



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

ปริญญา

โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์

สัตว์บาล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกรเล็ก รุน และขุน ต่อสมรรถภาพการผลิต
และคุณภาพซาก

Effect of Feeding Cassava Pulp in Starting, Growing and Finishing Pig Diets on Growth
Performance and Carcass Characteristics

นามผู้วิจัย นางสาวนารีรัตน์ เจริญวัฒนสกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อตมามงกุล, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุวเรศ เรืองพานิช, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์สุกัญญา รัตนทับทิมทอง, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อตมามงกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กาญจนา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกรเล็ก รุน และขุน
ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก

Effect of Feeding Cassava Pulp in Starting, Growing and Finishing Pig Diets
on Growth Performance and Carcass Characteristics

โดย

นางสาวนารีรัตน์ เจริญวัฒนสกุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

พ.ศ. 2552

นาริรัตน์ เจริญวัฒนสกุล 2552: ผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกรเล็ก รุ่น และขุน
ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และ
เทคโนโลยีอาหารสัตว์) สาขาวิชาโภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อาตมางกูร, Ph.D. 63 หน้า

การศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกรเล็ก รุ่น และขุนต่อสมรรถภาพการผลิตและ
คุณภาพซาก แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังจาก
แหล่งที่แตกต่างกัน 5 แหล่ง ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อศึกษาค่าการย่อยได้
แบบปรากฏของโภชนะ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในกากมันสำปะหลัง ในสุกรเพศผู้ตอนสามสายพันธุ์
(ดуроค × แลนด์เรซ × ลาร์จไวท์) น้ำหนักตัวเฉลี่ย 50 กิโลกรัม ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยการย่อยได้แบบ
ปรากฏของไขมันและโปรตีนในกากมันสำปะหลังเท่ากับ 71.51 และ 67.12 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์ความ
แปรปรวนเท่ากับ 10.24 และ 6.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยพลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 2,571 กิโล
แคลอรีต่อกิโลกรัม มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนที่ 3.12 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร
สุกรในระยะเล็ก รุ่น และขุน ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก โดยใช้สุกรสามสายพันธุ์ (ดуроค × แลนด์
เรซ × ลาร์จไวท์) จำนวน 96 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่ม
สมบูรณ์ภายในบล็อก ผลการศึกษา พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารที่มีองค์ประกอบของกากมันสำปะหลังที่ 0, 10, 20
และ 30 เปอร์เซ็นต์มีค่าเฉลี่ยของปริมาณการกินได้ที่มีแนวโน้มลดลง ($P=0.1453$) คือเท่ากับ 2,656 2,585 2,560 และ
2,460 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลง ($P=0.0596$) เมื่อระดับกากมัน
สำปะหลังเพิ่มขึ้นในสูตรอาหารโดยมีค่าเท่ากับ 719.8, 710.5, 684.9 และ 680.5 กรัมต่อวัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม
ตามประสิทธิภาพการใช้อาหารมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 3.69, 3.64, 3.72 และ
3.70 ตามลำดับ ในด้านคุณภาพซาก พบว่า การเพิ่มปริมาณการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ในสูตรอาหาร
มีแนวโน้มส่งผลให้สุกรมีความหนาไขมันสันหลังลดลง ($P=0.0704$) และมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงที่สูงขึ้น ($P=0.0606$)
จากการศึกษาพบว่าสามารถใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกรได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับของ
เชื้อไขมันในอาหาร

Nareerat Charoenwattanasakun 2009: Effect of Feeding Cassava Pulp in Starting, Growing and Finishing Pig Diets on Growth Performance and Carcass Characteristics. Master of Science (Animal Nutrition and Feed Technology), Major Field: Animal Nutrition and Feed Technology, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Seksom Attamangkune, Ph.D. 63 pages.

Two studies were conducted in order to elucidate the effect of feeding cassava pulp in starting, growing, and finishing pig diets on growth performance and carcass characteristics. In experiment 1, cassava pulps from 5 different cassava starch manufacturing plants located in the eastern and northeastern of Thailand were determined for their apparent nutrient digestibility and metabolizable energy values in 50 kg crossbred (D x LR x LW) pigs. It was found that the average fat and protein apparent digestibility of cassava pulps samples were 71.51 % and 67.12 % with 10.24 % and 6.08 % CV, respectively. The average metabolizable energy value of cassava pulps was 2,571 kcal/kg with 3.12 % CV.

In experiment 2, Ninety six 3 way crosses (D x LR x LW) pigs were randomly assigned to 4 dietary treatments. Each treatment consisted of 6 replications with 4 pigs per replication. All the pigs were subjected to diets containing 0, 10, 20 and 30 % of cassava pulps during starting, growing, and finishing periods. Pigs fed diets containing 0, 10, 20 and 30 % of cassava pulps demonstrated the decline ($p=.1453$) in daily feed intake (2,656, 2,585, 2,560, and 2,460 g/d, respectively) with the increase level of cassava pulp and consequently decreased ($p=.0596$) in average daily gain (719.8, 710.5, 684.9, and 680.5 g/d, respectively). No significant different in feed conversion ratio was observed among the dietary treatment (3.69, 3.64, 3.72, and 3.70, respectively). Increase cassava levels in pig diets demonstrated the trend in back fat reduction ($P=.0704$) and increase in lean percentage ($P=.0606$). Under the condition of this study, cassava pulp can be incorporated in pig diets up to 30% depending on the level of fiber presented in the diet.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. เสกสม อาตมางกูร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผศ.ดร. ชูเรศ เรืองพานิช และ ดร. สุกัญญา รัตนทัตทิมาทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ อบรมสั่งสอน และแก้ไข ตรวจทานวิทยานิพนธ์จนสมบูรณ์ นอกจากนี้ขอขอบคุณ ผศ.ดร. อรประพันธ์ ส่งเสริม ผศ.ดร. เนรมิตร สุขุมณี และอาจารย์สมโภชน์ ทัตเจริญ ที่ให้คำปรึกษา และช่วยเหลือตลอดการทดลอง และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนงบประมาณด้านการทดลอง พนักงานบริษัทไบโอ-เจน ฟีดมิล จำกัด ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ เอาใจใส่ ดูแลในช่วงระยะเวลาของการทดลองตลอดจนเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง ขอขอบคุณบริษัทผลิตแป้งมันสำปะหลังทุกบริษัท ที่ให้โอกาสเข้าเยี่ยมชม กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังมา ณ ที่นี้

