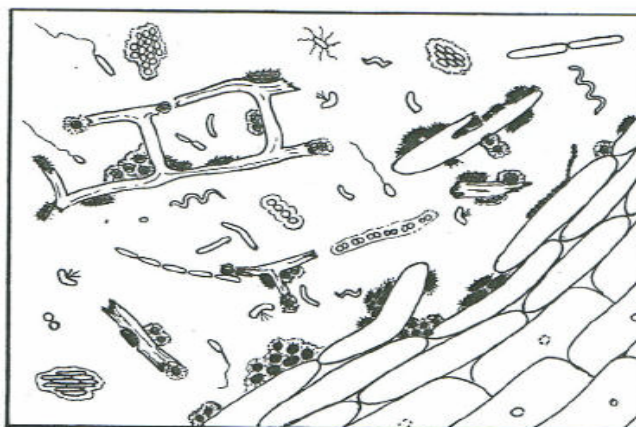
2.3 จุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

กระเพาะหมัก (rumen) ของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนเจริญเติบโตอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งมีความสำคัญในส่วนของการใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบ เนื่องจากน้ำย่อยจากตัวสัตว์ไม่สามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structure carbohydrate) ของพืชได้หรือย่อยได้ต่ำมาก ต้องอาศัยกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ (microbial fermentation) ที่อยู่ภายในกระเพาะหมัก โดยพืชอาหารทั่วไปจะมีการสร้างโครงสร้างของผนังเซลล์ที่มีคุณสมบัติป้องกันการเข้าย่อยของจุลินทรีย์ แต่ในกระเพาะหมัก (rumen) จะมีจุลินทรีย์หลายชนิดที่มีความสามารถเข้าย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในพืชได้ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเป็นพวกแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria), โปรโตซัว (protozoa), และเชื้อรา (fungi) ซึ่งแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเป็นจุลินทรีย์หลักในการทำให้เกิดการหมักของคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในผนังเซลล์ของพืช ในขณะที่การค้นคว้าในปัจจุบันพบว่า เชื้อราที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเป็นตัวการสำคัญในการย่อยดังกล่าว เพราะเชื้อราเป็นจุลินทรีย์ชนิดแรกที่เข้าย่อยผนังเซลล์ของพืช จากนั้นแบคทีเรียจึงเข้าย่อยและเกิดการหมักในระยะต่อมา (Hobson and Stewart, 1997) ซึ่งรายละเอียดของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในกระเพาะหมักจะมีดังนี้

2.3.1 แบคทีเรีย (bacteria)

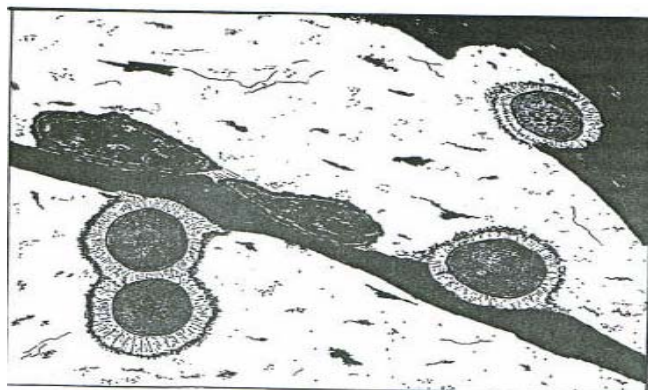
การค้นพบและการทดลองศึกษาถึงบทบาทของแบคทีเรียในการย่อยวัตถุดิบอาหารในกระเพาะหมักได้มีการอธิบายโดย Hungate (1966) มาก่อนหน้านี้นี้ แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่มีปริมาณมากที่สุดในการเพาะหมัก การจำแนกแบคทีเรียสามารถทำได้หลายแบบ เช่น จำแนกตามส่วนต่าง ๆ ในกระเพาะหมักที่แบคทีเรียยึดเกาะอยู่ หรือจำแนกตามการใช้ประโยชน์ของอาหาร หรือผลผลิตที่สังเคราะห์ได้ ซึ่งการจำแนกตามส่วนต่าง ๆ ที่แบคทีเรียยึดเกาะอยู่ โดย Dehority (2003) ได้จำแนกเป็นดังนี้

1. แบคทีเรียที่ลอยอิสระอยู่ในของเหลวจากกระเพาะหมัก (ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของแบคทีเรียในของเหลวจากกระเพาะหมักทั้งหมด)
2. แบคทีเรียที่เกาะอยู่กับอนุภาคของอาหาร (ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของแบคทีเรียในของเหลวจากกระเพาะหมักทั้งหมด)
3. แบคทีเรียที่เกาะอยู่ตามเนื้อเยื่อของกระเพาะหมัก



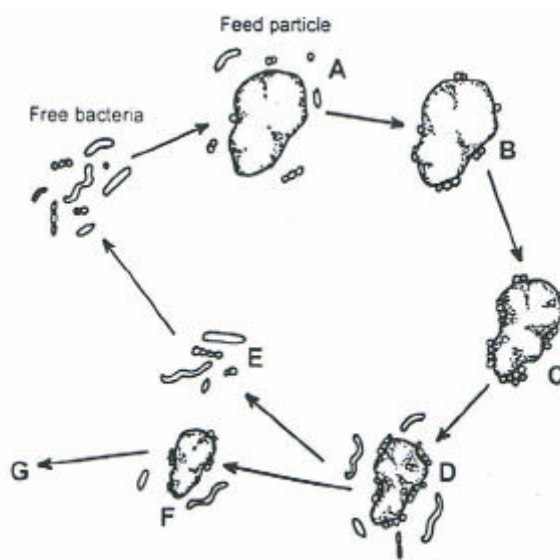
ภาพที่ 10 ภาพแสดงแบคทีเรีย 3 ชนิดคือ (1) แบคทีเรียที่ลอยอิสระในกระเพาะหมัก (2) แบคทีเรียที่เกาะอยู่กับอาหาร และ (3) แบคทีเรียที่เกาะอยู่กับเนื้อเยื่อของกระเพาะหมัก

ที่มา: Dehority (2003)



ภาพที่ 11 ภาพแสดงการเกาะยึดของ *Ruminococcus flavefaciens* (กลุ่ม coccus ที่มีแคปซูลหนา) และ *Fibrobacter succinogenes* (กลุ่ม bacillus ที่มีเพียงแคปซูลบาง ๆ หุ้ม) กับเยื่อใยของพืช โดยส่วนที่มีการย่อยจะคือส่วนที่เซลล์เกาะอยู่
ที่มา: Dehority (2003)

ในขณะที่อนุภาคของอาหารไหลผ่านออกจากกระเพาะหมักอย่างต่อเนื่อง แบคทีเรียบางส่วนจะหลุดจากการเกาะยึดอนุภาคของอาหารที่ถูกย่อยแล้ว ไปเข้าทำการเกาะยึดกับอนุภาคใหม่ ส่วนที่ยังยึดเกาะอยู่กับอนุภาคอาหารจะไหลผ่านไปยังกระเพาะส่วน omasum และ abomasums หลังจากนั้นจะถูกเอนไซม์ในกระเพาะส่วน abomasums ย่อยสลายได้สารอาหารที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นแบคทีเรียที่หลุดจากการเกาะยึดอนุภาคอาหารและแบคทีเรียที่อยู่ในของเหลวจากกระเพาะหมักจะเป็นตัวที่มีบทบาทสำคัญในการขยายพันธุ์และเข้ายึดเกาะอนุภาคอาหารใหม่เพื่อให้มีการย่อยต่อไป โดยทั่วไปแบคทีเรียต้องเข้ายึดเกาะอนุภาคของเยื่อใยก่อนทำการย่อยสลาย แต่ก็มีแบคทีเรียบางชนิดที่สามารถจับเอนไซม์ชนิดพิเศษ (extracellular enzymes) ออกมาย่อยสลายเยื่อใย (McAllister *et al.*, 1994)



ภาพที่ 12 ภาพการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียใน 3 ส่วนภายในกระเพาะหมัก เพื่อเข้าย่อยอนุภาคของอาหาร โดยแบคทีเรียอิสระในส่วนที่ 1 จะเคลื่อนที่เข้าไปในส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ใกล้กับอนุภาคของอาหาร (A) จากนั้นแบคทีเรียจะยึดติดกับอนุภาคของอาหาร และสร้างเป็นส่วนที่ 3 (B) แบคทีเรียที่ติดอยู่นี้จะเริ่มเจริญและย่อยอนุภาคของอาหารร่วมกับการเพิ่มมวลทางชีวภาพในส่วนที่ 3 (C) โดยการปล่อยผลผลิตสุดท้ายหรือ ขับสเตรทที่ละลายได้จากอนุภาคของอาหารเข้ามาติดกับแบคทีเรียอื่นจากส่วนที่ 2 และมวลทางชีวภาพก็จะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (D) เมื่ออนุภาคของอาหารถูกย่อยและขับสเตรทอาจมีจำกัด แบคทีเรียบางตัวก็จะแยกตัวออกไป และจะกลับมาอยู่ในส่วนที่ 1 (E) ในขณะที่แบคทีเรียที่ยังติดแน่นก็จะติดอยู่กับอนุภาคของอาหาร (F) แล้วก็จะผ่านทางเดินอาหารไป (G)

ที่มา: McAllister *et al.* (1994)

การจำแนกตามการใช้ประโยชน์ของอาหารหรือผลผลิตที่สังเคราะห์ได้ตามการจำแนกของ Church (1979) เป็นดังนี้

1. แบคทีเรียที่ย่อยเซลลูโลส (Cellulolytic bacteria)

แบคทีเรียกลุ่มนี้จะใช้เซลลูโลส (cellulose) โดยมีการผลิตเซลลูเลส (cellulase) เข้าย่อยสลายเซลลูโลส นอกจากนี้ยังย่อยเซลโลไบโอส (cellobiose) ที่ประกอบด้วยกลูโคส

2 โมเลกุลได้ แบคทีเรียกลุ่มนี้มีมากที่สุดในกระเพาะหมักของสัตว์ที่ได้รับอาหารหยาบเป็นหลัก แบคทีเรียชนิดที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ *Ruminococcus flavefaciens*, *R. albus*, *Bacteroides succinigenes* ในบางครั้ง *Cillobacterium cellulosovens* และ *Clostridium* spp. ต่าง ๆ ก็มีส่วนช่วยในการย่อยเซลลูโลส โดย Hungate (1966) ได้ทำการแยกเชื้อ *Clostridium lochhaedii* จากกระเพาะหมักของโคที่ได้รับอาหารหยาบผ่านการปรุงแต่งด้วยเกลือ (salt – treated roughages) ก็พบว่า แบคทีเรียชนิดนี้มีการสร้างสปอร์ (ไม่เหมือนกับแบคทีเรียชนิดอื่น) และมีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลสได้ดีกว่าจุลินทรีย์อื่น ๆ หลายเท่า

2. แบคทีเรียที่ย่อยเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulolytic bacteria)

โดยปกติแบคทีเรียที่ย่อยเซลลูโลสได้ก็จะสามารถย่อยเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ได้ แต่แบคทีเรียที่ย่อยเฮมิเซลลูโลสจะไม่สามารถย่อยเซลลูโลสได้ แบคทีเรียที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Lachnospira multiparens* และ *Bacteroides ruminicola* เป็นต้น

3. แบคทีเรียที่ย่อยแป้ง (Amylolytic bacteria)

แบคทีเรียชนิดนี้จะมีเป็นจำนวนมากในกระเพาะหมักของสัตว์ที่ได้รับอาหารข้นที่มีอะไมโลส (amylose) อยู่สูง ชนิดของแบคทีเรียที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ *Bacteriodes amylophilus*, *Succinimonas amylophilus*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Selenomonas ruminantium*, *Streptococcus bovis* และ *Bacteroides ruminicola* เป็นต้น ซึ่งจะเห็นว่าแบคทีเรียกลุ่มที่สามารถย่อยเซลลูโลสหลายสายพันธุ์สามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ แต่แบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยคาร์โบไฮเดรตโดยตรงจะไม่สามารถย่อยเซลลูโลสได้

4. แบคทีเรียที่ใช้กรด (Acid – utilizing bacteria)

แบคทีเรียหลายชนิดสามารถใช้กรดได้ เช่น กรดฟอร์มิก, กรดมาลิก, กรดฟumaric, กรดแลกติก และ กรดซัคซินิก โดยแบคทีเรียจำพวกนี้ได้แก่ *Veillonella gazogenes*,

V. alcalesceus, *Propionibacterian spp.*, *Selenomonas ruminantium*,
Reptostreptococcus elsdenii และ *Selemonas lactilytica* เป็นต้น

5. แบคทีเรียที่ย่อยโปรตีน (Proteolytic bacteria)

แบคทีเรียหลายสายพันธุ์จะใช้กรดอะมิโนเป็นแหล่งของพลังงาน ได้แก่ *Bacteroides amylophilus*, *Clostridium sporogens* และ *Bacillus licheniformis* เป็นต้น

6. แบคทีเรียที่ผลิตแอมโมเนีย (Ammonia – producing bacteria)

แบคทีเรียในกลุ่มนี้ได้แก่ *Bacteroides ruminicola*, *Selenomonas ruminantivu*,
Reptostreptococcus eslsdenii และ *Butyrivibrio spp.*

7. แบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน (Methanogenic bacteria)

แบคทีเรียที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ *Methanobacterium ruminatium* และ *M. formicicum*

8. แบคทีเรียที่ย่อยไขมัน (Lipolytic bacteria)

แบคทีเรียหลายชนิดสามารถใช้กลีเซอรอล (glycerol) ได้ แต่ก็ยังเป็นทราบเป็นที่แน่ชัด
 ว่าสายพันธุ์ใดที่มีความสามารถในการย่อยลิปิด (lipid) ให้เป็นกลีเซอรอลได้

9. แบคทีเรียที่สังเคราะห์วิตามิน (Vitamin – synthesizing bacteria)

ถึงแม้จะทราบว่าแบคทีเรียหลายสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการสังเคราะห์วิตามิน
 บีรวม (vitamin B complex) ได้ แต่การศึกษาก็ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นสายพันธุ์ใด

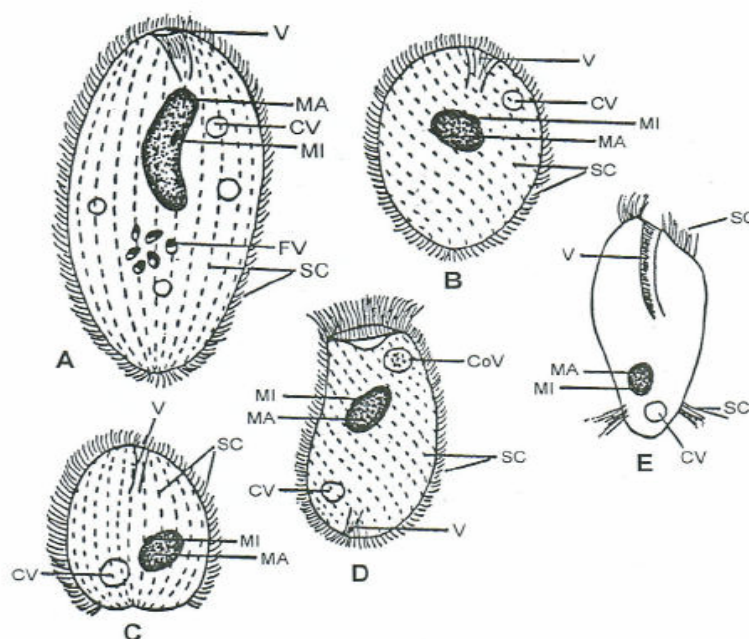
จำนวนของแบคทีเรียในกระเพาะหมักมีผลมาจากหลายปัจจัย เช่น อิทธิพลของอาหาร ระดับของการให้อาหาร ความถี่ในการให้อาหาร และการใช้สารปฏิชีวนะ

อิทธิพลของอาหารไม่ว่าจะเป็นอาหารหยาบหรืออาหารข้น ก็มีผลทำให้จำนวนของแบคทีเรียลดลงอย่างทันทีหลังจากกินอาหาร ซึ่งเป็นผลมาจากอาหารและน้ำที่สัตว์กินเข้าไป จากนั้นจำนวนแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อเข้าย่อยโภชนาที่อยู๋ในกระเพาะหมัก และจะคงที่หรือลดลงเล็กน้อยก่อนการกินอาหารครั้งต่อไป (Dehority, 2003) Bryant and Robinson (1961) รายงานว่า จำนวนของแบคทีเรียในสัตว์ที่กินเมล็ดธัญพืชจะสูงกว่าเมื่อเทียบกับสัตว์ที่กินหญ้าแห้ง แต่ถ้าสัตว์กินอาหารอย่างไม่จำกัด จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในกระเพาะหมักจะเท่า ๆ กันไม่ว่าจะได้รับอาหารข้น, หญ้าสด และหญ้าแห้ง (Puch, 1977) ระดับของการให้อาหารมีผลทำให้จำนวนของแบคทีเรียในกระเพาะเพิ่มขึ้น ซึ่งจากรายงานของ Dearth *et al.* (1974) ที่ทดลองให้อาหาร 1.1 หรือ 1.8 เท่า ของความต้องการพลังงานในการดำรงชีพในแกะพบว่า จำนวนของแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นจาก 92.8×10^8 เซลล์/กรัมของเหลวในกระเพาะหมัก ไปเป็น 115.0×10^8 เซลล์/กรัมของเหลวในกระเพาะหมัก เมื่อกินอาหารที่ 1.8 เท่า ในส่วนของความถี่ในการให้อาหารจะมีผลต่อจำนวนแบคทีเรียเพียงเล็กน้อย ซึ่ง Moir and Somers (1957) พบว่า การให้อาหารจำนวนเท่ากัน 2 หรือ 4 ครั้ง/วัน ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของแบคทีเรียในกระเพาะหมัก แต่จะเพิ่มความเข้มข้นของโปรโตซัว นอกจากนี้รายงานของ Dohority and Tirabasso (2001) พบว่า การให้อาหารจำนวนเท่ากัน 6 หรือ 24 ครั้ง/วัน จะมีผลต่อความเข้มข้นของแบคทีเรียในกระเพาะหมักให้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในการให้อาหาร 24 ครั้ง/วัน และในส่วนของการใช้สารปฏิชีวนะ Olumeyan *et al.* (1986) พบว่า การใช้ซาลิโนมายซินจะทำให้จำนวนแบคทีเรียเพิ่มขึ้น 2 เท่า และมีแบคทีเรียที่ย่อยแป้งเพิ่มขึ้น และ Nagaraja and Taylor (1987) รายงานว่า สารปฏิชีวนะจะยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก ส่วนแบคทีเรียแกรมลบจะมีความต้านทานสูง โดยแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก, กรดบิวทิริก, กรดฟอร์มิก, หรือไฮโดรเจน จะมีการตอบสนองต่อสารปฏิชีวนะ แต่แบคทีเรียที่ผลิตกรดซัคซินิกหรือแบคทีเรียที่หมักแลกเตทจะมีความต้านทานต่อสารปฏิชีวนะ

2.3.2 โปรโตซัว (protozoa)