ขอบคุณพี่ ๆ ทุกคนที่สถานีวิจัยทับกวาง ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และดูแลตลอดระยะเวลาที่อยู่เก็บข้อมูล ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องวิเคราะห์อาหารสัตว์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ในการวิเคราะห์ตัวอย่างอาหารทดลอง ขอขอบคุณพ่อ แม่ พี่สาว น้องชาย เพื่อน พี่ ปรียญาโททุกคน ที่คอยให้ข้อคิดเห็น กำลังใจ น้ำใจ และความช่วยเหลือทุก ๆ อย่าง ขอขอบคุณทุกสิ่งที่อยู่รอบตัวที่คอยอำนวยความสะดวกให้ ทำயที่สุดขอบคุณสุกรทุกตัวที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

นาริรัตน์ เจริญวัฒนสกุล

พฤษภาคม 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	26
ผลและวิจารณ์	39
สรุปและข้อเสนอแนะ	52
สรุป	52
ข้อเสนอแนะ	52
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	54
ภาคผนวก	60
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	63

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลัง	5
2	ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยในปี 2547-2551	9
3	ปริมาณการส่งออกของแป้งมันสำปะหลังของประเทศไทยในปี 2544-2550	11
4	การคาดคะเนปริมาณการใช้แป้งมันสำปะหลังภายในประเทศปี 2541-2553	11
5	องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง	16
6	ปริมาณแป้งของมันสำปะหลังเมื่อเก็บเกี่ยวในเดือนที่แตกต่างกัน	18
7	การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังกับวัตถุดิบ แหล่งพลังงานชนิดอื่น ๆ	20
8	วัตถุดิบอาหารและองค์ประกอบทางโภชนาของสูตรอาหารควบคุม	27
9	วัตถุดิบอาหารและองค์ประกอบทางโภชนาของสูตรอาหารสุกกระยะเล็ก	31
10	วัตถุดิบอาหารและองค์ประกอบทางโภชนาของสูตรอาหารสุกกระยะรุ่น	32
11	วัตถุดิบอาหารและองค์ประกอบทางโภชนาของสูตรอาหารสุกกระยะขุน	33
12	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง ในการทดลองที่ 1	39
13	ค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีน ไขมัน และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ของกากมันสำปะหลังที่มาจากแหล่งแตกต่างกันในสุกร	42
14	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองในระยะเล็ก (11-15 สัปดาห์)	43
15	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองในระยะเล็ก (11-15 สัปดาห์)	44
16	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองในระยะรุ่น (16-21 สัปดาห์)	44
17	ผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันต่อสมรรถภาพ การผลิตของสุกรในระยะเล็ก (21-24 สัปดาห์)	46
18	ผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันต่อสมรรถภาพ การผลิตของสุกรในระยะรุ่น (16-21 สัปดาห์)	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
19	ผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันต่อสมรรถภาพ การผลิตของสุกรในระยะขุน (22-24 สัปดาห์)	48
20	ผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันต่อสมรรถภาพ การผลิตของสุกรในระยะตลอดการทดลอง (11-24 สัปดาห์)	49
21	ผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันต่อลักษณะซากของสุกร	51

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สูตรโครงสร้างของสารไซยาโนจีนิก ไกลโคไซด์	6
2	การเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายของลินามารินและไลทอสตราลิน	7
3	การลดความเป็นพิษกรดไฮโดรไซยานิกในร่างกาย	8
4	กระบวนการการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสลับแห้งโดยใช้ เครื่องดีแคนเตอร์	14
5	กระบวนการการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสลับแห้งโดยไม่ใช้ เครื่องดีแคนเตอร์	15
ภาพผนวกที่		
1	การวัดลักษณะซากโดยใช้เครื่องฟิก สแกน	62

ผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกรเล็ก รุ่น และขุน ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก

Effect of Feeding Cassava Pulp in Starting, Growing and Finishing Pig Diets on Growth Performance and Carcass Characteristics

คำนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความต้องการอาหารสัตว์เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย จากการรายงานของสมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ในปีพ.ศ. 2550 พบว่าความต้องการอาหารสัตว์ใช้ภายในประเทศสูงถึง 11.57 ล้านตัน โดยแบ่งออกเป็นอาหารไก่เนื้อ 29 เปอร์เซ็นต์ ไก่ไข่ 17 เปอร์เซ็นต์ โค และเป็ด 3 เปอร์เซ็นต์ ปลา 5 เปอร์เซ็นต์ และสุกร 36 เปอร์เซ็นต์ ประกอบกับในปัจจุบันผลกระทบจากวิกฤตการณ์ราคาน้ำมัน ทำให้วัตถุดิบอาหารสัตว์กลุ่มที่ให้พลังงานบางชนิด เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในสูตรอาหาร ถูกนำไปผลิตเป็นเอทานอลและไบโอดีเซล ทำให้วัตถุดิบอาหารสัตว์ปรับราคาสูงขึ้น ดังนั้นการเลือกใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ (agro-industrial by-products) จึงเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งในการลดต้นทุนในการผลิตสัตว์