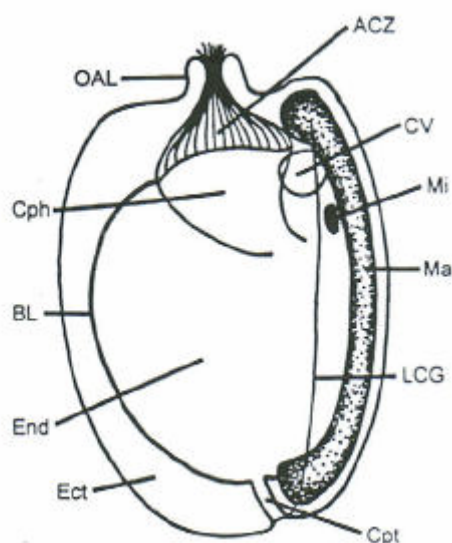
โปรโตซัวถูกพบครั้งแรกโดย Gruby and Delafond ในปี 1843 (Dehority, 2003) การจำแนกโปรโตซัวในกระเพาะหมักจะเป็นไปตามสัณฐานวิทยาของเซลล์ ดังนั้นมันจึงมีขนาดใหญ่พอต่อการกำหนดลักษณะต่าง ๆ ของเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายต่ำ

โดยโปรโตซัว กลุ่มหลักในกระเพาะหมักจะเป็นพวกที่มีซิเลีย (ciliated protozoa) แต่ก็ยังมีอีกกลุ่มคือพวกที่มี แฟลเจลล่า (flagellated protozoa) ที่จะมีจำนวนเพียงเล็กน้อยในสัตว์ที่โตเต็มวัย และมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับพวกที่มีซิเลีย (Eadie, 1962; Hungate, 1966; Warner, 1966; Clark, 1977b) ซึ่งโปรโตซัวพวกที่มีซิเลียสามารถหมักย่อยพืชเพื่อใช้เป็นพลังงาน และสามารถเจริญได้ในอุณหภูมิของกระเพาะหมักที่มีแบคทีเรียเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย (Hungate, 1966) โปรโตซัวในกระเพาะหมักมีอยู่หลายขนาด โดยมีความยาวประมาณ 15 – 250 μm และกว้างประมาณ 10 – 200 μm ซึ่งจุลินทรีย์ชนิดนี้จะยึดติดอยู่กับผิวหนัง มีปาก มีทางเดินอาหาร มีไส้ตรง (rectum) และทวารหนัก (anus) (Kofoid and MacLennan, 1930; 1932, 1933; Hungate, 1978)



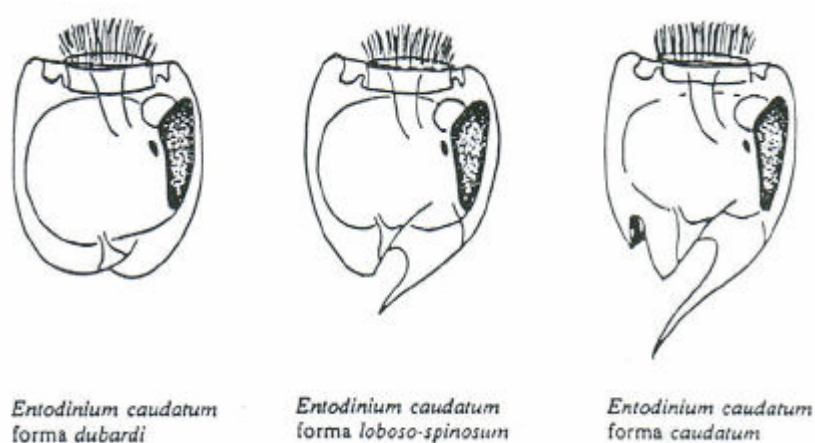
ภาพที่ 13 ภาพของโปรโตซัวพวกที่มีซิเลียในแฟลมมิลี Isotrichidae, Buetschliidae และ Blepharocorythidae ซึ่ง (a) คือ *Isotricha prostoma*; (b) *Dasytricha ruminantium*; (c) *Oligoisotricha bubali*; (d) *Buetschlia parva*; (e) *Charonina ventriculi* โดย (CV) คือ แวคคิวโอลที่ยึดหดได้; (CoV) คือ ก้อนแวคคิวโอล; (FV) คือ แวคคิวโอลจากอาหาร; (Ma) คือ มาโครนิวเคลียส; (Mi) คือ ไมโครนิวเคลียส; (SC) คือ ซิเลียบนร่างกาย; (V) คือ ช่องเปิดลำตัว

ที่มา: Dehority (1993)



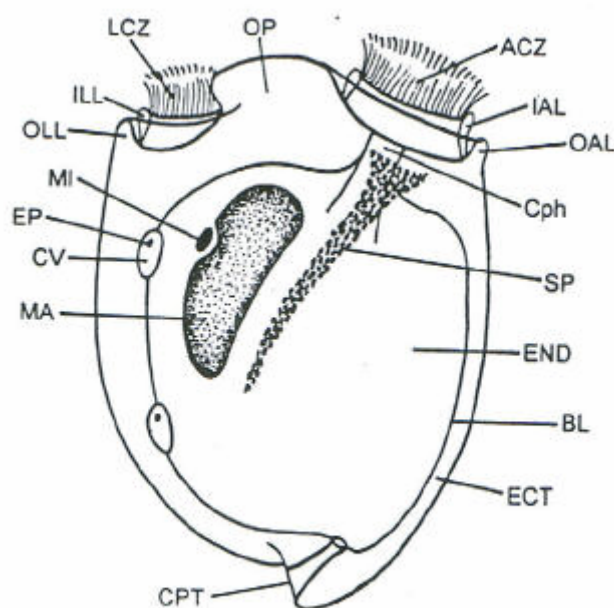
ภาพที่ 14 ภาพของ *Entodinium longinucleatum* โดย (ACZ) คือ ส่วนของซิเลียบนหัว; (BL) คือ ชั้นแบ่งส่วน; (Cph) คือ ไซโตฟาริงซ์ หรือหลอดอาหาร; (Cpt) คือ ไซโตพลอกต์ หรือไส้ตรง; (CV) คือ แวคคิวโอลที่ยึดหดได้; (Ect) คือ เอกโตพลาส; (End) คือ เอนโดพลาส; (LCG) คือ ช่องตัวตามยาว; (Ma) คือ มาโครนิวเคลียส; (Mi) คือ ไมโครนิวเคลียส; (OAL) คือ ส่วนของปากด้านนอก

ที่มา: Dehority (2003)



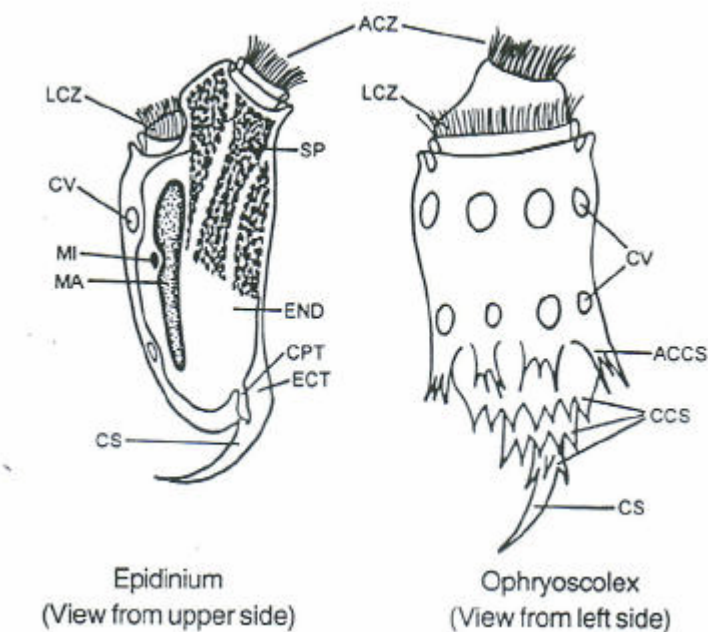
ภาพที่ 15 โปรโตซัวพวก Entodinium ที่มีส่วนของหางในแบบต่าง ๆ

ที่มา: Dehority (1993)



ภาพที่ 16 ภาพของโปรโตซัวพวก *Diploidiinae* โดย (ACZ) คือ ส่วนของซเลียบนหัว; (BL) คือ ชั้นแบ่งส่วน; (Cph) คือ ซเลียฟาริงซ์ หรือหลอดอาหาร; (Cpt) คือ ซเลียฟลอคต์ หรือไส้ตรง; (CV) คือ แวกคิวโอลที่ยึดหดได้; (Ect) คือ เอกโตพลาต; (End) คือ เอนโดพลาต; (EP) คือ ช่องขับถ่าย; (IAL) คือ ส่วนของปากด้านใน; (ILL) คือ ส่วนของปากด้านซ้ายใน; (LCZ) คือ ส่วนของซเลียด้านซ้าย; (Ma) คือ มาโครนิวเคลียส; (Mi) คือ ไมโครนิวเคลียส; (OAL) คือ ส่วนของปากด้านนอก; (OLL) คือ ส่วนของปากด้านซ้ายนอก; (OP) คือ ชั้นหุ้มตัว; (SP) คือ แผ่นโครงลำตัว

ที่มา: Dehority (2003)



ภาพที่ 17 ภาพของโปรโตซัวพวก Ophryoscolecinae โดย (ACCS) คือ เปลือกด้านนอกของหนามที่ส่วนหาง; (ACZ) คือ ส่วนของซิเลียบนหัว; (CCS) คือ เปลือกเพิ่มเติมของหนามที่ส่วนหาง; (CPT) คือ ไฮโดรพลอกต์ หรือไส้ตรง; (CS) คือ หาง; (CV) คือ แวคคิวโอลที่ยึดหดได้; (Ect) คือ เอกโตพลาส; (End) คือ เอนโดพลาส; (LCZ) คือ ส่วนของซิเลียด้านซ้าย; (Ma) คือ มาโครนิวเคลียส; (Mi) คือ ไมโครนิวเคลียส; (SP) คือ แผ่นโครงลำตัว

ที่มา: Dehority (1993)

โปรโตซัวในกระเพาะหมักสามารถพบในแคะและโคที่ได้รับอาหารที่มีเชื้อยีสอยู่สูง (แต่จะมีน้ำตาลที่ละลายได้น้อย) และจะพบเป็นจำนวนน้อยกว่า (น้อยกว่า 100,000 เซลล์/มิลลิลิตร) แต่ถ้าสัตว์ได้รับอาหารจำพวกแป้งหรือน้ำตาลก็จะพบโปรโตซัวในกระเพาะหมักจำนวนมากถึง 4,000,000 เซลล์/มิลลิลิตร ในของเหลวจากกระเพาะหมัก เพราะฉะนั้นชนิดของอาหารที่สัตว์กินจะเป็นตัวกำหนดชนิดและปริมาณของโปรโตซัว โดยความเข้มข้นของโปรโตซัวในกระเพาะหมักของสัตว์เลี้ยงเอื้องชนิดต่าง ๆ จะแสดงอยู่ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความเข้มข้นของโปรโตซัวในกระเพาะหมัก

สัตว์	อาหาร	โปรโตซัว/มล. (x 10 ⁴)
แกะ ¹	หญ้าแห้ง 1500 กรัม	12.4 – 19.5
	หญ้าแห้ง 1500 กรัม ร่วมกับอาหารข้น 600 กรัม	73.7 – 102.4
โค ²	อัลฟัลฟาแห้ง 50% ร่วมกับเสริมบาร์เลย์ 42%	48.8
แกะ ³	อัลฟัลฟาอัดเม็ด 90 กรัมทุก 2 ชั่วโมง	49.8
	อัลฟัลฟาอัดเม็ด 540 กรัม 2 ครั้ง/วัน	23.7
แกะ ⁴	หญ้าแห้ง	20.4 – 41.8
แพะ ⁴	หญ้าแห้ง	53.7
โค ⁵	ฟางข้าวและกากอัลฟัลฟาอัดเม็ดอัตราส่วนเท่ากัน ร่วมกับอาหารข้น 0.5 ส่วน	25.3 - 44.8
แกะ ⁶	ฝักข้าวโพด 45%, กากอัลฟัลฟา 35%, และเสริมด้วย ข้าวโอ๊ต 12.6% (650 กรัม/วัน)	74
แกะ ⁷	อัลฟัลฟา 40%, ข้าวโพด 28%, และเสริมด้วยฝัก ข้าวโพด 25%	85.7
แกะ ⁸	หญ้าแห้ง (800 กรัม/วัน)	40.53
	ข้าวโพด 60% ร่วมกับหญ้าแห้ง 40% (800 กรัม/วัน)	101 – 163
โค ⁹	อาหารต่าง ๆ	63.5
แกะ ⁹	อาหารต่าง ๆ	180.9
ไบนัน ⁹	อาหารต่าง ๆ	174.8

ที่มา: ¹ Nakamura and Kanegasaki (1969); ² Ibrahim *et al.* (1970); ³ Hungate *et al.* (1971);

⁴ Dehority (1975); ⁵ Abe *et al.* (1973); ⁶ Potter and Dehority (1973); ⁷ Dearth *et al.* (1974);

⁸ Grubb and Dehority (1975); ⁹ Towne and Nagaraja (1990)

บทบาทของโปรโตซัวในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เพราะตั้งแต่การค้นพบโปรโตซัวในกระเพาะหมักเป็นครั้งแรกในปี 1843 นักวิจัยหลายท่านก็ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสำคัญและบทบาทของมันในกระเพาะหมัก โดย Nagaraja *et al.* (1992) เสนอว่าโปรโตซัวจะปรับการหมักในกระเพาะหมักให้เป็นปกติในโคที่ได้รับอาหารธัญพืชสูง ตลอดจนจะลดจำนวนของแบคทีเรียลงได้ และ Chaudhary *et al.* (1995) พบว่า การมีโปรโตซัวในกระเพาะหมัก จะลดการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง ทั้งในกระเพาะหมักและในทางเดินอาหารทั้งหมดของกระบือแม่น้ำที่กินฟางข้าวสาลีร่วมกับการเสริมอาหารข้น นอกจากนี้ยังพบบทบาทของโปรโตซัวร่วมกับแบคทีเรียที่ผลิตแก๊สมีเทน ทำให้มีการผลิตแก๊สมีเทนในกระเพาะหมักประมาณ 9 – 25 เปอร์เซ็นต์ (Newbold *et al.*, 1995) และ Ushida and Jouany (1996) พบว่าเมื่อยับยั้งการทำงานร่วมกันระหว่างแบคทีเรียที่สร้างแก๊สมีเทนกับโปรโตซัว จะทำให้การผลิตแก๊สมีเทนต่อวันอยู่ในช่วง 0 – 2 นาโนโมล อีกทั้งยังเพิ่มการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมัก

ตารางที่ 8 ปัจจัยที่สามารถมีผลต่ออิทธิพลของโปรโตชีวพวกที่มีชื่อเสียงต่อบทบาทในกระเพาะหมัก และมีผลต่อโภชนะในสัตว์

ปัจจัย	อิทธิพล
อาหาร ^{1,2,3,4}	- จำนวนของโปรโตชีวจะเพิ่มขึ้นตามระดับของอาหารชั้น - ทั้งความเป็นกรด – ด่างและจำนวนของโปรโตชีวจะลดลงเมื่อระดับของพลังงานสูงมาก - โปรโตชีวจะมีอิทธิพลต่อการหมักแป้งและโปรตีนในกระเพาะหมัก
ความถี่ในการให้อาหาร ^{1,5,6}	- ความเข้มข้นของโปรโตชีวจะคงที่เมื่อปริมาณการกินอาหารเพิ่มขึ้น
ระดับของการกินอาหาร ^{7,8,9}	- จำนวนของโปรโตชีวจะลดลงเมื่อระดับการกินอาหารสูงหรือต่ำมาก
อายุของสัตว์ ^{3,4}	- การเจริญเติบโตของสัตว์จะมีความต้องการโภชนะแตกต่างกัน - จุลินทรีย์นิเวศน์อาจแตกต่างกันในสัตว์ที่อายุน้อยและสัตว์ที่อายุมาก
ชนิดของสัตว์ ^{1,4,10}	- มีความแปรปรวนเกิดขึ้นในความเข้มข้นและสายพันธุ์ของโปรโตชีว
สายพันธุ์และความเข้มข้นของโปรโตชีว ^{11,12,13}	- มีการเปลี่ยนแปลงในทั้งจำนวนของแบคทีเรียและการย่อยได้ในกระเพาะหมัก

ที่มา: ¹Dehority and Orpin (1988); ²Coleman (1980); ³Coleman (1988); ⁴Veira (1986);

⁵Moir and Somers (1956); ⁶Bragg *et al.* (1986); ⁷Warner (1962);

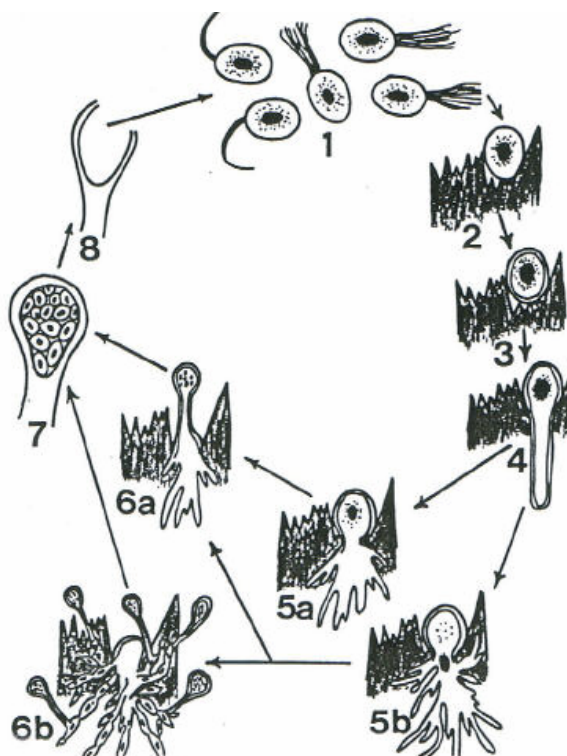
⁸Potter and Dehority (1973); ⁹Dearth *et al.* (1974); ¹⁰Jouany and Sevaud (1979);

¹¹Williams and Coleman (1988); ¹²Fonty *et al.* (1983); ¹³Hobson and Jouany (1988)

2.3.3 เชื้อรา (fungi)

เชื้อราที่ไม่ใช้ออกซิเจนเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักที่เพิ่มแยกเชื้อพบเมื่อไม่นานมานี้ และยังพบว่ามีความเกี่ยวข้องกับการหมักย่อยอาหารในกระเพาะหมัก โดยเชื้อราจะฝังตัวเกาะอยู่ในเยื่อใยของอนุภาคอาหาร และเชื่อว่ามีส่วนในการช่วยย่อยสลายเซลลูโลส ซึ่งเชื่อกันว่ามีการค้นพบในกระเพาะของสัตว์หลายชนิด เช่น โค แพะ แกะ และควาย นอกจากนี้ยังพบในลำไส้ใหญ่ส่วนต้น (caecum) ของม้า ช้าง และจิงโจ้ (Orpin, 1978; Dehority and Varga, 1991; Teunissen *et al.*, 1991) ดังนั้นเชื้อรานี้อาจอาศัยอยู่ในกระเพาะของสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหารทุกชนิด และสามารถมีชีวิตอยู่ได้โดยสภาพไร้ออกซิเจน