กากมันสำปะหลัง (cassava pulp) เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งจากรายงานของ Wisitiporn *et al.* (2006) พบว่าวัตถุดิบตั้งต้นคือมันสำปะหลัง 20 ล้านตัน หลังจากผ่านกระบวนการสกัดแป้งจะมีกากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้ประมาณ 1.5 ล้านตัน และกากมันสำปะหลังยังคงมีแป้งเป็นองค์ประกอบถึง 50-68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลักษณะของแป้งที่พบในกากมันสำปะหลังเป็นแป้งอ่อนที่ย่อยได้ง่าย และมีสัดส่วนของอะไมโลเพคตินสูง ทำให้มีความสามารถในการละลายน้ำสูง เอ็นไซม์เข้าทำงานได้มากขึ้นส่งผลให้การย่อยได้ และการนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายสูงขึ้นตามไปด้วย อุทัย และคณะ (2548) รายงานว่าในแม่สุกรอู้มท้องสามารถใช้กากมันสำปะหลังได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยไม่มีผลต่อสมรรถภาพการสืบพันธุ์ และสมรรถภาพการผลิตของแม่สุกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่ากากมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้ในสูตรอาหารเพื่อลดการใช้วัตถุดิบแหล่งพลังงานที่มีราคาแพงได้ แต่อย่างไรก็ตามการใช้กากมันสำปะหลังยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องความฟาม เชื้อย และ

เถา ซึ่งมีอยู่ในปริมาณสูง หากนำมาใช้ในอัตราส่วนที่ไม่เหมาะสมจะมีผลทำให้ค่าพลังงาน การย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารต่ำลง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงระดับการใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหาร ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกรในระยะเล็ก รุ่น และขุน เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโกชนะ และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรที่น้ำหนัก 50 กิโลกรัม
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังระดับต่างๆ ในสูตรอาหาร ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกรเล็ก รุ่น และขุน

การตรวจเอกสาร

มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา ตั้งแต่ประเทศเม็กซิโกในทวีปอเมริกากลางจนถึงประเทศบราซิลในอเมริกาใต้ มันสำปะหลังมีชื่อทั่วไปว่า คาสซาวา (cassava) ยูคา (yuca) แมนดิโอคา (mandioca) ทาปิโอก้า (tapioca) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า แมนนิฮอต เอสคูเลนตา แครนท์ (*Manihot esculanta* Crantz) (สารวัชร, 2547, Tonukari, 2004) มันสำปะหลังสามารถจัดหมวดหมู่ทางพฤกษศาสตร์ได้ดังนี้

Class	Dicotyledonae (ใบเลี้ยงคู่)
Family	Euphorbiaceae
Genus	Manihot
Species	Esculenta

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวที่มีความสำคัญเชิงเศรษฐกิจในแถบทวีปแอฟริกา อเมริกาใต้ อเมริกากลาง และทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งประเทศไทย เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่มีประสิทธิภาพในการสะสมพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ไว้ในหัวมันถึง 1.5 ล้านกิโลแคลอรีต่อไร่ต่อปี (500 กิโลกรัมของหัวมันสำปะหลังแห้งต่อไร่ต่อปี) หรือประมาณ 2-3 เท่าของพลังงานที่ได้จากข้าว (สารวัชร, 2547) นอกจากนี้ส่วนของลำต้น และใบของมันสำปะหลังสามารถใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ประมาณ 2-5 ตันต่อไร่ต่อปี ในแง่ของการเพาะปลูก มันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดี ต้นทุนในการเพาะปลูกไม่สูง การปลูก และการดูแลรักษาทำได้ง่ายสามารถปรับตัวได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และสามารถปลูกได้ดีในดินทุกชนิดโดยเฉพาะในดินร่วนปนทราย และดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางโดยช่วงระยะเวลาในการปลูกมันสำปะหลังเริ่มในเดือนเมษายน-พฤษภาคม และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือน พฤศจิกายน-มีนาคม ในปีต่อมา (อุทัย และสุกัญญา, 2547)

องค์ประกอบทางเคมี และสารไซยาโนจีนิก ไกลโคไซด์ในมันสำปะหลัง

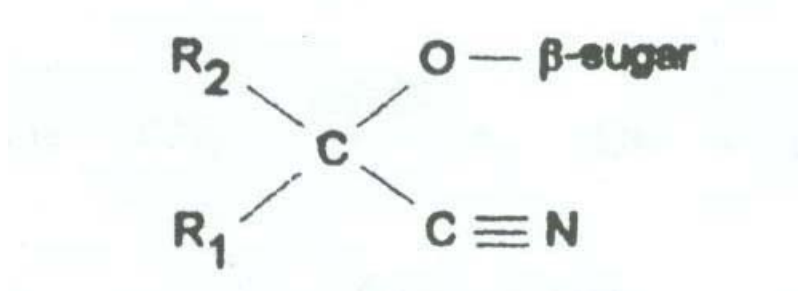
มันสำปะหลังมีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอยู่ในช่วง 71-86 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน และไขมันต่ำดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นในการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดหรือปลายข้าวควรเสริมแหล่งโปรตีนคุณภาพดี เช่น การเสริมปลาป่น ไม่ต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารและกรดอะมิโนเมทไธโอนีน 0.15-0.30 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการเสริมไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ (อุทัย และสุกัญญา 2547)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลัง

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	กล้าณรงค์ (2542)	Charles <i>et al.</i> (2007)
แป้ง	71.9 – 85.0	80.1-86.3
โปรตีน	1.57 – 5.78	1.2-1.8
เยื่อใย	1.77 – 3.95	1.5-3.5
เถ้า	1.20 – 2.80	1.3-2.8
ไขมัน	0.06 – 0.43	0.1-0.8
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง	3.59 – 8.66	-
กรดไฮโดรไซยานิก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	2.85 – 39.27	8.33-28.8

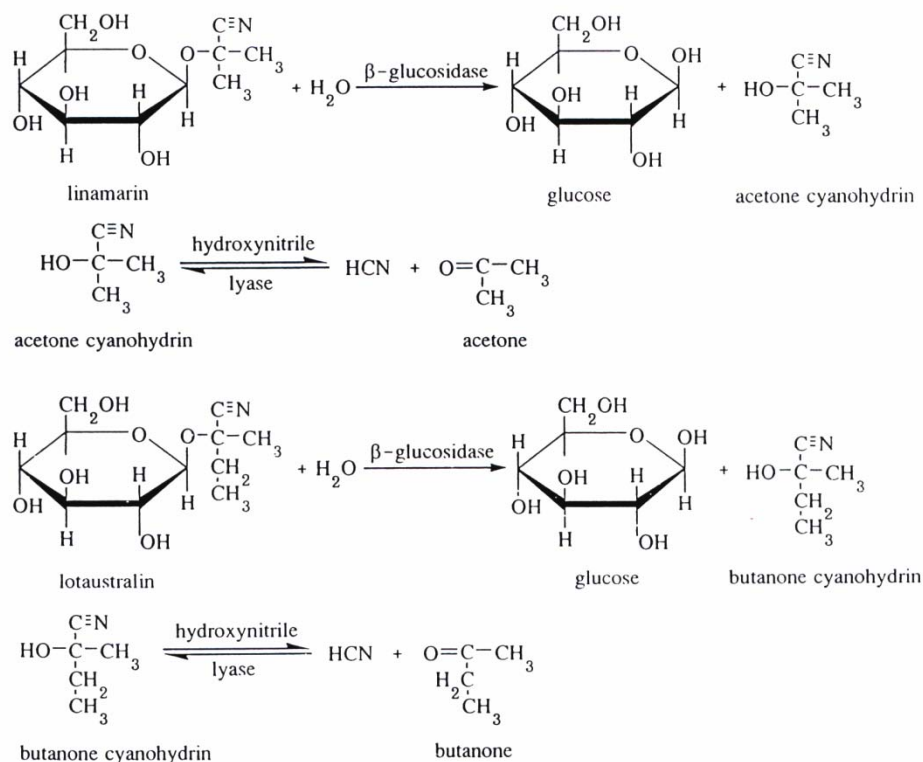
สารไซยาโนจีนิก ไกลโคไซด์ในมันสำปะหลัง

หัวมันสำปะหลังสดมีสารพิษไซยาไนด์ หรือ สารไซยาโนจีนิก ไกลโคไซด์ (cyanogenic glycoside) (ภาพที่ 1) ซึ่งถูกสร้างขึ้นจากกรดอะมิโน 2 ตัว คือ แวลีน (valine) และไอโซลิวซีน (isoleucine) การสังเคราะห์จากแวลีนจะได้เป็นไกลโคไซด์ (glycoside) ของอะซีโตนไซยาโนไฮไดริน (acetone cyanohydrin) เรียกว่า ลินามาลีน (linamalin) ถ้าสังเคราะห์จากไอโซลิวซีน จะได้ โลทอสตราลีน (lotaustralin) (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ซึ่งเมื่อมีการสับหัวมันหรือการให้ความร้อน เช่น การผึ่งแดดจะเป็นการเร่งปฏิกิริยาการสลาย (hydrolysis) ลินามาลีน ด้วยเอนไซม์ ลินามาเลส (linamalase) ได้กรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid) กลูโคส (glucose) และอะซีโตน (acetone) ส่วนโลทอสตราลีนจะถูกย่อยสลายได้กรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid) กลูโคส (glucose) และบิวทาโนน (butanone) (ภาพที่ 2) ซึ่งกรดไฮโดรไซยานิกจะระเหยไปในอากาศ ทำให้ระดับกรดไฮโดรไซยานิกในหัวมันสำปะหลังลดลงจนอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อตัวสัตว์



ภาพที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างของสารไซยาโนจีนิก ไกลโคไซด์

ที่มา: Conn (1994)

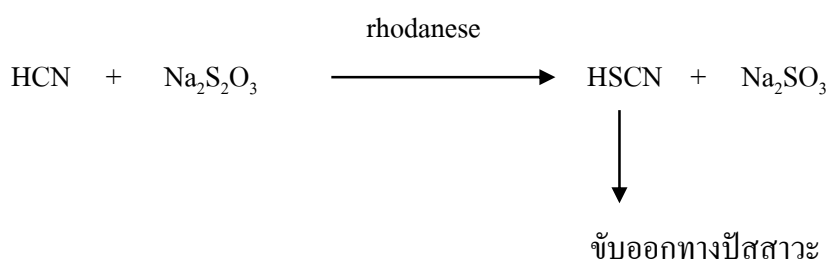


ภาพที่ 2 แสดงการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายของลินามาริน และ โลทอสตราลิน

ที่มา: Davidek (1995)

ปริมาณสารพิษไซยาไนด์ที่พบในหัวมันสำปะหลังสด จะมีปริมาณที่แตกต่างกันไปตั้งแต่ 2.85 ถึง 39.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของหัวมันสำปะหลังสด ซึ่งเป็นระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อตัวสัตว์ เนื่องจากปริมาณของสารพิษไซยาไนด์เป็นสารพิษที่มีการสลายตัวได้ง่าย และมีการสลายตัวไปบางส่วนโดยวิธีการต่างๆ เช่น การสับใบมันสำปะหลังแล้วนำไปผึ่งแดดสามารถลดปริมาณสารพิษไซยาไนด์ได้ (Fasuyi, 2005) การปอกเปลือก การผึ่งแดด การแปรรูปเป็นมันเส้น และมันอัดเม็ด การต้ม อบ นึ่ง การหมัก และการทำเป็นแป้ง จากการศึกษาของ Nhi *et al.* (2001) ไม่พบปริมาณสารพิษไซยาไนด์ที่มีอยู่ในกากมันสำปะหลัง นอกจากนี้ในร่างกายนกสัตว์ทั่วไปสามารถที่จะเปลี่ยนสารพิษไซยาไนด์ที่ได้รับในปริมาณเล็กน้อยให้เป็นสารอื่นที่ไม่เป็นพิษได้ โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์โรดานีส (rhodanese) ซึ่งมักพบมากที่ตับ ไต และต่อมไทรอยด์ เมื่อมีเอนไซม์ดังกล่าวสารพิษไซยาไนด์จะรวมตัวกับสารประกอบไรโอซัลเฟต (thiosulfate; S₂O₃²⁻) ได้สารประกอบไรโอไซยาเนต (thiocyanate; SCN⁻) ที่มีพิษน้อยกว่าสารพิษไซยาไนด์ประมาณ

200 เท่า และจะถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะ ดังภาพที่ 3 (พิชัย, 2528; เจริญศักดิ์, 2532) ซึ่งระดับการได้รับสารพิษไซยาไนด์ในอาหารสัตว์ต่ำสุดที่ไม่เป็นอันตรายต่อตัวสัตว์อยู่ในช่วง 80-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (อุทัย และสุกัญญา, 2547)



ภาพที่ 3 การลดความเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิกในร่างกาย

ที่มา: เจริญศักดิ์ (2532)

สถานการณ์การผลิตมันสำปะหลังในปัจจุบัน

ในปัจจุบันความต้องการมันสำปะหลังเพื่อการบริโภคเพิ่มขึ้น 2 เปอร์เซ็นต์ ทุกๆ ปี และเพิ่มขึ้น 1.6 เปอร์เซ็นต์ในการนำมาเป็นอาหารสัตว์ (Scott *et al.*, 2000) มีผลให้พื้นที่การปลูกมันสำปะหลังภายในประเทศมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น จากการสำรวจของสมาคมการค้ามันสำปะหลังไทยพบว่า มีพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังประมาณ 7.3 ล้านไร่ ผลิตมันสำปะหลังได้ประมาณ 22-27 ล้านตันต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกมากที่สุดคิดเป็น 51 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่การปลูกทั้งประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) ผลผลิตที่ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ จะถูกนำไปใช้ในการแปรรูปเป็นแป้งมันสำปะหลังในอุตสาหกรรม การผลิตแป้ง ส่วนที่เหลืออีก 50 เปอร์เซ็นต์ จะนำมาแปรรูปเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ มันเส้น และมันอัดเม็ด และส่วนหนึ่งจะนำมาใช้เพื่อการผลิตเอทานอล และไบโอดีเซล

ตารางที่ 2 ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2547-2551

ปี	2547/2548	2548/2549	2549/2550	2550/2551
พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	6,161,928	6,692,537	7,201,243	7,302,960
ผลผลิตรวม(ตัน)	16,938,245	22,584,402	26,411,233	27,618,763
ผลผลิตเฉลี่ย(ตันต่อไร่)	2,749	3,375	3,668	3,782

ที่มา: สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย (2551)

การแปรรูปมันสำปะหลังเป็นผลิตภัณฑ์

การแปรรูปมันสำปะหลังในประเทศไทยแบ่งเป็น 3 อุตสาหกรรมหลักๆ คือ อุตสาหกรรมการผลิตมันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมันสำปะหลัง โดยอัตราการแปรรูปหัวมันสำปะหลังสด 1 กิโลกรัม จะได้มันเส้น 0.40 กิโลกรัม มันอัดเม็ด 0.37 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 0.20 กิโลกรัม และกากมันสำปะหลัง 0.40-0.09 กิโลกรัม (กล้าณรงค์ และคณะ, 2542)

1. อุตสาหกรรมการผลิตมันเส้น (cassava chip) การผลิตมันเส้นแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ มันเส้นชนิดปกติ (regular quality cassava chip) และมันเส้นชนิดคุณภาพดีหรือมันเส้นสะอาด (prime quality cassava chip) ซึ่งมันเส้นสะอาดโดยทั่วไปจะมีแป้งเป็นองค์ประกอบสูงกว่าเมื่อเทียบกับมันเส้นปกติ กระบวนการในการผลิตนั้นจะนำหัวมันสำปะหลังสดเข้าเครื่องหั่นที่เรียกว่า เครื่องโม้ มันเส้นที่ได้จะมีลักษณะมันเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปตากแดดบนลานซีเมนต์ให้แห้ง มีความชื้นไม่สูงกว่า 13 เปอร์เซ็นต์