เชื้อราจะทำหน้าที่เกี่ยวกับการหมักย่อยอาหารในกระเพาะหมัก ซึ่งเชื้อราจะฝังตัวอยู่ในเยื่อใยของอนุภาคอาหาร และเชื่อว่ามีส่วนช่วยย่อยสลายพวกเซลลูโลส (Hobson and Stewart, 1997) จนกระทั่งแป้ง ไชเลน หรือเฮมิเซลลูโลส (Orpin and Letcher, 1979) ตลอดจนเพคติน (Williams and Orpin, 1987) โดยเชื้อราจะเป็นจุลินทรีย์พวกที่ไม่ใช้ออกซิเจน มีชีวิตอยู่ในรูปที่เคลื่อนที่ได้ (zoospore) และอยู่ในรูปแบบของพืชที่เคลื่อนที่ไม่ได้ (thallus) ซึ่ง zoospore อิสระจะติดอยู่กับ ชิ้นส่วนของพืชโดยวิธีการ chemotaxis ระหว่างคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ (Orpin and Bountiff, 1978) จากนั้น zoospore ที่ติดอยู่กับชิ้นส่วนของพืชจะสร้างถุงหุ้มตัว และจะมีการเจริญของเซลล์ รากหลักในรูปของ rhizoid จะถูกสร้างขึ้นและมีการพัฒนาของถุงหุ้มสปอร์เกิดขึ้น จากนั้นจะมีการแบ่งตัวของนิวเคลียส และ zoospore ก็จะเจริญแล้วถูกปล่อยออกมาจากถุง (Orpin and Joblin, 1988)



ภาพที่ 18 ช่วงชีวิตของเชื้อราในกระเพาะหมักที่ไม่ใช้ออกซิเจน

1. Zoospores (ทั้งชนิดที่มีแฟลกเจลล่าเดียวหรือหลายแฟลกเจลล่า)
2. การเคลื่อนที่ไปยังอนุภาคของพืช และฝังตัว
3. การสร้างถุงหุ้มตัว
4. การเจริญของเซลล์
5. การพัฒนาของรากแบบไรซอยด์
 - ก. แบบภายในเซลล์, ชนิดเซลล์เดียว
 - ข. แบบภายนอกเซลล์ ที่มีการเคลื่อนที่ของนิวเคลียสจากกิ่งไข, ชนิดเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์
6. การพัฒนาของถุงหุ้มสปอร์
 - ก. ถุงหุ้มสปอร์แบบถุงเดียวที่พัฒนาในชนิดเซลล์เดียว
 - ข. แบบหลายเซลล์ที่มีการแบ่งตัวและการเคลื่อนที่ของนิวเคลียสผ่านมายัง rhizomycelium ซึ่งเป็นการพัฒนาถุงหุ้มสปอร์แบบหลายถุง
7. การเจริญของ zoospore
8. การปล่อย zoospore

ที่มา: Dehority (2003)

บทบาทของเชื้อราเหล่านี้มีความสำคัญมาก โดยพบว่า เชื้อราจะเข้าย่อยส่วนของเยื่อใยในอาหารเป็นกลุ่มแรก และย่อยจากส่วนด้านในก่อน ซึ่งเชื้อราจะช่วยลดการจับยึดแน่นของอนุภาคอาหาร เป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบดย่อยอาหารในขณะเดียวกัน การเข้าย่อยสลายของเชื้อราจะทำให้แบคทีเรียเข้ายึดเกาะและย่อยสลายเซลล์พืชได้ง่ายขึ้น ดังนั้นเชื้อราจึงเป็นตัวเริ่มต้นที่สำคัญของการย่อยสลายผนังเซลล์ของพืชที่ย่อยสลายได้ยาก (Preston and Leng, 1987) โดยเชื้อรากลุ่มที่พบในกระเพาะหมักของแกะ ได้แก่ *Neocallimastix frontalis*, *Piramonas communis* และ *Sphaeromonas communis* นอกจากนี้ William *et al.* (1994) ก็ได้พบความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียกับเชื้อราว่า จะมีทั้งการเพิ่มมวลของเชื้อรา และอิทธิพลการสร้างและการยับยั้งระหว่างแบคทีเรียกับเชื้อรา ซึ่งเชื้อราจะให้แบคทีเรียเป็นตัวให้โภชนาที่ที่ต้องการเช่น วิตามินบี, สีม, กรดอะมิโน, ฯลฯ แต่ความสัมพันธ์ระหว่างโปรโตซัวกับเชื้อราก็จะพบว่า โปรโตซัวจะกินไรโซพอดและถุงหุ้มสปอร์ของเชื้อราเป็นอาหาร แต่การกินเชื้อรานี้จะมีน้อยกว่าการกินแบคทีเรีย (Williams and Coleman, 1992; Williams *et al.*, 1994)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

การทดลองที่ 1: เพื่อศึกษาการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมัก

1. สัตว์ทดลอง

ใช้โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ ฟรีเซียน (Holstein Friesian) จำนวน 1 ตัว เพศผู้ น้ำหนักประมาณ 350 kg ที่ได้รับการเจาะกระเพาะหมักใส่ท่อแบบถาวร (rumen fistulated Holstein Steer)

2. โรงเรือน

โคนมจะถูกเลี้ยงแบบขังเดี่ยวภายในโรงเรือนที่สะอาด อากาศถ่ายเทได้สะดวก ภายในศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตนม สถาบันสุวรรณวาลกสิกิจ เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

3. อาหาร

โคจะได้รับอาหารพื้นฐานในระดับเพื่อการดำรงชีพ โดยจะให้อาหารหยาบได้แก่ หญ้าขน (Para grass) สดกินเต็มที่ (*ad libitum*) และอาหารข้นประมาณ 1 กิโลกรัม ซึ่งจะให้อาหารวันละ 2 เวลา (08.30 และ 16.30 น.) และมีน้ำสะอาดให้ดื่มตลอดเวลา

อาหารที่ใช้ในการทดลองคือ อาหารในกลุ่มของวัตถุดิบอาหารได้แก่: หญ้าแพงโกล่าแห้ง (Pangola grass), มันเส้น, ใบมันสำปะหลัง, และกากมันสำปะหลัง และอาหารในกลุ่มของอาหารข้นได้แก่: อาหารทดลอง สูตรที่ 1, สูตรที่ 2, สูตรที่ 3, และ สูตรที่ 4 ที่มีการปรับระดับของโปรตีนและค่าของ TDN ให้ใกล้เคียงกัน และมีส่วนผสมอาหารอยู่ในตารางที่ 9 โดยอาหารทดลองทุกชนิดจะ

นำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ก่อนนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และศึกษาอัตรา
การย่อยสลายในกระเพาะหมัก

ตารางที่ 9 ส่วนผสมในอาหารชั้นทดลอง

ส่วนผสม (%)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
มันเส้น	30	15	30	15
กากถั่วเหลือง	7	7	-	-
ไบมันสำปะหลัง	-	-	20	20
กากมันสำปะหลัง	-	15	-	15
กากเนื้อในปาล์ม	22	22	16	16
รำข้าว (รำสด)	21	21	17	17
เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	17	17	14	14
พรีมิกซ์	2	2	2	2
ยูเรีย	1	1	1	1
รวม	100	100	100	100
โภชนะจากการคำนวณ				
โปรตีน	14.67	14.08	14.16	14.16
TDN	75.35	72.8	73.11	70.56

การทดลองที่ 2: เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และสภาพแวดล้อมในกระเพาะหมักของแกะ

1. สัตว์ทดลอง

ใช้แกะเนื้อลูกผสมพันธุ์พื้นเมือง – ดอร์เปอร์ (50 : 50) เพศผู้ตอน อายุประมาณ 6 เดือน
น้ำหนักตัวประมาณ 15.31 ± 1.8 กิโลกรัม จำนวน 16 ตัว

2. โรงเรือน

แกะแต่ละตัวจะถูกเลี้ยงในกรงทดลองแบบขังเดี่ยว ภายใต้โรงเรือนยกพื้นที่สะอาด อากาศถ่ายเทได้สะดวก และจัดให้มีน้ำสะอาดให้แกะได้กินตลอดเวลา ซึ่งโรงเรือนที่ใช้เลี้ยงจะอยู่ภายในศูนย์วิจัยและผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก สถาบันสุวรรณวาทกสิกิจ เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

3. อาหาร

อาหารทดลองจะเป็น อาหารชั้น สูตรที่ 1 – 4 (ตารางที่ 9) โดยส่วนผสมอาหารทั้งหมดจะซื้อมาจากโรงงานผลิตอาหารสัตว์ และผสมตามสูตรอาหารในตารางที่ 7 และจะใช้หญ้าแพงโกล่า (Pangola grass)แห้งที่สับด้วยเครื่องสับหญ้ายาวขนาด 1 นิ้วเป็นอาหารหยาบ ซึ่งอาหารทั้งหมดจะให้กินแบบเต็มที (*ad libitum*) โดยจะให้อาหารวันละ 2 ครั้งคือ ในตอนเช้า 07.00 น. และในตอนเย็น 16.00 น.

4. การวางแผนการทดลอง

การทดลองจะดำเนินเพื่อตรวจวัดอัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็น น้ำหนักตัว อัตราการกินอาหาร อัตราการย่อยได้ของโภชนะโปรตีน และสุขภาพโดยรวมของแกะที่ได้รับอาหารชั้นต่าง ๆ ตลอดจนปริมาณยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือด ปริมาณกลูโคสในเลือด ปริมาณของโปรตีน ปริมาณของ T_3 ทั้งหมดในเลือด และสภาพแวดล้อมในกระเพาะหมัก โดยจะใช้แผนการทดลองแบบสุ่มทดลอง (Completely Randomized Design; CRD) ที่มี 4 ทรีทเมนต์ (อาหารชั้นทดลอง สูตรที่ 1 – 4) ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ ซึ่งมีแบบแผนของการทดลองเป็นดังนี้

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad \begin{matrix} i = 1, \dots, t \\ j = 1, \dots, r \end{matrix}$$

เมื่อ	X_{ij}	คือ ค่าของข้อมูลจากหน่วยทดลองในซ้ำที่ j ที่ได้รับอาหารที่ k
	μ	คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมด (overall mean) หรือค่าเฉลี่ยรวม (grand mean)
	α_i	คือ อิทธิพลของซ้ำที่ i (the i^{th} treatment effect)
	ε_{ij}	คือ ความคลาดเคลื่อนในการทดลอง (experimental error) จากการใช้อาหารที่

	i และ j ที่
t	คือ จำนวนอาหารทั้งหมด
r_i	คือ จำนวนซ้ำของอาหารที่ i

วิธีการ

การทดลองที่ 1: เพื่อศึกษาการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมัก

1. วิธีการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้จะใช้วิธีการ nylon bag technique ตามหลักการและวิธีการของ Ørskov *et al.* (1980) โดยใช้ถุงที่ทำจาก polyester cloth ที่มีรูขนาด $50\ \mu$ และมีขนาด 8×16 ซม. โดยจะชั่งน้ำหนักอาหารตัวอย่างใส่ถุง ๆ ละ 3 – 6 กรัม (วัตถุดิบอาหาร) และ 5 กรัม (อาหารข้น) ตัวอย่างละ 3 ถุง จากนั้นมัดปากถุงให้แน่น และผูกถุงติดกับเส้นเอ็นขนาดใหญ่ และนำเส้นเอ็นไปผูกติดกับเชือกที่จะอยู่ภายนอกตัวโค จากนั้นนำตัวอย่างอาหารไปบ่มในกระเพาะหมักที่เวลา 3, 6, 12, 24, 48, และ 72 ชั่วโมง (สำหรับอาหารหยาบ) และที่เวลา 2, 4, 8, 12, 24, และ 48 ชั่วโมง (สำหรับอาหารข้น) ยกเว้นถุงที่ 0 ชั่วโมง ที่ไม่ต้องบ่มในกระเพาะหมัก แต่ก็ต้องทำการล้างเหมือนกับอาหารที่บ่มในกระเพาะหมัก เมื่อครบกำหนดเวลาจึงนำอาหารออกมาจากกระเพาะหมัก แล้วทำการล้างภายใต้ก๊อกน้ำให้น้ำไหลผ่านถุงอย่างช้า ๆ จนเห็นว่าน้ำที่ไหลออกมาจากถุงนั้นใส ต่อจากนั้นจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ $70\ ^\circ\text{C}$ นาน 48 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้งที่สลายตัวไปในกระเพาะหมัก โดยการทดลองจะทำในศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตนม สถาบันสุวรรณวจากกลกิจ เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. การวิเคราะห์ทางเคมี

วิเคราะห์หาวัตถุแห้งของตัวอย่างอาหารที่ผ่านการบ่มในกระเพาะหมัก วิธีการของ AOAC. (1990)

การทดลองที่ 2: เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และสภาพแวดล้อมในกระเพาะหมักของแกะ

1. วิธีการทดลอง

1.1 การวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของแกะ

แกะทดลองทุกตัวจะทำการถ่ายภาพภายในและฉีดไอโวนเม็กซ์เพื่อไล่ปรสิตภายนอกร่างกาย บันทึกน้ำหนักก่อนนำเข้าทดลอง จากนั้นจะทำการแบ่งกลุ่มแกะทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ตามอาหารชั้นทดลอง (สูตรที่ 1 – 4) กลุ่มละ 4 ตัวในกรงทดลองแบบขังเดี่ยว ที่จัดให้มีอาหารชั้นและอาหารหยาบแก่แกะทดลองอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) และจัดให้น้ำกินตลอดวัน โดยในระหว่างการทดลองจะทำการชั่งน้ำหนักอาหารก่อนกิน (07.00 และ 16.00 น.) และชั่งน้ำหนักอาหารที่เหลือในแต่ละวัน (ก่อนการให้อาหารมื้อต่อไปในแต่ละวัน) และในทุก 30 วันจะทำการชั่งน้ำหนักแกะทดลองทุกตัวจนครบกำหนดเวลาทดลองที่ 90 วัน เพื่อนำมาวิเคราะห์อัตราการกินอาหาร (feed intake) การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio) และอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์ (growth rate)

1.2 การวิเคราะห์อัตราการย่อยได้ของโภชนาโปรตีน

ในส่วนของการวิเคราะห์อัตราการย่อยได้ของโภชนาโปรตีน (digestibility rate of protein) จะเริ่มทำการทดลองในวันที่ 71 - 77 ของการเลี้ยง โดยจะใช้ถาดสแตนเลสที่มีรูระบายของเหลวและมีตะแกรงพลาสติกซ้อนอยู่ด้านในถาดสอดเข้าใต้คอกแกะทดลองแต่ละตัว เพื่อทำการแยกมูลของแกะที่ถ่ายออกมาให้อยู่ด้านบนของตะแกรงพลาสติก ส่วนปัสสาวะของแกะจะทำการเก็บ โดยใช้ถังพลาสติกที่มีกรดซัลฟิวริก 4 เปอร์เซ็นต์จำนวน 150 มิลลิลิตร รองอยู่ใต้ถาดของแกะทดลองแต่ละตัว จากนั้นนำมูลที่เก็บได้ในแต่ละวันมาอบให้แห้งและบันทึกน้ำหนักที่ได้ ส่วนปัสสาวะของแกะทดลองที่ได้ในแต่ละวันจะสุ่มเก็บวันละประมาณ 10 มิลลิลิตรและเก็บรวมกันไว้ในตู้เย็น

1.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด

ในวันเริ่มต้นของการทดลองจะทำการเก็บตัวอย่างเลือดของแกะทดลอง โดยการเจาะเลือดที่เส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอของแกะ (jugular vein) ในตอนก่อนให้อาหารทดลองและหลังจากกินอาหารทดลอง 4 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างเลือดที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ 5000 x g นาน 10 นาที เพื่อแยกเอาส่วนของพลาสมาไปวิเคราะห์หาระดับของยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen; BUN) ระดับของกลูโคสในเลือด (blood glucose; BG) และระดับของโปรตีนทั้งหมดในเลือด (blood total protein; BTP) ตามวิธีของ Crocker (1967) และในวันสุดท้ายของการทดลองก็จะทำการเก็บตัวอย่างเลือดอีกครั้งตามวิธีการแบบเดียวกับในช่วงเริ่มต้นการทดลอง อีกทั้งจะทำการตรวจวิเคราะห์หาระดับของ triiodothyronine (blood triiodothyronine; BT_3) ในเลือด หลังจากให้อาหาร 4 ชั่วโมง โดยนำเอาตัวอย่างเลือดไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเอาซีรัมที่ 1500 x g ที่ 4 °C นาน 20 นาที ตามวิธีการของ ELISA (2000)

การทดลองทั้งหมดจะทำการทดลองในศูนย์วิจัยและผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก สถาบันสุวรรณวาลกสิกิจ เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ในวันที่ 80 ของการทดลองจะทำการดูของเหลวจากกระเพาะหมักของแกะ 2 ครั้งคือ ที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร) และหลังจากกินอาหาร 2 ชั่วโมง โดยจะทำการสอดท่อพลาสติกผ่านหลอดอาหารของแกะไปยังกระเพาะหมัก ซึ่งปลายอีกด้านหนึ่งของท่อพลาสติกจะเชื่อมต่อกับเครื่องดูดสุญญากาศ (vacuum pump) ที่มีความเร็วรอบต่ำ และเมื่อได้ของเหลวจากกระเพาะหมักออกมา ก็จะทำการบันทึกค่าความเป็นกรด - เบสทันทีด้วย pH Meter จากนั้นจะนำของเหลวจากกระเพาะหมักที่ได้ไปกรองเพื่อแยกเศษอาหารออก เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจน และนับประชากรโปรโตซัว และแบคทีเรีย

1.4 การวิเคราะห์ความเป็นกรด - ด่าง

การวิเคราะห์ความเป็นกรด - เบสของของเหลวจากกระเพาะหมักจะทำหลังจากทำการดูของเหลวจากกระเพาะหมักออกมาทันที โดยใช้เครื่อง pH meter จุ่มลงในของเหลวที่ได้ไม่นานประมาณ 5 นาที จากนั้นจึงบันทึกผลที่เครื่อง pH meter วัดได้

1.5 การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจน

ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3 - \text{N}$) ในกระเพาะหมักจะวิเคราะห์โดยนำของเหลวจากกระเพาะหมักที่ได้จำนวน 20 มิลลิลิตรใส่ลงในกรดซัลฟูริก 4 เปอร์เซ็นต์จำนวน 5 มิลลิลิตรเพื่อเป็นการหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ในของเหลวจากกระเพาะหมัก จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ 1 มิลลิลิตร มาทำการวิเคราะห์หาไนโตรเจนตามวิธีการของ Kjeldah method (AOAC., 1990)

1.6 การนับประชากรโปรโตซัว

นำตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมักที่เก็บได้จากก่อนและหลังการกินอาหารมาเจือจางด้วยสารละลายน้ำเกลือ – ฟอรัมาลีน [น้ำเกลือ (normal saline) : ฟอรัมาลีน; 1 : 9)] ในปริมาณของเหลวในกระเพาะหมักกับสารละลายน้ำเกลือ – ฟอรัมาลีน (1 : 9) จากนั้นนำไปทำการนับจำนวนประชากรโปรโตซัวด้วยแผ่นสไลด์ heamatocytometer ที่ลึก 0.1 มิลลิเมตรภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (กำลังขยาย 400 เท่า) โดยทำการนับโปรโตซัวทั้งหมดที่พบในทั้ง 25 ช่องใหญ่ของ heamatocytometer ตามหลักการและวิธีการของ Jouany and Senaud (1979) และ Dehority (1993)