2. อุตสาหกรรมการผลิตมันอัดเม็ด (cassava pellet) หรือที่เรียกว่า มันเม็ด ผลิตโดยการอัดมันเส้นภายใต้สภาวะความร้อน และความดัน โดยเครื่องอัด หลังจากอัดแล้วจะมีลักษณะเป็นท่อนยาวประมาณ 2-3 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ความชื้นประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการอัดเม็ดจะช่วยลดความฟามและลดความเป็นฝุ่นของมันสำปะหลัง และเพื่อความสะดวกในการส่งออกไปต่างประเทศในการใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์

3. อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง หัวมันสำปะหลังซึ่งมีความชื้นประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ และมีแป้งประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ (กลิ่นรงค์ และคณะ, 2542) จะถูกนำมาผ่านกระบวนการผลิตแป้ง ซึ่งแป้งมันสำปะหลังที่ผลิตขึ้นจะมีผลิตภัณฑ์ 2 รูปแบบ คือแป้งดิบ (native starch, tapioca starch, raw starch) และแป้งแปรรูป (modified starch) จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผงชูรส ไลซีน สารให้ความหวาน อุตสาหกรรมแป้งัดแปรรูป กระจาย อาหาร สิ่งทอ กาว สารดูดน้ำ พลาสติกที่ย่อยสลาย ไซโคลเดกซ์ทริน (cyclodextrin) แอลกอฮอล์และอื่นๆ นอกจากนี้ยังบริโภคโดยตรงในครัวเรือน

อุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมการแปรรูปทางการเกษตรหลักของประเทศไทย โดยจากการสำรวจปริมาณการผลิตแป้งมันสำปะหลังเพื่อใช้ภายในประเทศและส่งออก พบว่ามีแนวโน้มการผลิตที่สูงขึ้น ซึ่งดูจากปริมาณการส่งออกในแต่ละปี (ตารางที่ 3) และในการคาดคะเนปริมาณการใช้มันสำปะหลังภายในประเทศ ทั้งในส่วนของภาคการบริโภคและอุตสาหกรรมอาหารหรืออุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร มีแนวโน้มความต้องการเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน (ตารางที่ 4) ซึ่งจากการขยายการผลิตอย่างต่อเนื่องนั้นทำให้เกิดผลพลอยได้ที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตในปริมาณมาก อาทิเช่น น้ำเสีย เปลือกกล้วย และกากมันสำปะหลัง หากทางโรงงานมีวิธีการกำจัดของเหลือใช้อย่างไม่ถูกต้องจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางดิน ทางน้ำ และทางอากาศ โดยพบว่าแป้งมันสำปะหลัง 1 ตัน ก่อให้เกิดน้ำเสียประมาณ 10-20 ลูกบาศก์เมตร และมีสารอินทรีย์สูง กล่าวคือ มีปริมาณบีโอดี (biochemical oxygen demand, BOD) ประมาณ 55-200 กิโลกรัม ปริมาณซีโอดี (chemical oxygen demand, COD) ประมาณ 130-400 กิโลกรัม ปริมาณสารแขวนลอยประมาณ 40-140 กิโลกรัม ฟอสฟอรัสทั้งหมดประมาณ 0.2-0.6 กิโลกรัม และไนโตรเจนทั้งหมดประมาณ 3-10 กิโลกรัม (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2551)

ตารางที่ 3 ปริมาณการส่งออกของเป้งมันสำปะหลังของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2544-2550

ปีพ.ศ.	เป้งมันสำปะหลัง (ตัน/ปี)
2544	862,995
2545	849,410
2546	1,084,068
2547	1,113,633
2548	1,012,678
2549	1,670,611
2550 (มกราคม-กันยายน)	1,109,437

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550)

ตารางที่ 4 การคาดคะเนปริมาณการใช้เป้งมันสำปะหลังภายในประเทศปี พ.ศ. 2541-2553

ปีพ.ศ.	ปริมาณทั้งหมด (ตัน/ปี)
2541	858,171
2542	915,670
2543	977,554
2544	1,044,486
2548	1,364,249
2553	1,906,324

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550)

กากมันสำปะหลัง (cassava pulp)

กากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตร (agro industrial by – products) ในอุตสาหกรรมการผลิตแป้ง จากความต้องการใช้ประโยชน์จากแป้งทั้งในรูปแป้งดิบหรือแป้งแปรรูปที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณกากมันสำปะหลังที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย จากการรายงานสถิติการเกษตรของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในปีพ.ศ. 2544 รายงานว่าปริมาณผลผลิตของหัวมันสำปะหลังในปีพ.ศ. 2545-2546 มีปริมาณ 18.4 ล้านตันต่อปี จะได้กากมันสำปะหลังจากกระบวนการผลิตประมาณ 1 ล้านตันต่อปี สอดคล้องกับ Wisitiporn *et al.* (2006) รายงานว่าในกระบวนการผลิตที่ใช้มันสำปะหลัง 20 ล้านตัน จะได้กากมันสำปะหลังถึง 1.5 ล้านตันต่อปี เช่นเดียวกับกฤตพล และคณะ (2547) รายงานว่า โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังที่มีกำลังการผลิต 200-2000 ตันต่อวัน จะมีผลพลอยได้ 40-50 ตันต่อวัน หรือคิดเป็นกากมันสำปะหลังสด 23.39 เปอร์เซ็นต์ และเปลือกมันสำปะหลัง 3.03 เปอร์เซ็นต์