1.7 การนับประชากรแบคทีเรีย

จำนวนประชากรของแบคทีเรียในกระเพาะหมักจะทำการตรวจหาโดยนำตัวอย่างของเหลวในหมักมาเจือจาง 1 ต่อ 9 ส่วนด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ จากนั้นจึงนำมานับจำนวนประชากรแบคทีเรียและเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (กำลังขยาย 400 เท่า) โดยทำการนับแบคทีเรียทั้งหมดที่พบในทั้ง 5 ช่องใหญ่ในแนวเฉียงลงของ heamatocytometer ตามหลักการและวิธีการของ Jouany and Senaud (1979) และ Dehority (1993)

การเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะหมักของแกะทดลองจะทำที่ศูนย์วิจัยและผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก จากนั้นทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ และทำการนับเชื้อจุลินทรีย์ที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ

สถาบันสุวรรณวาทกสิกิจ เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. การวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์โภชนะจะทำได้โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างใบมันสำปะหลัง กากมันสำปะหลัง อาหารข้นทดลอง และหญ้าแห้ง มาวิเคราะห์โภชนะด้วยวิธีการ proximate analysis ตามหลักการและวิธีการของ AOAC. (1990) ส่วนของผนังเซลล์ (neutral detergent fiber; NDF) และผนังเซลล์ส่วนที่ไม่มีเฮมิเซลลูโลส (acid detergent fiber ;ADF) จะวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Van Soest system ตามหลักการและวิธีการของ Van Soest *et al.* (1991) และแสดงผลการวิเคราะห์ที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ในส่วนของการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในมูลและปัสสาวะ จะนำมูลแห้งและปัสสาวะของแกะที่ได้รับอาหารสูตรต่าง ๆ มาวิเคราะห์หาไนโตรเจนและวัตถุแห้งตามหลักการและวิธีการของ AOAC. (1990) และแสดงผลเป็นการย่อยได้ปรากฏที่จะคำนวณได้จาก

$$\text{การย่อยได้ปรากฏของโปรตีน (\%)} = \frac{\text{โปรตีนที่กิน} - \text{โปรตีนที่ขับออก}}{\text{โปรตีนที่กิน}} \times 100$$

สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดจะส่งตัวอย่างเลือดแกะทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ที่
โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลจะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี least significant difference (LSD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์

ผล

การทดลองที่ 1: การศึกษาการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมัก

1. วัตถุแห้งในอาหาร

วัตถุแห้งของอาหารทดลองก่อนที่จะนำไปบ่มในกระเพาะหมักจะแสดงในตารางที่ 10 โดยค่าที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยของของ 3 ซ้ำ

ตารางที่ 10 วัตถุแห้งในอาหารทดลองก่อนการบ่มในกระเพาะหมัก

อาหารทดลอง	วัตถุแห้ง (% ต่อน้ำหนักแห้ง)
หญ้าแพงโกล่า	95.33
มันเส้น	92.05
ไบมันสำปะหลัง	91.29
กากมันสำปะหลัง	90.07
สูตรที่ 1	90.66
สูตรที่ 2	91.06
สูตรที่ 3	90.68
สูตรที่ 4	91.11

2. การสลายตัวของวัตถุแห้ง

การสลายตัวของอาหารทั้งในกลุ่มของวัตถุดิบอาหารพบว่า เมื่อเวลาในการบ่มในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารก็เพิ่มขึ้นตาม ซึ่งเปอร์เซ็นต์การสลายตัวที่ 72 ชั่วโมงของการบ่มจะสูงสุดในมันเส้น (94.45 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ กากมันสำปะหลัง (71.84 เปอร์เซ็นต์), หญ้าแพงโกล่า (51.1 เปอร์เซ็นต์), และไบมันสำปะหลัง (49.79 เปอร์เซ็นต์)

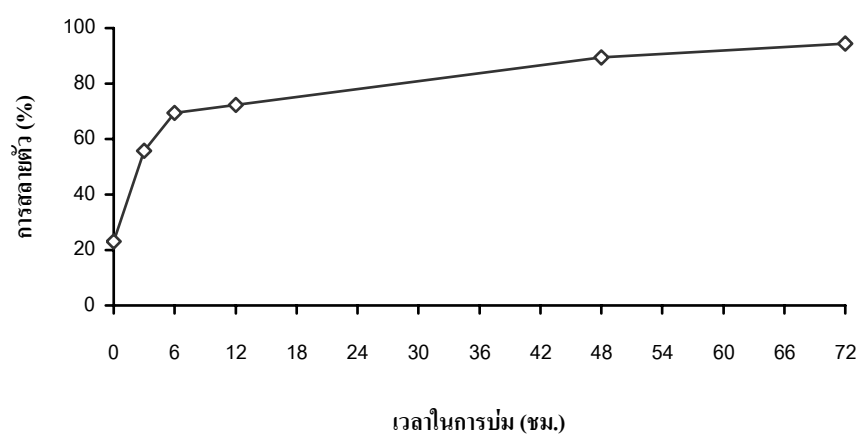
ตามลำดับ และในกลุ่มของอาหารชั้นพบว่า เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งที่ 48 ชั่วโมงของการบ่มในอาหารสูตรที่ 1 จะสูงที่สุด (81.84 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ อาหารสูตรที่ 2 (78.48 เปอร์เซ็นต์), สูตรที่ 3 (69.69 เปอร์เซ็นต์), และ สูตรที่ 4 (63.2 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในกลุ่มวัตถุดิบอาหารในชั่วโมงที่ 0, 3, 6, 12, 24, 48, และ 72 จะแสดงอยู่ในตารางที่ 11 และเปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในกลุ่มอาหารชั้นในชั่วโมงที่ 0, 2, 4, 8, 12, 24, และ 48 จะแสดงอยู่ในตารางที่ 12

ตารางที่ 11 เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในวัตถุดิบอาหาร

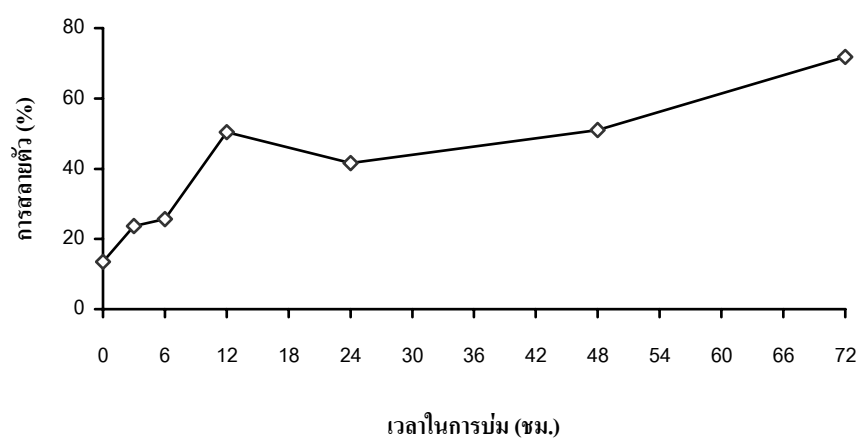
เวลา	หญ้าแพงโกล่า	มันเส้น	ไขมันลำปะหลัง	กากมันลำปะหลัง
0	11.45	23.11	18.97 ^u	13.55
3	23.78	55.68	28.04	23.74
6	24.36	69.33	33.04	25.62
12	25.09	72.26	39.84	50.39
24	31.97	76.68	44.42	41.58
48	53.78	89.41	48.38	51.0
72	51.1	94.45	49.79	71.84

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารชั้นทดลอง

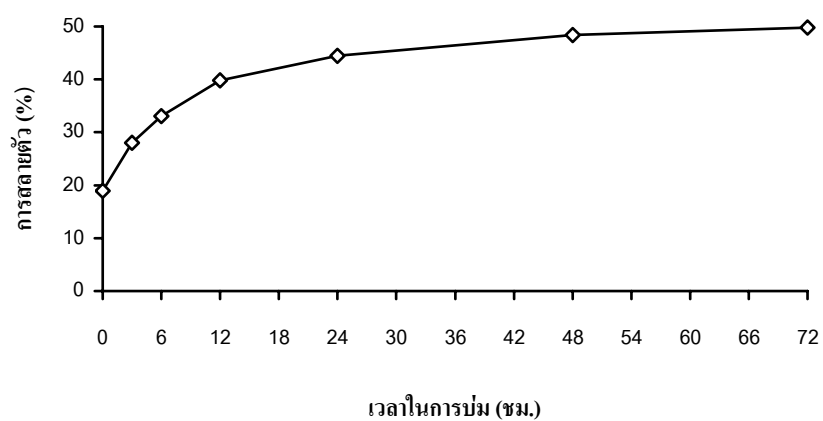
เวลา	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
0	22.07	19.61	21.3	17.84
2	39.12	25.2	24.39	21.48
4	44.0	29.0	29.16	23.24
8	49.45	40.25	38.92	34.8
12	57.27	38.07	41.09	37.4
24	55.74	51.78	55.62	52.39
48	81.84	78.48	69.69	63.2



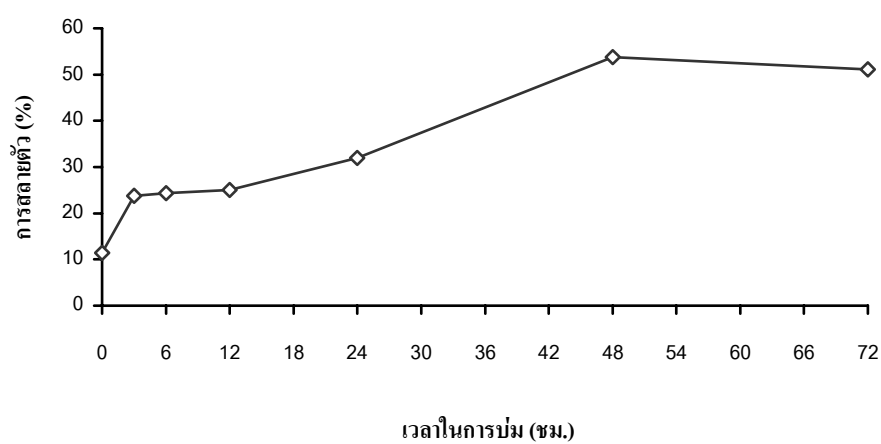
ภาพที่ 19 เปอร์เซนต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในน้ำมัน



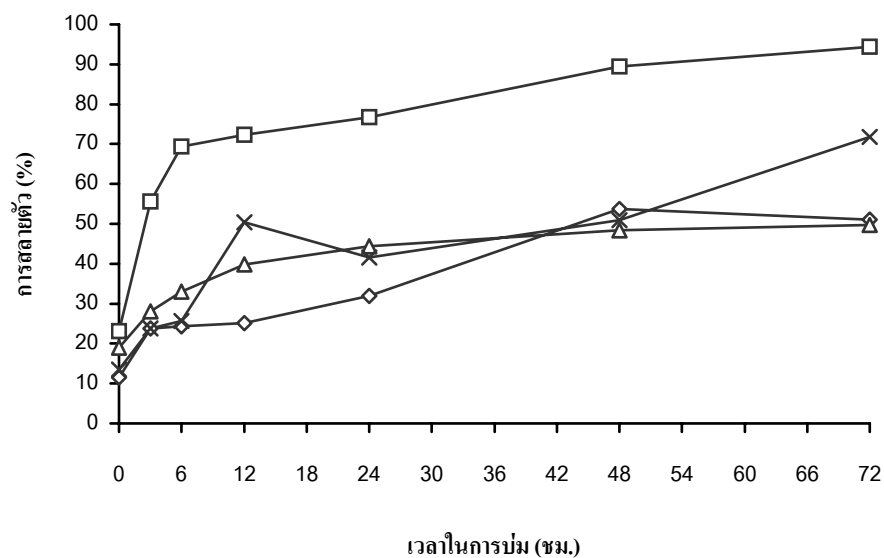
ภาพที่ 20 เปอร์เซนต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในกามันสำปะหลัง



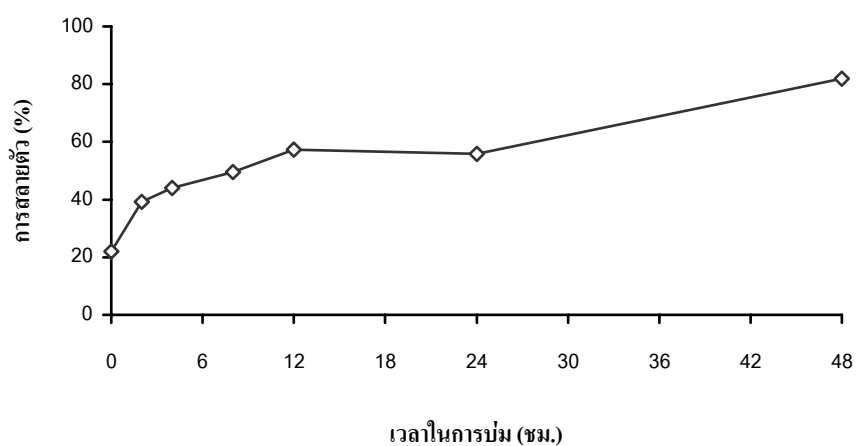
ภาพที่ 21 เปอร์เซนต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในไขมันสำปะหลัง



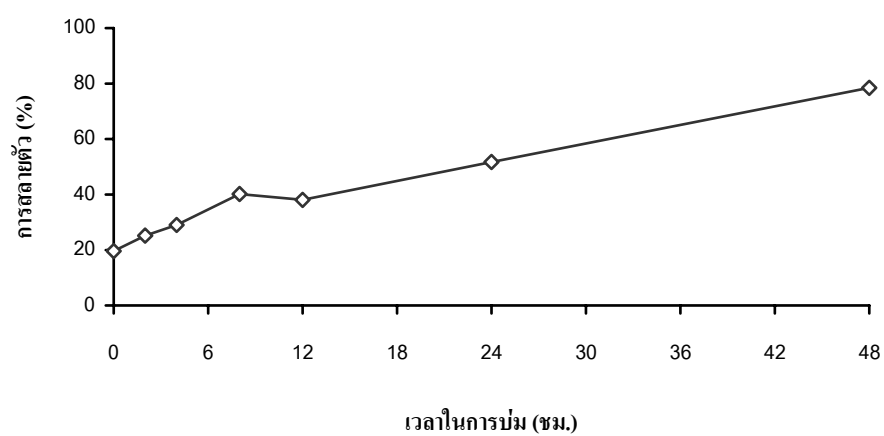
ภาพที่ 22 เปอร์เซนต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในหญ้าแพงโกล่า



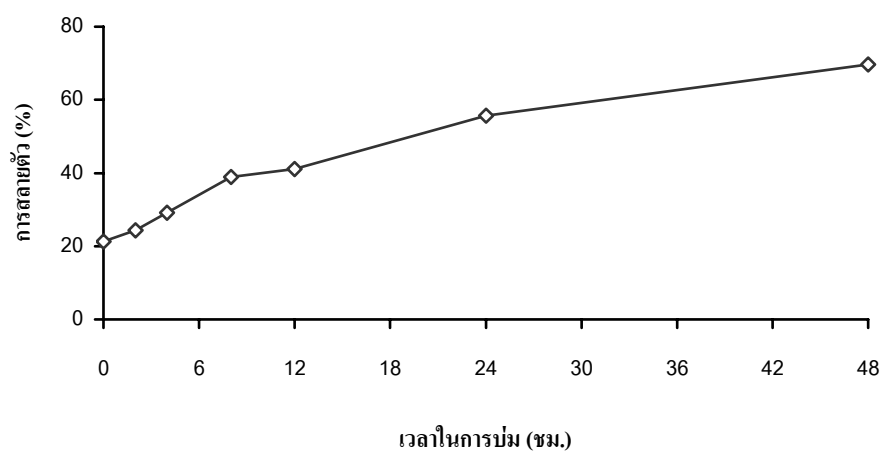
ภาพที่ 23 การสลายตัวของวัตถุแห้งในวัตถุดิบอาหาร; □ = น้ำมัน, × = ไขมันสำหรับ, △ = ไขมันสำหรับ, และ ◇ = ไขมันสำหรับ



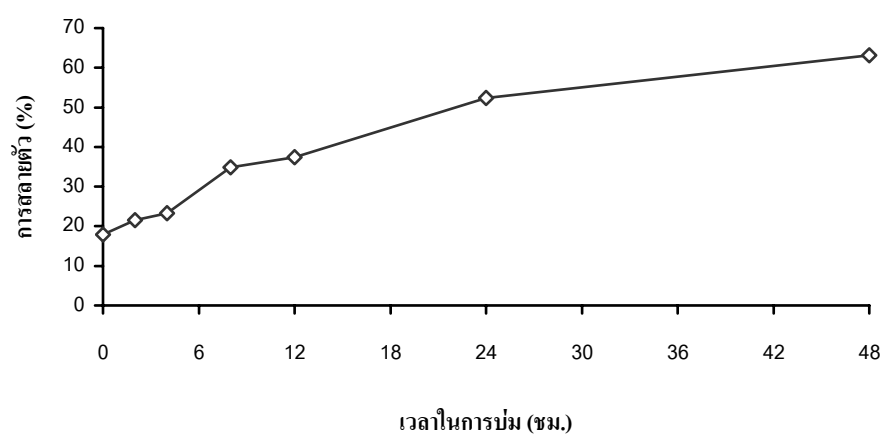
ภาพที่ 24 เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารสูตรที่ 1



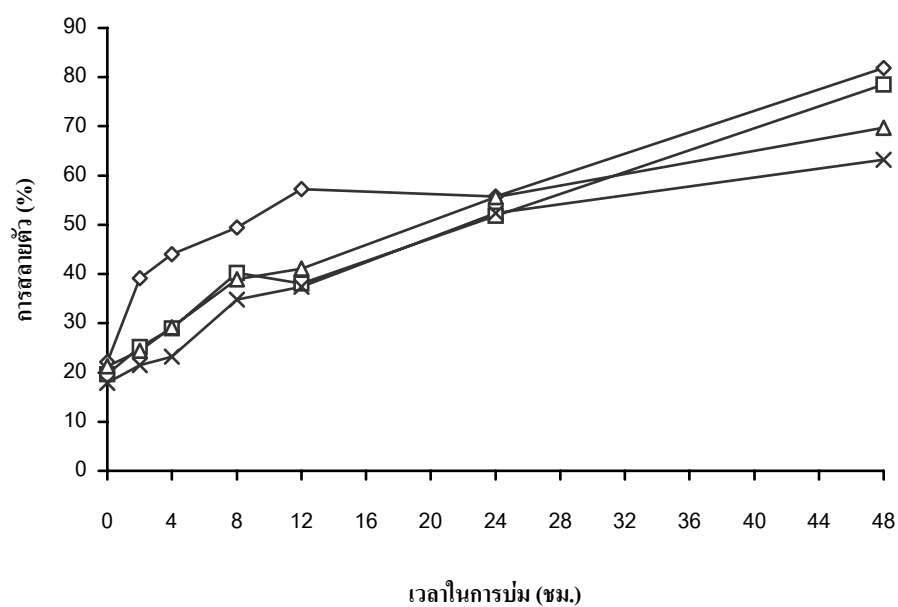
ภาพที่ 25 เปอร์เซนต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารสูตรที่ 2