กระบวนการผลิตแป้งมันและการได้มาของกากมันสำปะหลัง

กระบวนการการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีการผลิตแป้งมันสำปะหลังชนิดองไฟ (second grade tapioca starch) ซึ่งวิธีนี้เป็นการแยกแป้งโดยใช้วิธีการตกตะกอน และอบแห้งโดยวิธีตากบนเตาเผาซึ่งเป็นวิธีการผลิตแบบเก่า ในปัจจุบันโรงงานผลิตแป้งจะใช้วิธีการผลิตแบบสัดแห้ง (first grade tapioca starch) โดยผ่านเครื่องดีแคนเตอร์ และไม่ผ่านเครื่องดีแคนเตอร์ ซึ่งวิธีนี้ขั้นตอนการผลิตแป้งมันสำปะหลังโดยผ่านเครื่องดีแคนเตอร์ (แสดงดังภาพที่ 4) และไม่ผ่านเครื่องดีแคนเตอร์ (แสดงดังภาพที่ 5) มีวิธีการผลิตที่ต่างกันคือ การผ่านเครื่องดีแคนเตอร์จะแยกน้ำทิ้งที่มีโปรตีน และไขมันออกจากเนื้อแป้ง ก่อนป้อนน้ำแป้งที่ได้เข้าสู่เครื่องสกัดแป้งทำให้ได้แป้งที่มีคุณภาพ ซึ่งกระบวนการการผลิตมีดังนี้

1. สุ่มตัวอย่างมันสำปะหลัง ทำการซัง และวัดเปอร์เซ็นต์แป้งของหัวมันสำปะหลังสด ใช้เครื่องวัดแบบ reimann scale เพื่อตรวจวัดความหนาแน่น และประมาณเชื้อแป้งโดยชั่งน้ำหนักหัวมันในน้ำ น้ำหนักที่ซังได้น้อยในน้ำแสดงว่าหัวมันมีปริมาณน้ำมาก และมีแป้งน้อย ในทางกลับกันน้ำหนักที่ซังได้มากในน้ำก็แสดงว่าหัวมันมีปริมาณน้ำน้อยและมีแป้งมาก

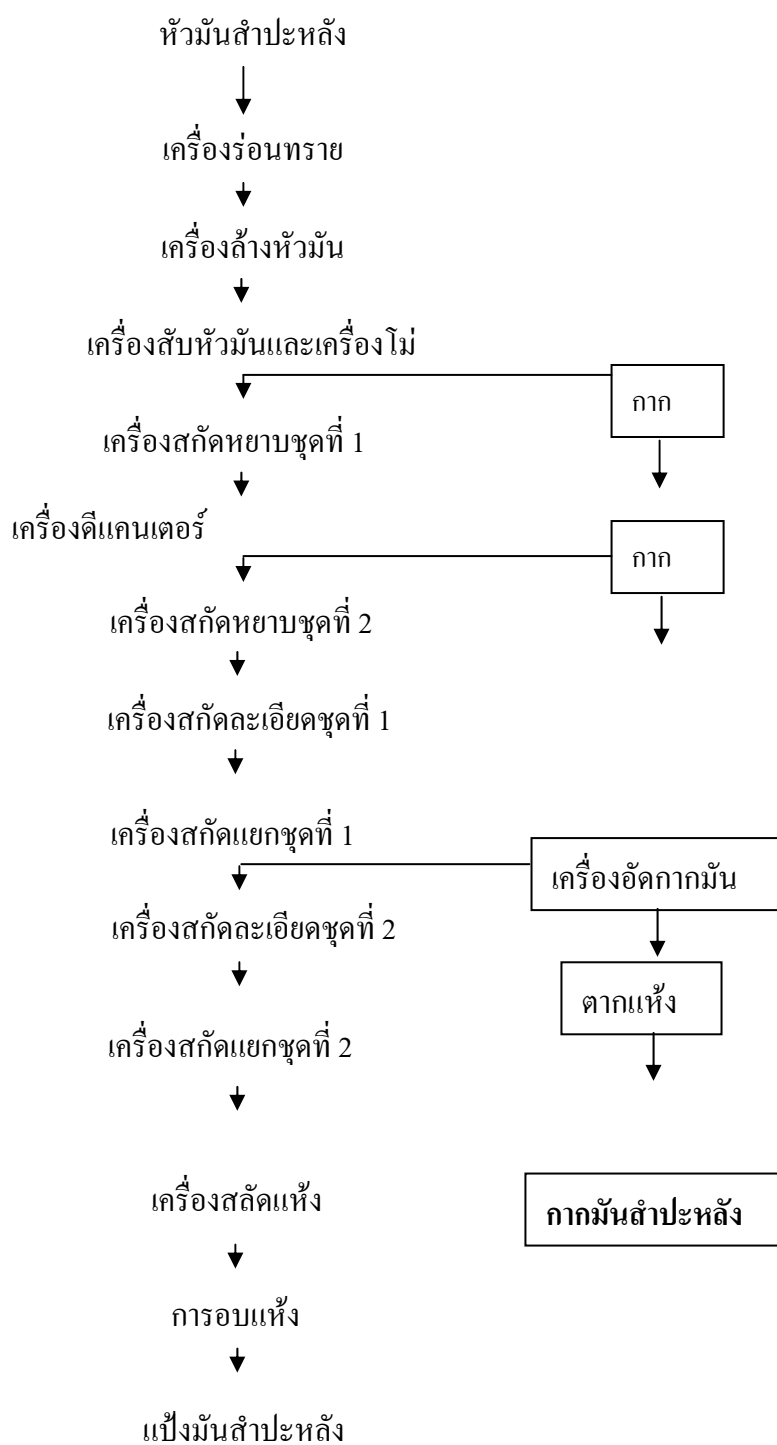
2. มันสำปะหลังจะถูกลำเลียงผ่านระบบสายพานเพื่อแยกเอาดินทราย และเศษเปลือกหรือรากไม้ที่ปนมากับหัวมันสำปะหลังออก