ภาพที่ 26 เปอร์เซนต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารสูตรที่ 3



ภาพที่ 27 เปอร์เซนต์การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารสูตรที่ 4



ภาพที่ 28 การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารชั้น; $\diamond$ = สูตรที่ 1, $\square$ = สูตรที่ 2, $\triangle$ = สูตรที่ 3, และ $\times$ = สูตรที่ 4

การทดลองที่ 2: การศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และสภาพแวดล้อมในกระเพาะหมักของแกะ

1. ส่วนประกอบทางเคมี

ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างไขมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลังที่ใช้ผสมในสูตรอาหารชั้นทดลองจะแสดงไว้ในตารางที่ 13 ในส่วนหญ้าแห้งและอาหารชั้นทดลอง จะแสดงไว้ในตารางที่ 14

ตารางที่ 13 ส่วนประกอบทางเคมีของไขมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลัง (% ต่อน้ำหนักแห้ง)

ส่วนประกอบทางเคมี (% วัตถุแห้ง)	ไขมันสำปะหลัง	กากมันสำปะหลัง
วัตถุแห้ง (%)	91.29	90.07
โปรตีน	22.19	2.96
ไขมัน	3.06	1.13
เถา	10.03	16.55
ผนังเซลล์	55.07	44.70
ผนังเซลล์ส่วนที่ไม่มีเฮมิเซลลูโลส	51.42	33.07

ตารางที่ 14 ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (% ต่อน้ำหนักแห้ง)

ส่วนประกอบ (% วัตถุแห้ง)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	หญ้าแห้ง
วัตถุแห้ง (%)	90.66	91.06	90.68	91.11	95.33
โปรตีน	16.18	15.46	15.62	15.54	7.80
ไขมัน	5.39	5.40	5.71	5.70	3.16
เถา	7.29	7.20	7.86	7.69	8.84
ผนังเซลล์	59.98	65.00	65.28	71.98	77.07
ผนังเซลล์ส่วนที่ไม่มีเฮมิ - เซลลูโลส	21.81	24.20	22.88	27.81	39.58

2. การวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโต

ผลของอาหารทดลองสูตรต่างๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตของแกะ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 15 จากการศึกษาพบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน, น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น, และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวตลอดการทดลองของแกะที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 – 4 เท่ากับ 0.11, 0.15, 0.14, 0.14 กิโลกรัม/วัน; 10.63, 14.25, 13.63, 13.75 กิโลกรัม; และ 6.18, 4.75, 5.10, 5.15 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยความแตกต่างทั้งหมดไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของอาหารทดลองต่อปริมาณการกินอาหารของแกะ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 15 โดยพบว่า ปริมาณการกินอาหารชั้นของแกะที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 – 4 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (0.71, 0.70, 0.76, และ 0.77 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/วัน ตามลำดับ) ในขณะที่ปริมาณการกินหญ้าของแกะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งแกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 3 มีปริมาณการกินหญ้าสูงที่สุดเท่ากับ 0.21 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/วัน ส่วนแกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 1, 2, และ 4 มีปริมาณการกินหญ้าเท่ากับ 0.15, 0.17, และ 0.18 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/วัน

3. การวิเคราะห์การย่อยได้ของโภชนะโปรตีน

ผลของอาหารทดลองต่ออัตราการย่อยได้ของโภชนะโปรตีนของแกะแสดงไว้ในตารางที่ 15 โดยการย่อยได้ของโภชนะโปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแกะทดลองมีการย่อยได้ของโภชนะโปรตีนเท่ากับ 79.45, 75.96, 75.63, และ 77.89 เปอร์เซ็นต์ในแกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 1, 2, 3, และ 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 15 อิทธิพลของอาหารต่อการเจริญเติบโตของสัตว์

	อาหารทดลอง				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	SEM*
การกินอาหาร (กก. วัสดุแห้ง/วัน)	0.71	0.70	0.76	0.77	0.03
การกินหญ้า (กก. วัสดุแห้ง/วัน)	0.15 ^ก	0.17 ^ก	0.21 ^ก	0.18 ^ก	0.01
การกินอาหารทั้งหมด (กก. วัสดุแห้ง/วัน)	0.86	0.87	0.97	0.95	0.02
ADG (กก. /วัน)	0.11	0.15	0.14	0.14	0.02
FCR (กก. วัสดุแห้ง/ น้ำหนักตัว 1 กก.)	6.18	4.74	5.10	5.15	0.51
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กก.)	10.63	14.25	13.63	13.75	1.58
การย่อยได้ปรากฏ (%)	79.45	75.96	75.63	77.89	1.48

^ก ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกันจะแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

* SEM คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

4. การวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด

4.1 ยูเรีย – ไนโตรเจนในเลือด (BUN)

ผลของอาหารชั้นทดลองสูตรต่าง ๆ ต่อปริมาณยูเรีย – ไนโตรเจนในเลือดของแกะทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 16 และ 17 โดยปริมาณยูเรีย – ไนโตรเจนในเลือดของแกะในวันเริ่มต้นการทดลอง (วันที่ 1 ของการทดลอง) ทั้งที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังกินอาหารมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งหลังจากที่แกะกินอาหาร 4 ชั่วโมงปริมาณยูเรีย – ไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นจาก 15.28, 18.75, 20.11, และ 16.32 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ไปเป็น 17.62, 23.65, 22.00, และ 19.34 มิลลิกรัม/ 100 มิลลิลิตร ในตัวอย่างเลือดของแกะที่กินอาหารชั้นสูตรที่ 1, 2, 3, และ 4 ตามลำดับ (ตารางที่ 16) นอกจากนี้ปริมาณยูเรีย – ไนโตรเจนในเลือดของแกะในวันสิ้นสุดการทดลอง (วันที่ 90 ของการทดลอง) ทั้งที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังกินอาหารมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 2, 3, และ 4 ปริมาณยูเรีย – ไนโตรเจนในเลือดจะเพิ่มขึ้นจาก 12.45, 8.81, และ 14.50 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ไปเป็น 13.88, 10.66, และ 17.66 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ในขณะที่แกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 1 ปริมาณยูเรีย

– ไนโตรเจนในเลือดจะลดลงจาก 14.30 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ไปเป็น 12.58 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 16 ผลของการวิเคราะห์ส่วนประกอบในเลือดของแกะทดลองก่อนได้รับอาหารทดลอง (วันที่ 1 ของการทดลอง)

ส่วนประกอบ	อาหารทดลอง			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ปริมาณยูเรีย – ไนโตรเจนที่ 0 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	15.28	18.75	20.11	16.32
ปริมาณยูเรีย – ไนโตรเจนที่ 4 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	17.62	23.65	22.00	19.34
ปริมาณกลูโคสที่ 0 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	80.64	82.39	79.24	68.59
ปริมาณกลูโคสที่ 4 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	90.20	87.48	86.15	78.80
ปริมาณโปรตีนรวมที่ 0 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	6.20 ^ก	5.50 ^ข	6.14 ^ก	5.96 ^{กข}
ปริมาณโปรตีนรวมที่ 4 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	6.28 ^ก	5.58 ^ข	6.20 ^ก	5.83 ^{กข}

^{กข} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจะแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 17 ผลของการวิเคราะห์ส่วนประกอบในเลือดของแกะทดลองหลังได้รับอาหารทดลอง
(วันที่ 90 ของการทดลอง)

ส่วนประกอบ	อาหารทดลอง			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ปริมาณยูเรีย – ไนโตรเจนที่ 0 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	14.30	12.45	8.81	14.50
ปริมาณยูเรีย – ไนโตรเจนที่ 4 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	12.58	13.88	10.66	17.66
ปริมาณกลูโคสที่ 0 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	62.6	69.525	61.325	67.05
ปริมาณกลูโคสที่ 4 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	49.78	64.05	54.35	78.80
ปริมาณโปรตีนรวมที่ 0 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	7.73 ^ก	6.90 ^ข	6.95 ^ข	6.725 ^{กข}
ปริมาณโปรตีนรวมที่ 4 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	7.73 ^ก	6.90 ^ข	6.58 ^ข	6.45 ^{กข}
ปริมาณ T ₃ (นาโนกรัม%)	64.50 ^ก	57.00 ^ก	77.00 ^{กข}	101.50 ^ก

^ก ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจะแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$)

^{กข} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจะแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2 กลูโคสในเลือด (BG)

ผลของอาหารชั้นทดลองสูตรต่าง ๆ ต่อปริมาณกลูโคสในเลือดของแกะทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 16 และ 17 โดยของปริมาณของกลูโคสในเลือดในวันเริ่มต้นของการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังกินอาหาร ทั้งนี้ปริมาณกลูโคสในเลือดแกะจะเพิ่มขึ้นจาก 80.64, 82.39, 79.24, และ 68.59 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 0 ชั่วโมง ไปเป็น 90.20, 87.48, 86.15, และ 78.80 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 4 ชั่วโมงหลังอาหารในแกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 1 – 4 ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ในส่วนของปริมาณกลูโคสในเลือดในวันสิ้นสุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังอาหารเช่นเดียวกัน แต่ปริมาณกลูโคสในเลือดของแกะที่ได้รับอาหารชั้นทดลองสูตรที่ 1 – 3 จะลดลงจาก 62.6, 69.525, และ 61.325 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 0 ชั่วโมงไปเป็น 49.78, 64.05, และ 54.35 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 4 ชั่วโมงหลังอาหาร ตามลำดับ ในขณะที่แกะที่ได้รับอาหารชั้นทดลองสูตรที่ 4 ปริมาณกลูโคสในเลือดจะเพิ่มขึ้นจาก 67.05 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 0 ชั่วโมงไปเป็น 78.80 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 4 ชั่วโมงหลังอาหาร (ตารางที่ 17)

4.3 โปรตีนรวมในเลือด (BTP)

ผลของอาหารชั้นทดลองสูตรต่าง ๆ ต่อปริมาณโปรตีนรวมในเลือดของแกะทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 16 และ 17 โดยของปริมาณของโปรตีนรวมในเลือดในวันเริ่มต้นของการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังกินอาหาร ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนรวมในเลือดแกะจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในแกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 1 – 3 จาก 6.20, 5.50, และ 6.14 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 0 ชั่วโมงไปเป็น 6.28, 5.58, และ 6.20 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 4 ชั่วโมงหลังอาหาร ในขณะที่แกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 4 ปริมาณโปรตีนรวมในเลือดจะลดลงเล็กน้อยจาก 5.96 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 0 ชั่วโมงไปเป็น 5.83 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 4 ชั่วโมงหลังอาหาร (ตารางที่ 16) ในส่วนของปริมาณโปรตีนรวมในเลือดในวันสิ้นสุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ทั้งที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังอาหาร โดยแต่ปริมาณโปรตีนรวมในเลือดของแกะที่ได้รับอาหารชั้นทดลองสูตรที่ 1 และ 2 จะคงที่หลังจากกินอาหาร 4 ชั่วโมงอยู่ที่ 7.73 และ 6.90 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ส่วนแกะที่ได้รับอาหารชั้นทดลองสูตรที่ 3 และ 4 ปริมาณโปรตีนรวมในเลือดจะลดลงเล็กน้อยจาก 6.95 และ 6.725 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 0 ชั่วโมงไปเป็น 6.58 และ 6.45 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 4 ชั่วโมงหลังอาหาร ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

4.4 triiodothyronine ในเลือด (T_3)

ผลของอาหารชั้นทดลองสูตรต่าง ๆ ต่อปริมาณ T_3 ในเลือดของแกะทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 17 โดยปริมาณ T_3 ในตัวอย่างเลือดของแกะที่ทำการวิเคราะห์เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่า แกะทดลองจะมีปริมาณของ T_3 ในเลือดเป็น 64.50, 57.0, 77.0, และ 101.5 นาโนกรัมเปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้แกะที่กินอาหารชั้นสูตรที่ 4 จะมีปริมาณ (T_3) สูงสุด และต่ำสุดในแกะที่กินอาหารชั้นสูตรที่ 2

5. การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด - ด่าง

ผลของอาหารชั้นทดลองสูตรต่าง ๆ ต่อค่าความเป็นกรด - ด่างในกระเพาะหมักของแกะทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 18 โดยค่า pH ของของเหลวในกระเพาะหมักของแกะที่กินอาหารชั้นสูตรต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังกินอาหาร 2 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้หลังจากกินอาหาร 2 ชั่วโมง ค่า pH ในกระเพาะหมักของแกะทดลองที่กินอาหารชั้นสูตรที่ 2, 3, และ 4 จะลดลงเล็กน้อยจาก 7.30, 7.20, และ 7.33 ไปเป็น 7.23, 6.88, และ 6.60 ตามลำดับ แต่ใน

แคะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 1 ค่า pH ในกระเพาะหมักจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 7.30 ไปเป็น 7.40 หลังจากกินอาหาร 2 ชั่วโมง ซึ่งค่า pH ของของเหลวจากกระเพาะหมักหลังจากกินอาหารมีค่าสูงสุดในแคะที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 และมีค่าต่ำสุดในแคะที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4

6. การวิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจน

ผลของอาหารชั้นทดลองสูตรต่าง ๆ ต่อความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะหมักของแคะทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 18 โดยความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนของแคะที่กินอาหารต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังกินอาหาร 2 ชั่วโมง จะมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งหลังจากกินอาหาร 2 ชั่วโมง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนของแคะทดลองจะลดลงเล็กน้อยจาก 21, 15, 17, และ 13 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ไปเป็น 15, 10, 15, และ 12 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ในแคะที่กินอาหารชั้นสูตรที่ 1, 2, 3, และ 4 ตามลำดับ

7. การวิเคราะห์ประชากรโปรโตซัว

ประชากรโปรโตซัวในกระเพาะหมักของแคะทดลองทั้งก่อนและหลังกินอาหาร 2 ชั่วโมง จะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยประชากรของโปรโตซัวหลังจากกินอาหาร 2 ชั่วโมงจะลดลงในแคะที่กินอาหารสูตรที่ 1, 2, และ 4 จาก 1.76×10^6 , 1.56×10^6 , และ 1.31×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร ไปเป็น 8.63×10^5 , 1.21×10^6 , และ 8.38×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร ยกเว้นในอาหารสูตรที่ 3 ที่เพิ่มขึ้นจาก 1.8×10^6 ไปเป็น 2.71×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร ซึ่งประชากรโปรโตซัวหลังจากกินอาหารของแคะที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 จะสูงที่สุด และจะต่ำสุดในแคะที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 ดังแสดงในตารางที่ 18

8. การวิเคราะห์ประชากรแบคทีเรีย

ประชากรแบคทีเรียในกระเพาะหมักของแคะทดลองทั้งก่อนและหลังกินอาหาร 2 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยประชากรของแบคทีเรียจะเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามประชากรของโปรโตซัวคือ หลังจากกินอาหาร 2 ชั่วโมงประชากรของแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้น ในแคะที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2, และ 4 จาก 3.87×10^8 , 3.79×10^8 , และ 5.53×10^8 เซลล์/มิลลิลิตร ไปเป็น 1.06×10^9 , 9.67×10^8 , และ 7.77×10^9 เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ ยกเว้นในอาหารสูตรที่ 3 ที่ประชากรแบคทีเรียจะลดลงจาก 8.59×10^8 ไปเป็น 7.77×10^8 เซลล์/มิลลิลิตร

ซึ่งประชากรของแบคทีเรียหลังจากกินอาหาร 2 ชั่วโมงในแคะที่กินอาหารสูตรที่ 1 จะมีสูงที่สุด และในแคะที่กินอาหารสูตรที่ 3 และ 4 จะมีต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 สภาพแวดล้อมในกระเพาะหมักของแคะก่อนกินอาหารและหลังกินอาหารทดลอง 2 ชั่วโมง

	อาหารทดลอง			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ความเข้มข้นของ $\text{NH}_3 - \text{N}$ ที่ 0 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	21	15	17	13
ความเข้มข้นของ $\text{NH}_3 - \text{N}$ ที่ 2 ชั่วโมง (มก./100 มล.)	15	10	15	12
pH ที่ 0 ชั่วโมง	7.30	7.30	7.20	7.33
pH ที่ 2 ชั่วโมง	7.40	7.23	6.88	6.60
ประชากรโปรโตซัว ที่ 0 ชั่วโมง (เซลล์/มล.)	1.76×10^6	1.56×10^6	1.81×10^6	1.31×10^6
ประชากรโปรโตซัว ที่ 2 ชั่วโมง (เซลล์/มล.)	8.63×10^5	1.21×10^6	2.71×10^6	8.38×10^5
ประชากรแบคทีเรีย ที่ 0 ชั่วโมง (เซลล์/มล.)	3.876×10^8	3.79×10^8	8.59×10^8	5.53×10^8
ประชากรแบคทีเรีย ที่ 2 ชั่วโมง (เซลล์/มล.)	1.06×10^9	9.76×10^8	7.77×10^8	7.77×10^8

วิจารณ์

การทดลองเพื่อศึกษาอัตราการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมัก

จากผลการทดลองในส่วนของการศึกษาอัตราการสลายตัวของวัตถุแห้งพบว่า ให้ผลไปในเชิงบวกคือ เมื่อเวลาในการบ่มในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้น อัตราการสลายตัวของอาหารทั้งในกลุ่มของวัตถุดิบอาหารและอาหารชั้นก็เพิ่มขึ้นตาม โดยพบว่ามันสำปะหลัง และอาหารที่ใช้มันสำปะหลังสูงในสูตรอาหารจะมีอัตราการสลายตัวของวัตถุแห้งสูงสุด ซึ่งอาจเนื่องจากความเป็นแป้งที่ย่อยง่าย

ของมันเป็นสำปะหลัง และการมีเยื่อใยในระดับต่ำ จึงทำให้สามารถย่อยสลายในกระเพาะหมักได้อย่างรวดเร็ว ส่วนกากมันสำปะหลังแม้ว่าจะมีแป้งเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก แต่ก็มีเยื่อใยในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกัน ดังนั้นอัตราการสลายตัวจึงต่ำกว่ามันเส้น ในส่วนของใบมันสำปะหลังและหญ้าแพงโกล่าจะพบว่า ในช่วงต้นของการบ่ม (0, 3, 6, 12, และ 24 ชม.) อัตราการสลายตัวของใบมันสำปะหลังจะสูงกว่าหญ้าแพงโกล่า แต่ในช่วงท้ายของการบ่ม (48 และ 72 ชม.) อัตราการสลายตัวของหญ้าแพงโกล่ากลับสูงกว่าใบมันสำปะหลัง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ใบมันสำปะหลังมีเยื่อใยที่ย่อยได้ง่ายกว่าหญ้าแพงโกล่ากล่าวคือ มีส่วนที่เป็นใบมากกว่า จึงสามารถย่อยสลายได้เร็วกว่าในช่วงแรกของการบ่ม ส่วนในช่วงท้ายของการบ่มที่ย่อยสลายได้ช้ากว่าก็อาจเป็นเพราะในใบมันสำปะหลังยังมีส่วนที่เป็นก้านอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นส่วนที่แข็งกว่าหญ้าแพงโกล่า ดังนั้นจึงทำให้อัตราการสลายตัวลดลงในช่วงท้ายของการบ่ม โดยเมธา (2533) รายงานว่า ความสามารถในการย่อยได้จะลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์ของเยื่อใยเพิ่มขึ้น ตลอดจน Chandrasekharaiah *et al.* (2001) ก็ได้รายงานไว้ว่า อัตราการสลายตัวของวัตถุดิบที่ต่ำอาจเป็นผลมาจากวัตถุดิบอาหารที่มีเยื่อใยสูง

การทดลองเพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และสภาพแวดล้อมในกระเพาะหมักของแกะ

1. การวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโต

ผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า เมื่ออิทธิพลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตของแกะจะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ก็แสดงให้เห็นว่า การใช้ใบมันสำปะหลังทดแทนกากถั่วเหลืองและกากมันสำปะหลังทดแทนมันเส้นในสูตรอาหารแกะมีสมรรถภาพการผลิตสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในกากมันสำปะหลังเป็นเยื่อใยที่มีขนาดสั้น (ยาว 1 – 2 เซนติเมตร) จึงทำให้มีพื้นที่หน้าตัดมากพอต่อการเข้าย่อยของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยในกระเพาะหมัก ทำให้มีอัตราการย่อยได้เพิ่มขึ้น โดย Church and Petersen (1960) และ Dehority and Johnson (1961) พบว่า ขนาดอนุภาคของอาหารจะมีผลต่อการย่อยเซลลูโลสในหลอดทดลอง และมีอัตราการย่อยได้สูงกว่าในอนุภาคของอาหารที่มีขนาดเล็ก (Dehority, 1961) ตลอดจนพีรพจน์ และคณะ (2547) รายงานว่าการทดแทนมันเส้นด้วยกากมันสำปะหลังที่ 50 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้มีการย่อยได้ของวัตถุดิบและผนังเซลล์ที่สูงที่สุด นอกจากนี้จากรายงานของพีรพจน์ และ กฤตพล (2546) ยังแสดงให้เห็นว่า กากมันสำปะหลังมีส่วนของลิกนินน้อยกว่ามันเส้น (3.09 และ 4.64 ตามลำดับ) จึงอาจมีส่วนทำให้อาหารที่ใช้กากมันสำปะหลังทดแทนในสูตรอาหารมีการย่อยในกระเพาะอาหารของสัตว์ได้สูงกว่า และในส่วนของการใช้ใบมันสำปะหลังในสูตรอาหาร แม้ว่าจะไม่ให้เกิดการเจริญเติบโตสูงสุด

แต่ก็ให้การเจริญเติบโตที่สูงกว่าอาหารเปรียบเทียบ (สูตรที่ 1) ที่ใช้แต่ไขมันและกากถั่วเหลืองและมีอัตราการย่อยได้ปรากฏสูงสุดที่ 79.45 เปอร์เซ็นต์ โดยโปรตีนจากไขมันสำปะหลังจะมีราคาถูกกว่าโปรตีนจากกากถั่วเหลือง นอกจากนี้ สิทธิศักดิ์ และ เมธา (2549) รายงานว่า การใช้ไขมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์เกี่ยวข้องไม่เพียงสามารถใช้ประโยชน์เป็นแหล่งของโปรตีนในอาหารสัตว์ แต่ยังมีคุณสมบัติในการควบคุมพยาธิได้ ทั้งนี้เนื่องจากสารแทนนินที่อยู่ในไขมันสำปะหลัง ดังนั้นการเปลี่ยนมาใช้ไขมันสำปะหลังแทนกากถั่วเหลืองทำให้สมรรถภาพการผลิตของสัตว์สูงกว่าจะเป็นการช่วยลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงสัตว์ลงได้

2. การวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด

2.1 ระดับของยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือด

ในระหว่างวันที่เก็บตัวอย่าง (วันที่ 1 และ 90 ของการทดลอง) ระดับของยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก ยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือดมีความสัมพันธ์กับการกินอาหาร โปรตีน (Preston *et al.*, 1965) และการผลิตแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะหมัก (Lewis, 1975) โดย Kirk and Walker (1976) รายงานว่า ระดับของยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือดของลูกแกะเฉลี่ยจะอยู่ที่ 12 – 15 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ซึ่งระดับของยูเรีย - ไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้จากการทดลองในวันสุดท้ายของการทดลองก็อยู่ในช่วงดังกล่าว และสรุปได้ว่า แกะทดลองที่ได้รับอาหารชั้นสูตรต่าง ๆ ในการทดลองนี้มีระดับยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือดอยู่ในระดับปกติ ซึ่งสามารถบอกได้ว่า สัตว์ได้รับโภชนาจากอาหารเพียงพอต่อความต้องการ

2.2 ระดับของโปรตีนในเลือด

ระดับของโปรตีนในเลือดมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อยในวันสิ้นสุดการทดลอง ทั้งนี้เป็นเพราะแกะได้รับอาหารทดลองที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตทั้งหญ้าแห้งและอาหารชั้น โดย NRC (1985) รายงานว่า แกะขุนน้ำหนัก 30 กิโลกรัม ต้องได้รับอาหารที่มีโปรตีนอย่างหยาบ 14.7 เปอร์เซ็นต์ต่อเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนอย่างหยาบในอาหารชั้นทดลองที่ใช้ในการทดลองนี้อยู่ที่ 15 – 16 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนรวมในเลือดมีเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้อาหารชั้นสูตรที่ 1 และ 2 ใช้แหล่งโปรตีนคุณภาพที่สามารถย่อยได้ง่ายคือ กากถั่วเหลือง ตลอดจนมีโภชนาที่ย่อยสลายได้ง่ายสูงกว่าอยู่สูงกว่าอาหารชั้นสูตรที่ 3 และ 4 ที่ใช้

ไขมันสำปะหลังเป็นแหล่งของโปรตีน และมีไขมันที่ย่อยสลายได้ง่ายน้อยกว่า (มีส่วนของผนังเซลล์สูงกว่า) จึงมีผลทำให้การย่อยไขมันในอาหารเกิดขึ้นได้เร็วกว่า โดยเมื่อพิจารณาจากการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักจากการทดลองที่ 1 ก็เห็นได้ว่า ในชั่วโมงที่ 4 ของการบ่มอาหารชั้นสูตรที่ 1 มีการสลายตัวสูงสุดที่ 44 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดในอาหารชั้นสูตรที่ 4 ที่ 23.24 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ระดับโปรตีนในเลือดหลังจากการกินอาหารในกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 1 สูงกว่ากะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 2, 3 และ 4

2.3 ระดับของกลูโคสในเลือด

ระดับของกลูโคสในเลือดจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงพลังงานที่สัตว์ได้รับจากอาหาร ซึ่งมีผลมาจากกรดไขมันที่ระเหยได้ที่สร้างขึ้นในกระเพาะหมัก ทั้งนี้ผลจากการทดลองก็พบว่า ระดับของกลูโคสในเลือดจะลดลงหลังจากกะที่ได้รับอาหารทดลอง โดยอาจเป็นเพราะว่า วัตถุดิบที่ใช้ในอาหารทดลองมีเชื้อใยในระดับที่สูง ตลอดจนระดับของเชื้อใยในอาหารชั้นทดลองจะอยู่ที่ 16 – 19 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้มีการย่อยได้ช้าและมีการเปลี่ยนเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ในรูปของโพรพิโอเนทและบิวทีเรตได้น้อยกว่า อย่างไรก็ตามระดับของกลูโคสในเลือดที่วิเคราะห์ได้จากการทดลองนี้ก็มีค่าสูงกว่าค่าปกติที่รายงานในกะที่ระดับ 25 – 50 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (Reid, 1950) ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่ากะที่ได้รับอาหารชั้นทดลองทุกสูตรได้รับโภชนาเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์

2.4 ระดับของ triiodothyronine ในเลือด

ระดับของ triiodothyronine (T_3) ในเลือดของกะที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่มจะพบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 จะสูงสุด และต่ำสุดในกะที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 ซึ่ง T_3 เป็นฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ที่มีความสำคัญในการควบคุมเมตาบอลิซึมของไขมัน (Metz *et al.*, 1996; Tan *et al.*, 1997) โดยค่าของ T_3 จะสูงขึ้นตามการกินอาหารและการเผาผลาญอาหารของสัตว์ ซึ่งจากการทดลองระดับของ T_3 ในเลือดของกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 4 มีค่าสูงที่สุด และต่ำสุดในกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 2 ทั้งนี้ก็เป็นไปตามปริมาณการกินอาหารชั้นที่กะกินคือ กะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 4 มีปริมาณการกินอาหารชั้นสูงสุด และต่ำสุดในกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 2 และเมื่อพิจารณาในส่วนของการย่อยได้ปรากฏพบว่า เมื่อเทียบค่าการย่อยได้ปรากฏกับปริมาณการกินอาหารทั้งหมด เปอร์เซ็นต์การย่อยได้คิดตามปริมาณการกินอาหารทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 73.90,

73.36, 68.33, และ 66.08 ในแกะที่กินอาหารชั้นสูตรที่ 4, 3, 1, และ 2 ตามลำดับ ซึ่งก็สอดคล้องกับค่าของ T_3 ในเลือดที่วิเคราะห์ได้จากการทดลองที่จะสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับในอาหารชั้นสูตรที่ 4, 3, 1, และ 2

2.5 ความเป็นกรด - ด่าง

ผลจากการศึกษาสภาพแวดล้อมในกระเพาะหมักพบว่า pH ที่ 2 ชั่วโมงหลังอาหารจะลดลงเล็กน้อยในแกะที่กินอาหารสูตรที่ 2 - 3 ยกเว้น สูตรที่ 1 ที่จะเพิ่มขึ้น แต่ก็ถือว่ายังอยู่ในระดับปกติ ซึ่ง Van Soest (1982) รายงานว่า ช่วง pH ที่เหมาะสมของกระเพาะหมักจะอยู่ในช่วง 6 - 7 นอกจากนี้มีรายงานว่า แบคทีเรียในกระเพาะหมักส่วนใหญ่จะชอบค่าความเป็นกรด - ด่างที่ค่อนข้างเป็นกลางสำหรับการเจริญเติบโต แต่ก็ยังมีบางชนิด (เช่น *Streptococcus bovis* และ *Prevotella ruminicola*) ที่สามารถเจริญได้ในค่าความเป็นกรด - ด่างที่ 5 - 6 (Weimer, 1996) ตลอดจน Stewart (1997) เสนอว่า ค่าความเป็นกรด - ด่างที่ 6.7 - 7.0 จะเหมาะสมต่อการย่อยสลายเยื่อใย และค่าความเป็นกรด - ด่างที่สูงกว่าค่านี้นี้จะเหมาะสมต่อการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์จากการผลการทดลองที่พบว่า ค่าความเป็นกรด - ด่างในกระเพาะหมักของแกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 3 และ 4 ต่ำกว่าแกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 1 และ 2 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงปริมาณอาหารชั้นที่สัตว์กินก็สามารถบอกได้ว่า แกะที่กินอาหารชั้นสูตรที่ 3 และ 4 มีปริมาณการกินอาหารชั้นสูงกว่าแกะที่กินอาหารชั้นสูตรที่ 1 และ 2 จึงทำให้หลังจากการกินอาหาร 2 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด - ด่างในกระเพาะหมักของแกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 3 และ 4 ลดลงอย่างเห็นได้ชัด

2.6 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจน

ในส่วนของความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_4 - \text{N}$) ที่ 2 ชั่วโมงหลังอาหารก็จะลดลงในแกะที่ได้รับอาหารชั้นทุกสูตร ปกติแล้วความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนจะต้องเพิ่มขึ้นหลังจากกินอาหาร แต่อิทธิพลที่มีผลทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนหมักลดลงคือ 1) การมีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างในอาหารเพิ่มขึ้น (MacGreger *et al.* 1983) หรือ 2) มีจำนวนของแป้งที่ถูกย่อยในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้น (McCarthy *et al.*, 1989) ซึ่งจากรายงานดังกล่าวก็พบว่า การทดลองนี้มีส่วนผสมของมันเส้นและกากมันสำปะหลังในอาหารชั้นที่เป็นแป้ง และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างอยู่สูง (30 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นจึงทำให้ค่า $\text{NH}_4 - \text{N}$ หลังจากกินอาหารลดลง และการทดลองนี้จะพบว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนีย -

ไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้จะสูงกว่าระดับที่เหมาะสมจากรายงานโดย Satter and Slyter (1974) ที่ระดับ 5 – 8 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นระดับที่มีอัตราการสังเคราะห์เซลล์จุลินทรีย์สูงสุด แต่ระดับของ $\text{NH}_4\text{-N}$ ที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับอาหารที่สัตว์กินเข้าไปด้วย นอกจากนี้ บุญล้อม (2546) ยังรายงานไว้ว่า ถ้าอาหารมีโปรตีนต่ำ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจนในกระเพาะหมักน้อย ปริมาณไนโตรเจนที่จะกลับเข้าสู่กระเพาะหมักอาจสูงกว่าปริมาณที่ถูกดูดซึมออกไป ทำให้สามารถสร้างโปรตีนของจุลินทรีย์ได้มาก มีโปรตีนไปถึงลำไส้เล็กมากกว่าโปรตีนที่กินเข้าไป โดยการหมุนเวียนยูเรีย – ไนโตรเจนเข้าสู่กระเพาะหมักจะมีประโยชน์มากสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพราะสามารถช่วยลดไนโตรเจนที่ถูกขับออกทางปัสสาวะได้

2.7 ประชากรโปรโตซัว

ประชากรของโปรโตซัวในกระเพาะหมักจะพบว่าลดลงหลังจากกินอาหาร ยกเว้นในแกะที่กินอาหารสูตรที่ 3 ที่จะเพิ่มขึ้น โดย Towne and Nagaraja (1990) พบว่า แกะที่ได้รับอาหารต่าง ๆ จะมีประชากรโปรโตซัว 1.809×10^6 /มิลลิลิตร นอกจากนี้ Nakamura and Kanegaski (1969) ได้แสดงอิทธิพลของอาหารต่อความเข้มข้นของโปรโตซัวในแกะที่จะพบว่า แกะที่ได้รับอาหารชั้นและหญ้าแห้งร่วมกันจะมีความเข้มข้นของโปรโตซัว $7 - 12 \times 10^5$ เซลล์/มิลลิลิตร ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่า ประชากรของโปรโตซัวในของเหลวจากกระเพาะหมักของแกะจะมีค่าอยู่ในช่วงที่รายงานดังกล่าว แต่ทั้งนี้แกะที่ได้รับอาหารชั้นทดลองสูตรที่ 3 มีประชากรโปรโตซัวเพิ่มขึ้น หลังจากการกินอาหารอาจเนื่องจาก ประชากรแบคทีเรียเริ่มต้น (ที่ 0 ชั่วโมง) ของแกะที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 มีจำนวนมากกว่าแกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรอื่น ๆ จึงทำให้มีโปรโตซัวเพิ่มมากขึ้น เพื่อควบคุมจำนวนของแบคทีเรียในกระเพาะหมักให้อยู่ในระดับปกติ ซึ่งโปรโตซัวจะกินแบคทีเรีย แป้ง โปรตีน คลอโรพลาสต์ และสารอื่น ๆ เป็นอาหารได้ โดยมันสามารถเก็บคาร์โบไฮเดรตไว้ในรูปของอะไมโลเพคติน (amylopectin) เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในยามขาดแคลนได้ และถ้าสัตว์ได้รับอาหารชั้นสูง การเก็บแป้งและน้ำตาลไว้ในตัวโปรโตซัวสามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดสภาพกรด (acidosis) ในกระเพาะหมักได้ (บุญล้อม, 2546)

2.8 ประชากรแบคทีเรีย

ประชากรของแบคทีเรียในกระเพาะหมักจะพบว่าเพิ่มขึ้นหลังจากกินอาหาร ยกเว้นในแกะที่กินอาหารสูตรที่ 3 ที่จะลดลง จากประชากรของแบคทีเรียที่นับได้จากการทดลองก็พบว่า

ประชากรของแบคทีเรียจะมีความสัมพันธ์เชิงลบกับประชากรของโปรโตซัวคือ เมื่อประชากรของแบคทีเรียเพิ่มขึ้นประชากรของโปรโตซัวก็จะลดลง นอกจากนี้ Dehority and Tirabasso (2001) ก็ได้พบความสัมพันธ์ทางลบระหว่างประชากรแบคทีเรียและโปรโตซัว เนื่องจากจุลินทรีย์ทั้งสองประเภทนี้มีการแข่งขันกันในสภาพที่มีอาหารจำกัดในกระเพาะหมัก ซึ่งสภาพที่เอื้อให้จุลินทรีย์กลุ่มหนึ่งเจริญได้ดี มีผลให้จำกัดการเจริญของประชากรอีกกลุ่มได้ ตลอดจน Edie and Mann (1970) ยังได้รายงานว่า โปรโตซัวจะกินแบคทีเรียเป็นอาหารเพื่อเป็นการควบคุมจำนวนของแบคทีเรีย แต่อย่างไรก็ตามแบคทีเรียก็จะดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัยกับโปรโตซัว ซึ่งแบคทีเรียจะเกาะอยู่กับตัวโปรโตซัว เพื่อใช้ประโยชน์จากอาหารที่โปรโตซัวย่อย อย่างไรก็ตามจำนวนของแบคทีเรียที่นับได้จากการทดลองนี้ก็จะเพิ่มขึ้นตามการย่อยสลายของอาหารเมื่อพิจารณาจากการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมัก โดยที่ 2 ชั่วโมงของการบ่มการสลายตัวของวัตถุแห้งในตัวอย่างอาหารชั้นจะมีการสลายตัวสูงสุดในอาหารชั้นสูตรที่ 1, 2, 3, และ 4 ตามลำดับ ซึ่งอัตราการสลายตัวของวัตถุแห้งที่สูงนี้มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของประชากรแบคทีเรียที่เข้าย่อยสลายอาหารดังกล่าว จึงทำให้ประชากรของแบคทีเรียในของเหลวจากกระเพาะหมักของแกะมีค่าสูงสุดในแกะที่ได้รับอาหารชั้นสูตรที่ 1, 2, 3, และ 4 ตามลำดับ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การใช้กากมันสำปะหลังและไบมันสำปะหลัง เพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนมันเส้นและแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถให้ผลที่ดีต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ได้ โดยความแตกต่างกันที่พบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอาหารควบคุม ตลอดจนยังมีแนวโน้มในการให้อัตราการเจริญเติบโตที่ดีว่าสูตรอาหารควบคุม ทั้งนี้ในส่วนของค่าทางชีววิทยาในเลือดก็แสดงผลว่า สัตว์ที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากมันสำปะหลังและไบมันสำปะหลังทดแทนในสูตรอาหารมีสภาพร่างกายอยู่ในสภาวะปกติ ไม่อยู่ในสภาวะที่อาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการ และในส่วนของสภาพแวดล้อมในกระเพาะหมักมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งค่าความเป็นกรด – ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ประชากรโปรโตซัวและแบคทีเรีย โดยการใช้กากมันสำปะหลังและไบมันสำปะหลังเป็นแหล่งของพลังงานและโปรตีนทดแทนสามารถให้ประโยชน์ที่ดีต่อการเจริญเติบโตของสัตว์

ข้อเสนอแนะ

กากมันสำปะหลังและไบมันสำปะหลังสามารถใช้ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ เนื่องจากวัตถุดิบอาหารทั้งสองชนิดนี้เป็นวัตถุดิบอาหารย่อยและสามารถย่อยได้ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง แต่ในการนำมาใช้เพื่อการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก เช่น แพะ แกะ ก็ต้องมีข้อควรระวัง ทั้งนี้เพราะสัตว์เหล่านี้มีความสามารถในการเลือกกินอาหาร ซึ่งกากมันสำปะหลังที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ และไบมันสำปะหลังที่มีขนาดของลำต้นใหญ่ ก้านใบยาว ที่ได้มาจากโรงงานอาหารสัตว์ในรูปแบบทางการค้า สัตว์เหล่านี้จะไม่กินและจะเหลือส่วนของกากมันสำปะหลังก้อนใหญ่ และส่วนของลำต้นและก้านไบมันสำปะหลังเอาไว้ ดังนั้นการนำไปใช้เลี้ยงแพะ แกะ ควรนำเอากากมันสำปะหลังและไบมันสำปะหลังที่ได้ไปทำการบดให้มีขนาดเล็ก เพื่อที่สัตว์เหล่านี้จะไม่สามารถเลือกกินได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. องค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลัง.

มันสำปะหลัง: การผลิต การแปรรูป การใช้ประโยชน์. เอกสารประกอบการฝึกอบรม

โครงการพัฒนาศักยภาพการผลิตและการตลาดมันสำปะหลัง ณ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 4 – 8 สิงหาคม 2546. มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่ง

ประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และ

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กฤตพล สมมาตย์. 2544. รายงานความก้าวหน้าการวิจัย ครั้งที่ 2 โครงการวิจัยและพัฒนการใช้

ประโยชน์จากหัวมันสำปะหลังเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อลดต้นทุนการผลิต.

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จิรพรรณ นพวงศ์ ณ อยุธยา. 2518. การใช้ใบมันสำปะหลังหมักเป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับเลี้ยง

สุกรรุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิพิเชษฐ์. 2519. **มันสำปะหลัง.** ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2532. **มันสำปะหลัง การปลูก อุตสาหกรรมการแปรรูป และ การใช้ประโยชน์.** ภาควิชา

พืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2546. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง. **มันสำปะหลัง: การผลิต การแปรรูป การใช้**

ประโยชน์. เอกสารประกอบการฝึกอบรมโครงการพัฒนาศักยภาพการผลิตและการตลาด

มันสำปะหลัง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 4 – 8 สิงหาคม 2546. มูลนิธิสถาบันพัฒนา

มันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยาม

บรมราชกุมารี และภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, จงรักษ์ แก้วประสิทธิ์, พัฒนา อนุรักษ์พงศธร และ สมยศ พุทธเจริญ.

2531. ปริมาณโปรตีนในไขมันสำปะหลัง 13 สายพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร.

21 (3): 176 – 181.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2532. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

นรินทร์ ทองวิทยา. 2520. ผลของการใช้อาหารหมักมูลไก่ และไขมันสำปะหลังในไก่กระตัง และไก่

ไข่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัย

เชียงใหม่ เชียงใหม่.

ผกาพรรณ สกุลม้น และปรีชา อินนุรักษ์. 2545ก. การเสริมกากแป้งมันหมักและกากปาล์มเลี้ยง

กระบือ. รายงานผลการดำเนินงาน โครงการส่งเสริมการใช้ไขมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์

ในประเทศไทย ปี 2545. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ และศูนย์วิจัยและ

พัฒนาการผลิตโคและกระบือ สถาบันสุวรรณวาทกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยา

เขตกำแพงแสน, นครปฐม. 154 – 157 น.

_____ และ _____. 2545ข. การใช้กากแป้งมันหมักเสริมด้วยอาหารโปรตีนเลี้ยงโคและ

กระบือ. รายงานผลการดำเนินงาน โครงการส่งเสริมการใช้ไขมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์

ในประเทศไทย ปี 2545. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ และศูนย์วิจัยและ

พัฒนาการผลิตโคและกระบือ สถาบันสุวรรณวาทกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยา

เขตกำแพงแสน, นครปฐม. 158 – 166 น.

พิรพจน์ นิธิพจน์ และ กฤตพล สมมาตรย์. 2546. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ของผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง อาหารพลังงาน และอาหาร

หยาบ ในหลอดทดลอง. การสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2546 วันที่ 27 – 28

มกราคม 2546 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น,

ขอนแก่น. 179 – 190 น.

พิรพจน์ นิติพจน์, กฤตพล สมมาตย์, Daovy Kongminila, วิโรจน์ ภัทรจินดา และ เทวินทร์ วงษ์พระ
 ลับ. 2547. ผลของการใช้กากมันสำปะหลังทดแทนมันเส้น ต่อพฤติกรรมการกินอาหาร
 ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และการเจริญเติบโตในโคนมเพศ
 เมียร์น. **สัมมนาวิชาการแห่งชาติ ประจำปี 2547 สาขาสัตวศาสตร์/สัตวบาล “ปศุสัตว์ไทย
 อาหารมาตรฐานโลก” คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.**
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 541 – 546 น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟีนีฟัฒซิง, กรุงเทพฯ.

_____, สุทธิพงศ์ อริยะพงศ์สรรค์, ศักดิ์สิทธิ์ จันทน์ไทย, สดุดี วรรณพัฒน์, นลอง วชิรภากร
 และ กังวาน ธรรมแสง. 2532. การใช้ใบมันสำปะหลังแห้งและฟางหมักยูเรียเพื่อเลี้ยง
 กระบือใช้งานในช่วงฤดูแล้งในระดับหมู่บ้าน. **แนวเกษตร. 7 (7): 144.**

วราพันธุ์ จินตณวิชัย, สุกัญญา จิตตพรพงษ์, ฤทัยชนก มากระนิตย์, สุกัญญา ศรีมงคลนาม,
 และญัฐฐา วิวัฒน์วงศ์วนา. 2549. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มแลค
 คติกแอซิดแบคทีเรียและยีสต์ในระหว่างการหมักกากมันสำปะหลัง. **เรื่องเต็มการประชุม
 วิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 เล่มที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ. 131 – 137 น.**

ศิวพร วรอนุ, เมธา วรรณพัฒน์, สิทธิศักดิ์ คำพา และ นลอง วชิรภากร. 2546. ผลของระดับมันเฮย์
 และมันเส้นในสูตรอาหารข้นต่อนิเวศวิทยาหมัก และปริมาณการกินได้ของฟางหมักยูเรีย
 ในโคนม. **การสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2546 วันที่ 27 – 28 มกราคม 2546 คณะ
 เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 191 – 200 น.**

สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒนะ, อังคณา หาญบรรจง, เพ็ญแข วันไชยชนวงศ์ และ สุนีย์ นิธิสินประเสริฐ.
 2550. การสลายได้ของวัตถุแห้งในหญ้าสดและไซเลจชนิดต่าง ๆ ในกระเพาะหมักของ
 โคนม. **เรื่องเต็มการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 45 เล่มที่ 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ. 227 – 234 น.

สมิต ยิ้มมงคล, อุทัย คันโธ และสุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2546. ผลการใช้กากแป้งมันสำปะหลังเป็นอาหารผสมเสร็จ (TMR) สำหรับโคเนื้อ. รายงานผลการดำเนินงาน โครงการร่วมส่งเสริมการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทย ปี 2546. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ และศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค สถาบันสุวรรณวาลกกลกิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 209 – 214 น.

สราวุธ เกาเขขุนทด, เมธา วรรณพัฒน์, ฉลอง วชิราภากร และ งามนิจ นนทโส. 2545. ผลของการใช้มันสำปะหลังตากแห้งทั้งต้น (มันเฮย์) ในอาหารก่อนคุณภาพสูงต่อผลผลิตน้ำนมในโคนม. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฉบับบัณฑิตศึกษา. 2 (ฉบับพิเศษ 2545): 39 – 49.

สิทธิศักดิ์ คำผา และ เมธา วรรณพัฒน์. 2549. ผลของอาหารก่อนคุณภาพสูงที่มีมันเฮย์เป็นองค์ประกอบเป็นยาถ่ายพยาธิในโคนมเพศผู้ที่ปล่อยเลี้ยงและเล็มหญ้าไร่. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฉบับบัณฑิตศึกษา. 6 (1): 1 – 9.

อุทัย คันโธ. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

_____. 2537. การใช้วัตถุดิบอาหารทดแทนบางชนิดเป็นอาหารสุกร. การผลิตสุกรเชิงอุตสาหกรรม เล่ม 1. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

_____. 2546. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์. มันสำปะหลัง: การผลิต การแปรรูป การใช้ประโยชน์. เอกสารประกอบการฝึกอบรมโครงการพัฒนาศักยภาพการผลิตและการตลาดมันสำปะหลัง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 4 – 8 สิงหาคม 2546. มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุทัย คันโช และ สุภิญญา จัดตุพรพงษ์. 2545. การส่งเสริมพัฒนาการผลิตและการตลาดมันเส้น
สะอาด. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ และภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์. จัดพิมพ์โดย กรมการค้าต่างประเทศ, กรุงเทพฯ.

_____ และ _____. 2547. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ : ผลการใช้และข้อมูลการ
วิจัยในประเทศไทย. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาลกสิ
กิจฯ และภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน,
นครปฐม.

อมรรัตน์ แซ่ลิ่ม. 2517. การใช้มันสำปะหลังระดับสูงในอาหารไก่กระตัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Granum, G. M., เมธา วรรณพัฒน์, นลอง วชิราภากร และ ภาวดี ภักดี. 2546. การศึกษาเปรียบเทียบ
ผลการเสริมมันเฮย์ในกระป๋องปลักและโคเนื้อ. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฉบับ
บัณฑิตศึกษา. 3 (ฉบับพิเศษ 2546): 17- 29.

Abe, M., H. Shibui, T. Iriki and F. Kumeno. 1973. Relation between diets and protozoal
population in the rumen. **Brit. J. Nutri.** 29: 197 – 202.

AOAC. 1990. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical
Chemistry**. 15th ed. Washington, DC. 1: 69 – 90.

Baccari, F. Jr., H. D. Johnson, and G. L. Hahn. 1983. Environmental heat effects on growth,
plasma t3, and post – heat compensatory effects on Holstein calves. **Proc. Soc. Exp.
Biol. Med.** 173: 312.

Barrios, E. A. and R. Bressani. 1967. Root and leaf chemical composition of some varieties of
cassava, *Manihot* . **Turrialba**. 17 (3): 314 – 320.

- Bisset, F. H., R. C. Clapp, R. A. Coburn, M. G. Ettlinger and L. Long. 1969. Cyanogenesis in manioc : concerning lotaustralin. **Phytochem.** 8: 2235 – 2247.
- Bolhuis, C G. 1954. The toxicity of cassava roots. **Netherland J. Argri. Sci.** 2: 176 – 185.
- Bragg, D. St. A., M. R. Murphy and C. L. Davis. 1986. Effect of source of carbohydrate and frequency of feeding on rumen parameters in dairy steers. **J. Dairy Sci.** 69: 392 – 402.
- Bryant, M. P. and N. Small. 1960. Observations on the ruminals microorganisms of isolated and inoculated calves. **J. Dairy Sci.** 43: 654 – 667 .
- _____ and I. M. Robinson. 1961. An improved nonselective culture medium for ruminals bacteria and its use in determining diurnal variation in numbers of bacteria in the rumen. **J. Dairy Sci.** 44: 1446 – 1456.
- Butler, G. W. 1965. The distribution of the cyanoglucosides, linamarin and lotaustralin in higher plants. **Phytochem.** 4: 127 – 131.
- Chadha, Y. R. 1961. Source of starch in common wealth territories. III cassava. **Trop. Sci.** 3 (3): 101 – 113.
- Chandhary, L. C., A. Srivastava and K. K. Singh. 1995. Rumen fermentation pattern and digestion of structural carbohydrates in buffalo (*Bubalus bubalis*) calves as affected by ciliate protozoa. **Animal Feed Sci. and Tech.** 56: 111 – 117.
- Chandrasekharaiah, M., K. T. Sampath, A. Thulasi and S. Anandan. 2001. In situ protein degradability of certain feedstuffs in the rumen of cattle. **Indian J. Animal Sci.** 71 (3): 261 – 264.

- Chanjula, P., M. Wanapat, C. Wachirapakorn, S. Uriyapongson and P. Rowlinson. 2003. Effects of various levels of cassava hay on rumen ecology and digestibility in swamp buffaloes. **Annual Agricultural Seminar for Year 2003, 27 – 28 January, Khon Kaen University**. Khon Kaen, Thailand. 149 – 165.
- Choksi, N. Y., G. D. Jahnke, C. St. Hilaire and M. Shelby. 2003. Role of thyroid hormone in human and laboratory animal reproduction health. **Brith. Defects Res. (Part B)**. 68: 179 – 491.
- Church, D. C. 1969. **Digestive physiology and nutrition of ruminants. Vol. 1**. O. S. U. Book Stores Inc., Corvallis, Oregon.
- _____. 1976. **Digestive physiology and nutrition of ruminants. Vol. 1**. 2 th ed. O. S. U. Book Stores, Inc. Corvallis, Oregon.
- _____. 1979. **Digestive physiology and nutrition of ruminants. Vol. 2 – nutrition**. 2 th ed. Oxford Press. U.S.A.
- _____. and R. G. Petersen. 1960. Effect of several variables on in vitro rumen fermentation. **J. Dairy Sci.** 43: 81.
- Clarke, R. T. J. 1977a. The gut and the micro – organisms. **Microbial Ecology in the Gut**. R. T. J. Clarke and T. Bauchop eds. Academic Press, New York, New York. 36 – 71.
- _____. 1977b. Protozoa in the rumen ecosystem. **Microbial Ecology in the Gut**. R. T. J. Clarke and T. Bauchop eds. Academic Press, New York, New York. 251 - 276.
- Coleman, G. S. 1980. Rumen ciliate protozoa. **Advances in Parasitology**. W. H. R. Lumsden, R. Muller, and J. R. Baker eds. Academic Press, New York. 121 – 173.

Coleman, G. S. 1988. The importance of rumen ciliate protozoa in the growth and metabolism of the host ruminant. **Inter. J. Animal Sci.** 3: 75 – 95.

Conn, E. E. and P. K. Stumpt. 1976. **Outlines of biochemistry**. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Coursey, D. G. 1973. Cassava as food: toxicity and technology. **Proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England. 29 – 30 January 1973**. International Development Research Centre Monogr. IDRC-010e. 27 – 36.

Crocker, C. L. 1967. Rapid determination of urea nitrogen in serum or plasma without deproteinization. **American J. Medical.** Tech. 33: 361 – 365.

Cross, D. L., R. L. Ludwick, J. A. Boling and N. W. Bradley. 1974. Plasma rumen fluid components of steers fed two sources and levels of nitrogen. **J. Anim. Sci.** 38: 464.

Dearth, R. N., B. A. Dehority and E. L. Potter. 1974. Rumen microbial numbers in lambs as affected by level of feed intake and dietary diethylstilbesterol. **J. Anim. Sci.** 38: 991 – 996.

Dehority, B. A. 1961. Effect of particle size on the digestion rate of purified cellulose by rumen cellulolytic bacteria in vitro. **J. Dairy Sci.** 44: 687.

_____. 1975. Rumen ciliate protozoa of Alaskas reindeer and caribou (*Rangifer tarandus* L.). **Proceeding of the 1st International reindeer and Caribou Symposium**. J. R. Luick, P. C. Lent, D. R. Klein and R. G. White eds. Biological papers of the University of Alaska, Special Report No. 1 241 – 250

_____. 1993. **Laboratory manual for classification and morphology of rumen ciliate protozoa**. CRC Press, Boca Raton, FL.

- Dehority, B. A. 2003. **Rumen microbiology**. Nottingham University Press. Thrumpton, Nottingham.
- _____ and Johnson. 1961. Effect of particle size upon the in vitro cellulose digestibility of forages by rumen bacteria. **J. Dairy Sci.** 44: 2242.
- _____ and C. G. Orpin. 1988. Development of, and natural fluctuations in, rumen microbial population. **The Rumen Microbial Ecosystem**. P. N. Hobson eds. Elsevier Applied Science, London. 151 – 183 p.
- _____ and G. A. Varga. 1991. Bacterial and fungal numbers in ruminants and cecal contents of the blue duiker (*Cephalophus monticalo*). **App. and Env. Microb.** 57: 469 – 472.
- _____ and P. A. Tirabasso. 2001. Effect of Feeding Frequency on Bacteria and Fungal Concentration, pH and Other Parameters in the Rumen. **J. Anim. Sci.** 79 : 2908 – 2912.
- Devendra, C. 1977. Cassava as a feed source for ruminants. **Cassava as Animal Feed**. Nestel, B. and Graham, M. eds. Proceeding of Workshop. University of Guelph. IDRC – 095e, 107 Ottawa.
- Eadie, J. M. 1962. The development of rumen microbial populations in lambs and calves under various condition of management. **J. General Microbiology**. 29: 563 – 578 .
- _____ and S. O. Mann. 1970. **In Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminants**. A. T. Phillip son eds., Oriel Press.
- Egan, A. R. and R. C. Kellaway. 1971. Evaluation of nitrogen metabolites as indices of nitrogen utilization in sheep given frozen and dry mature herbages. **Brit. J. Nutr.** 26: 335.

- ELISA. 2000. The Enzyme – Linked Immuno Sorbent Assay. Method in molecular biology. **The ELISA Guidebook**. Vol. 149, J. R. Crowther eds. 141 illus., Spiral binding.
- Fonty, G., Ph. Garrett, J. P. Jouany and J. Schnaud. 1983. Ecological factors determining establishment of cellulolytic bacteria and protozoa in the rumen of meroxenics lambs. **J. General Microbe**. 129: 213 – 223.
- Gramacho, D. D. 1973. Contribucao ao estudo quimico de feno da mandioca. Cruz das Almas, Brazil, Bahia, Univ. Federal. **Bahia Escola da agronomia Brascan Nordeste Serie Pesquisa**. 1 (1): 143 – 152.
- Grubb, J. A. and B. A. Dehority. 1975. Effects of an abrupt change in ration from all roughage to high concentrate upon rumen microbial numbers in sheep. **App. Microb**. 30: 404 – 412.
- Grummer, R. R., J. H. Clark., C. L. Davis and M. R. Murphy. 1984. Effect of Ruminal ammonia nitrogen concentration on protein degradation *in situ*. **J. Dairy Sci**. 67 (10): 2294 – 3010.
- Hamada, S., T. Nagagawa, T. Mori and K. Torizuka. 1970. Re – evaluation of thyroxine binding and free thyroxine in human serum by paper electrophoresis and equilibrium dialysis, and a new free thyroxine index. **J. clinical Endocrinology**. 31 (2): 166 - 179.
- Havard, C. W. H. 1974. Which test of thyroid function. **Brit. Medicine J**. 2: 553 – 556.
- Hilner, P. and B. A. Dehority. 1983. Effect of soluble carbohydrates on digestion of cellulose by pure cultures of rumen bacteria. **App. and Env. Microb**. 46: 642 – 648.

- Hobson, P. N. and J. P. Jouany. 1988. Models, mathematical and biological, of the rumen function. **The rumen Microbial Ecosystem**. P. N. Hobson eds. Elsevier Applied Science, London. 461 – 511 p.
- _____ and C. S. Stewart. 1997. **The Rumen Microbial Ecosystem**. Chapman & Hall, New York.
- Huber, J. T., R. L. Boman and H. E. Henderson. 1976. Fermented ammoniated condensed whey as a nitrogen supplement for lactating cows. **J. Dairy Sci.** 59: 1936.
- Hungate, R. E. 1966. **The Rumen and Its Microbes**. Academic Press. New York, New York.
- Hungate, R. E. 1978. The rumen protozoa. **Parasitic Protozoa**. Vol. 2. J. P. Kreier eds. Academic Press, Inc., New York, NY. 655 – 695.
- _____, J. Reichland and R. Prins. 1971. Parameters of rumen fermentation in a continuously fed sheep: Evidence of caribou (*Rangifer tarandus* L.). **Proceedings of the 1st International Reindeer and Caribou Symposium**. J. R. Luick, P. C. Lent, D. R. Klein and R. G. White eds. Biological papers of the University of Alaska, Special Report No. 1. 241 – 250.
- Hutagalung, R. I. 1972. Nutritive value of tapioca leaf meal, tapioca root meal, normal maize, opaque – 2 maize and pineapple bran for pigs and poultry. **17th Conference and Annual General Meeting of the Malaysian Veterinary Association**. Faculty of Agriculture, University of Malaya, 10th – 12th December.
- _____, S. Jalaludin and C. C. Chang. 1974. Effects of levels of dietary cassava (Tapioca) leaf and root on performance, digestibility and body composition of broiler chicks. **Mal. Agric. Res.** 3: 49 – 50.

- Ibrahim, E. A., J. R. Ingalls and N. E. Stanger. 1970. Effect of dietary diethylstilbestrol on populations and concentrations of ciliate protozoa in dairy cattle. **Canadian J. Anim. Sci.** 50: 101 – 106.
- IITA. 1974. International Institute of Tropical Agriculture for 1973. **Evaluation for Quality root and tuber breeding**. Ibadan, Nigeria.
- Joachim, A. W. R. and D. C. Panpittsekere. 1944. Investigations of the hydrocyanic acid content of manioc (*Manihot utilisima*). **Trop. Agriculturist**. 100: 150 – 163.
- Johnson, R. M. and W. D. Raymond. 1965. The chemical composition of some tropical food plants. IV. **Manioc**. **Trop. Sci.** 7: 109 – 115.
- Jones, W. O. 1959. **Manioc in Africa**. Stanford Univ. Press. Stanford. California. 315 p.
- Jouany, J. P. and Senaud, J. 1979. Role of rumen protozoa in the digestion of food cellulosic material. **Ann. Rec. Vet.** 10: 261 – 263.
- Juarez, L. 1955. **Estudio agronomico sobre la utilization de la yucca como forraje**. Lima, Estacion Experimental Agricola La Molina. Bol. 58.
- Kay, D. E. 1973. **Root Crops**. Her Majesty's Stationary Office. England.
- Khajarearn, J., S. Khajarearn, A. Sivapraphagon and L. Nandhapipat. 1982. A survey on the changes in chemical composition of cassava root products in Khon Kaen region in 1980. **KKU – IDRC Cassava/Nutrition Project 1976 Annual Report Khon Kaen University**. Khon Kaen, Thailand. 22 – 29.
- Khang, D. N. and H. Wiktorsson. 2000. Effects of cassava leaf meal on the rumen environment of local yellow cattle fed urea – treated paddy straw. **Asian – Australasian J. Animal Sci.** 13: 1102 – 1108.

- Khang, D. N. and H. Wiktorsson. 2004. Effects of fresh cassava tops on rumen environment parameters, thyroid gland hormones and liver enzyme of local yellow cattle fed urea – treated fresh rice straws. **Trop. Animal Health and Production**. 36 (2004) 751 – 762.
- Kirk, R. D. and D. M. Walker. 1976. Plasma urea nitrogen as an indicator of protein quality. I. Factors affecting the concentration of urea in blood of preruminant lamb. **Aust. J. Agr. Res.** 27: 109.
- Kling, S. H., E. Solowez, M. SP. Daumas, G. H. Silva, M. R. J. Martins, R. M. B. Moura and J. C. Person. 1976. Industrial evaluation of cassava leaves. **Inf. Inst. Noc. Tech. Rio de Janeiro**. 9 (11): 13 – 18.
- Kofoed, C. A. and R. F. MacLennan. 1930. **Ciliated from *Bos indicus* Linn. The genus *Entodinium* Stein. Vol. 1.** University of California Publications in Zoology. 33: 471 – 544.
- _____ and _____. 1932. **A revision of *Diplodinium* Schuberg. Vol. 2.** University of California Publications in Zoology. 37: 53 - 152.
- _____ and R. F. MacLennan. 1933. ***Epidinium* Crawley, *Epiplastron* gen. nov., and *Ophryoscolax* Stein. Vol . 3.** University of California Publications in Zoology. 39: 1 - 34.
- Lee, K. C. T. and R. I. Hutagalung. 1972. Nutritional value of tapioca leaf (*Manihot utilissima*) for swine. **Malaysian Agri. Res.** 1: 38 – 47.
- Lewis, D. 1975. Blood urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant. **J. Agri. Sci. (camb.)**. 48: 438 – 446.

- MaCarthy, R. D., Jr. T. H. Klusmeyer, J. L. Vicini, J. H. Clark and D. R. Nelson. 1989. Effects of sources of protein and carbohydrate on Ruminant fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. **J. Dairy Sci.** 72: 2002 – 2016.
- MacGregor, C. A., M. R. Stokes, W. H. Hoover, H. A. Leonard, L. L. Junkins, C. T. Sniffen and R. W. Mailman. 1983. Effect of dietary concentration of total nonstructural carbohydrate on energy and nitrogen metabolism and milk production of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 66: 39 – 55.
- Mackies, R. I., F. M. C. Gilchrist, A. M. Robberts, P. G. Hannah and H. M. Schwartz. 1978. Microbiological and chemical changes in the rumen during the stepwise adaptation of sheep to high concentrate diets. **J. Agri. Sci.** 90: 241 – 254 .
- Marcono, M. Jr. 1974. Componentes quimicos las raices y hajas de veintisiete clones de yucca (Manihot esculenta, Crantz) cultivados en suelo de sabana de Monagas. **Tesis Agr. Jusepin**, Venezuela, Universidad de Oriente, Escuela de Ingenieria.
- Marks, D. B., A. D. Marks and C. M. Smith. 1996. **Basic Medical Biochemistry: a clinical approach**. International ed. Williams & Wilkins, Bangkok.
- McAllister, T. A., H. D. Bae, G. A. Jones, and K. J. Cherg. 1994. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. **J. Anim. Sci.** 72: 3004 – 3018.
- Metz, L. D., F. J. Seidler, E. C. MaCook, T. A. Slotkin. 1996. Cardiac alpha adrenergic receptor expression is regulated by thyroid hormone during a critical developmental period. **J. Mol. Cell Cardiol.** 28: 1033 – 1044.
- Moir, R. J. and M. Somers. 1956. A factor in influencing the protozoal population in sheep. **Nature.** 178: 1472.

- Moir, R. J. and M. Somers. 1957. Ruminants flora studies. Vol. 8. The influence of rate and method of feeding a ration upon its digestibility, upon ruminants function, and upon the ruminants population. **Aus. J. Agri. Res.** 8: 253 – 265.
- Montaldo, A. and J. J. Montilla. 1977. Production of cassava foliage. *In* Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 4th, Cali, Colombia. 1976. **Proceedings. Ottawa, Canada, International Development Research Center.** 142 – 145.
- Montilla, J. 1976. **Utilization of whole cassava plant in animal feed.** May cay, Univesidal Central de Venezuela.
- Montgomery, R. D. 1969. **Toxic constituents of plant foodstuffs.** Academic Press. New York and London.
- Mooney, P. and D. J. O'Donovan. 1970. The Permealibility of the Rumen to Simple Nitrogenous Compounds. **Biochem. J.** 1999 : 18 – 19 .
- Müller Z., K. C. Chou, and K. C. Nah. 1975. Cassava as a total substitute for cereals in livestock and poultry rations. **Proceedings of the 1974 Tropical Products Institute Conference, 1 - 5 April 1975.** 85 – 95.
- Murray, R. K., D. K. Granner, P. A. Mayers and V. W. Rodweell. 1996. **Haper's Biochemistry.** 24th ed. Appleton & Lange. Stamford, Connecticut.
- Nakaraja, T. G. and M. B. Taylor. 1987. Susceptibility and resistance of ruminants bacteria to antimicrobial feed additives. **App. and Env. Microb.** 53: 1620 – 1625.
- _____, G. Towne and A. A. Beharka. 1992. Moderation of ruminal fermentation by ciliated protozoa in cattle fed a high – grain diet. **App. and Env. Microb.** 58: 2410 – 2414.

- Nakamura, K. and S. Kanegasaki. 1969. Densities of ruminal protozoa of sheep established under different dietary conditions. **J. Dairy Sci.** 25: 250 – 255.
- _____. 1969. Studies on cassava, *Manihot utilisima*. Pohl, II. Biosynthesis of asparagines-¹⁴C from ¹⁴C labeled hydrogen cyanide and its relations with cyanogenesis. **Physiol. Plant.** 22: 1085 – 1096.
- Newbold, C. J., B. Lassalas and J. P. Jouany. 1995. The importance of methanogens associated with ciliate protozoa in ruminal methane production *in vitro*. **Letters in App. Microb.** 21: 230 – 234.
- NRC. 1985. **Nutrient Requirements of Sheep**. 6th ed. National Academy Press, Washington, D. C.
- Olumeyan, D. B., T. G. Nagaraja, G. W. Miller, R. A. Frey and J. E. Boyer. 1986. Rumen microbial changes in cattle fed diets with or without salinomycin. **App. and Env. Microb.** 51: 340 – 345.
- Oppenheimer, J. H. 1968. Role of plasma proteins in the binding, distribution and metabolism of the thyroid hormones. **New England J. Medicine.** 278: 1153.
- Orpin, C. E. 1978. Isolation of phycomycete fungi from the caecum of the horse. **Proceedings of the Society for General Microbiology.** 5: 46.
- _____ and L. Bountiff. 1978. Zoospore chemotaxis in the rumen phycomycete *Neocallimastix frontalis*. **J. General Microb.** 104: 113 – 122 .
- _____ and A. J. Letcher. 1979. Utilization of Cellulose, starch, xylan, and other hemicelluloses for growth by the rumen phycomycete *Neocallimastix frontalis*. **Current Microb.** 3: 121 – 124.

- Orpin, C. E and K. N. Joblin. 1988. The rumen anaerobic fungi. **The rumen Microbial Ecosystem**. P. N. Hobson eds. Elsevier Applied Science, London. 129 – 150.
- Otoul, E. 1973. Contribution a l'etude nutritionnelle des feuilles de manioc *Manihot esculenta* Crantz (*Manihot utilisissima* Pohl). **Bulletin des Recherches agronomiques de Gembioux**. 8 (2): 117 – 123.
- Ørskov, E. R. Horel, F. D. de and Mould, F. 1980. The use of nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. **Trop. Anim. Prod.** 5: 195 – 213.
- Paula, de G. and A. Rangel. 1945. Hydrocyanic content in cassava root. **Chem. Abstr.** 39: 1261.
- Polan, C. E. et al. 1970. Methionine hydroxy analog: varying levels for lactating cows. **J. Dairy Sci.** 53: 607. 1578.
- Potter, B. J. and B. A. Dehority. 1973. Effects of changed in feed level, starvation, and level of feed after starvation upon the concentration of rumen protozoa in the ovine. **App. Microb.** 26 – 692 – 698.
- Preston, T. R. and R. A. Leng. 1987. **Matching ruminant production system with available resources in the tropics and sub – tropics**. Penumbul Books, Armidale.
- Preston, R. L., D. D. Schnakanberg and W. H. Pfander. 1965. Protein utilization in ruminants. Vol. 1. Blood urea nitrogen as affected by protein intake. **J. Nutri.** 86: 281 – 287.
- Puch, H. C. 1977. **The Rumen Microbiological Changes Associated with Dietary Change**. M. S. Thesis. Ohio State University, Columbus. Ohio.

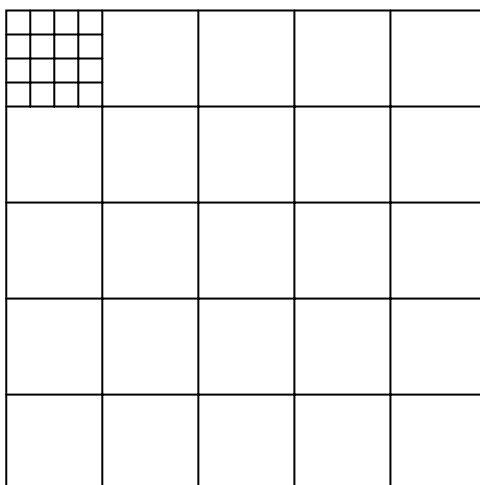
- Pulungan, H. and B. N. Bhakti. 1984. The substitution of concentrate with cassava root meals in the diets of growing sheep. **LPP Bulletin**. 29: 1 – 13.
- Reid, R. L. 1950. Studies on the carbohydrate metabolism of sheep. I. Therange of blood – sugar values under several conditions. **Aus. J. Agri. Res.** 1 (2): 182 – 199.
- Robbins, J. 2000. **Thyroid hormone transport proteins and the physiology of hormone binding**. L. E. Braverman and R. D. Utiger eds. Werner and Ingbar's, the thyroid 8th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Roger, D. U. 1959. Cassava leaf protein. **Economic Bot.** 13 (3): 261 – 263.
- Roger, D. J. and M. Milner. 1963. Amino acid profile of manioc leaf protein in relation to nutritive value. **Economic Bot.** 17(3): 211 – 216.
- Ross, O. and F. Q. Enriquez. 1969. The nutritive value of cassava leaf meal. **Poultry Sci.** 48: 846 – 853.
- Russell, J. B. and D. B. Dombrowski. 1980. Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria in continuous culture. **App. and Env. Microb.** 39: 604 – 610.
- Satter, L. D. and Slyter, L. L. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **Brit. J. Nutri.** 32: 199 – 208.
- Stewart, C. S. 1977. Factor of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **Brit. J. Nutri.** 32: 199 – 208.
- Tan, J. P., F. J. Seidler, D. A. Schwinn, S. O. Page and T. A. Slotkin. 1997. A critical period for the role of thyroid hormone in development of renal alpha – adrenergic receptors. **Pediatr Res.** 42: 93 – 102.

- Teunissen, M. J., H. J. M. Op den Camp, C. G. Orpin, J. H. S. Huis In't Veld and G. D. Vogels. 1991. Comparisions of growth characteristics of anaerobic fungi isolated from ruminant and non – ruminant herbivores during cultivation in a defined medium. **J. General Microb.** 137: 1401 – 1408.
- Toledo, F. F. DE. 1969. Aproveitamento des folhas e das romas de man dio ca na alimentacao. (Use of cassava leaves and branches in nutrition). **Solo.** 61 (1): 65 – 69.
- Towne, G. and T. G. Nagaraja. 1990. Omasal ciliated protozoa in cattle, bison and sheep. **App. and Environ. Microbiol.** 56: 409 – 412 .
- Tupynamba, M. L. V. C. and E. C. Vieira. 1979. Isolation of cassava leaf protein and determination of its nutritive value. **Nutri. Res. Int.** 15: 529 – 537.
- Ushida, K. and P. Jouany. 1993. Methane production associated with rumen ciliated protozoa and its effect on protozoan activity. **Letters in App. Microb.** 23: 129 – 132.
- Van Soest, P. J. 1982. **Nutritional Ecology of the Ruminant.** U & B Books, Inc., Corvallis, Oregon. U.S.A.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non – starch polysaccharides analysis in relation to animal nutrition. **J. Dairy. Sci.** 74: 3583 – 3597.
- Veira, D. M. 1986. The role of ciliate protozoa in nutritrion of the ruminant. **J. Animal Sci.** 63: 1547 – 1560.
- Warner, A. C. I. 1966. Diurnal changes in the concentrations of microorganisms in the rumen of sheep fed limited diets once daily. **J. General Microb.** 45: 213 – 235.

- Weimer, P. J. 1996. Diurnal changes in the concentrations of microorganisms in the rumen of sheep fed limited diets once daily. **J. General Microb.** 45: 213 – 235.
- Williams, A. G. and C. G. Orpin. 1987. Glycoside hydrolase enzymes present in the zoospore and vegetative growth stages of the rumen fungi *Neocallimastix patriciarum*, *Piromanas comminis*, and an unidentified isolate, grown on a range of carbohydrates. **Canadian J. Microbiol.** 33: 427 – 434.
- _____ and G. S. Coleman. 1988. The rumen protozoa. **The rumen Microbial Ecosystem**. P. N. Hobson eds. Elsevier Applied Sciences, London. 77 – 128.
- _____ and _____. 1992. **The rumen protozoa**. Springer – Verlag New York, Inc., New York, New York.
- Williams A. G, K. N. Joblin, and G. Fonty. 1994. Interactions between the rumen chytrid fungi and other microorganisms. **Anaerobic Fungi**. D. O. Mountford and C. G. Orpin eds. Maccel Dekker, Inc., New York. 191 – 228.
- Woeber, K. A. and S. H. Ingbar. 1968. The contribution of thyroxine – binding prealbumin to the binding of thyroxine in human serum, as assessed by immunoabsorption. **J. Clinical Investigation**. 47 (7): 1710 – 1721.
- Yeoh, H. H. and M. V. Chew. 1976. Free amino acids of cassava leaf. **Malaysian Agri. J.** 50 (4): 435 – 441.

ภาคผนวก

วิธีการนับเชื้อจุลินทรีย์



พื้นที่ในตารางทั้งหมด 25 ช่อง = 25 ตารางมิลลิเมตร

โดย 1 ช่องใหญ่จะมี 16 ช่องเล็ก

ดังนั้น

$$\begin{aligned} 1 \text{ ช่องเล็กจะมีพื้นที่} &= 0.2 \times 0.2 \\ &= 0.04 \text{ ตารางมิลลิเมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{การหาปริมาตร} &= \text{พื้นที่} \times \text{ความลึกของ hematocytometer (สมมุติใช้ที่ 0.1)} \\ &= 0.04 \times 0.1 \\ &= 4 \times 10^{-3} \text{ ลูกบาศก์มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

$$\text{ทำให้เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร} = 4 \times 10^{-6} \text{ เซนติลิตร (cc.)}$$

ถ้า 5 ช่องใหญ่นับเซลล์ได้ 80 เซลล์

$$\text{ดังนั้นค่าเฉลี่ยของเซลล์/1 ช่องใหญ่} = 80/5$$

$$= 16 \text{ เซลล์}$$

เมื่อปริมาตรของ 1 ช่องเล็กคือ 4×10^{-6} cc.
 ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 4 \times 10^{-6} \text{ cc. จะมีทั้งหมด} &= 16 \text{ เซลล์} \\
 \text{ถ้า } 1 \text{ cc จะมีทั้งหมด} &= 16 / (4 \times 10^{-6}) \text{ เซลล์} \\
 &= 4 \times 10^6 \text{ เซลล์}
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นตัวอย่างจะมีเซลล์อยู่ 4×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร

$$\begin{aligned}
 \text{ถ้าหากเจือจาง 100 เท่าก็จะมีเซลล์อยู่} &= 4 \times 10^6 / 10^2 \\
 &= 4 \times 10^8 \text{ เซลล์/มิลลิลิตร}
 \end{aligned}$$