3. หัวมันสำปะหลังสะอาดจะเข้าสู่เครื่องล้างและเครื่องสับหัวมันตามลำดับ ในระหว่างนี้ จะมีการเติมน้ำเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อทำการโม้หัวมันให้มีขนาดเล็ก สะดวกมากขึ้นในการสกัดแป้ง

4. ของเหลวที่มีส่วนของน้ำแป้ง ไชมัน โปรตีน และเส้นใย จะเข้าสู่เครื่องดีแคนเตอร์ เพื่อแยกน้ำทิ้งที่มีโปรตีน และไขมันออกจากเนื้อแป้ง ในส่วนของแป้ง กาก และเส้นใย จะเข้าสู่เครื่องสกัดแป้งโดยเครื่องเหวี่ยงไส (centrifuge) จะได้น้ำแป้งที่มีความเข้มข้นสูง นำน้ำแป้งที่ได้มาฟอกน้ำกำมะถันเพื่อให้แป้งบริสุทธิ์ยิ่งขึ้น กากมันที่ได้จะเข้าสู่เครื่องอัดกากมันเพื่อรีดเอาน้ำออกนำไปตากแห้งที่ลานตากมัน เพื่อนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ต่อไป

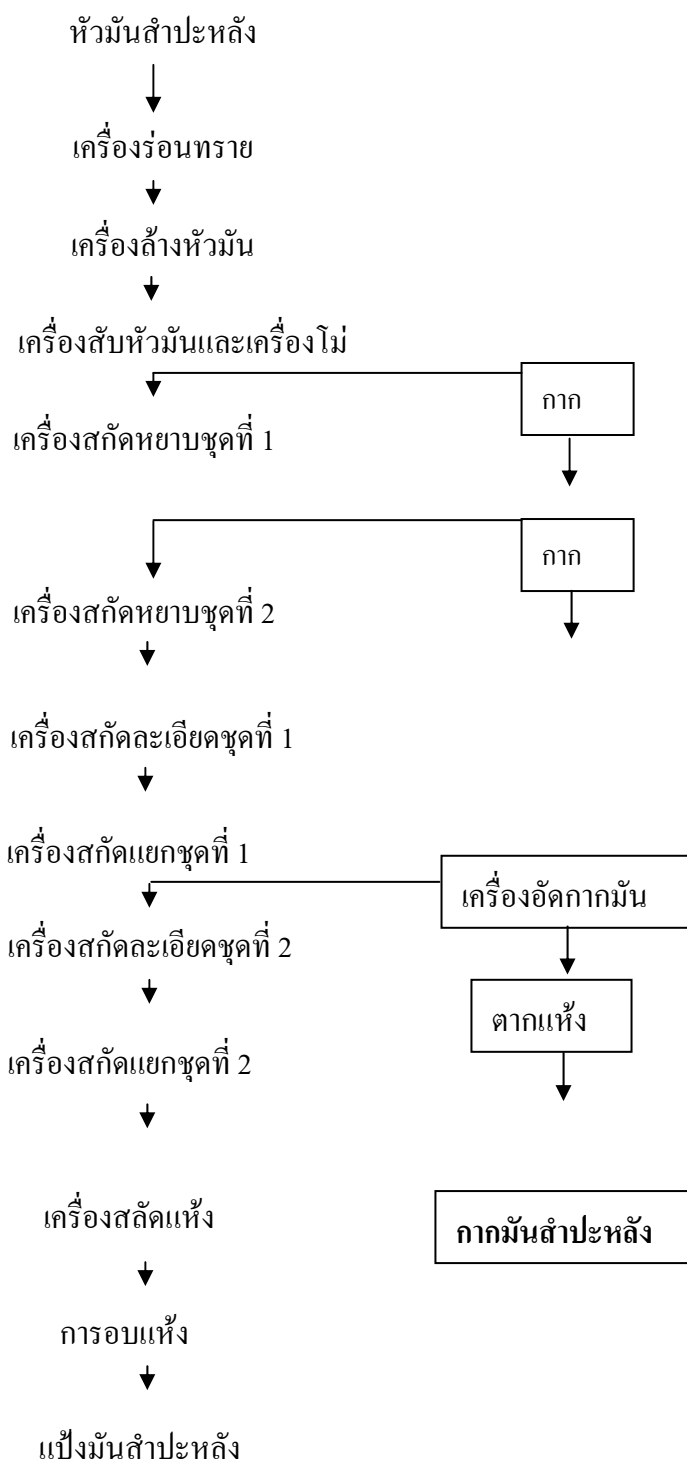
5. น้ำแป้งจะถูกทำให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้นโดยผ่านเครื่องแยกแป้ง น้ำสะอาดจะถูกป้อนเพื่อเข้าไปแทนสิ่งเจือปนในน้ำแป้ง น้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการจะถูกนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกันในแต่ละโรงงาน เช่น การนำไปผลิตเป็นพลังงานทดแทนการใช้พลังงานจากน้ำมันเตาโดยวิธีบ่อหมักชีวภาพ น้ำแป้งถูกลดความชื้นด้วยเครื่องสไลด์แห้ง จากนั้นอบให้แห้งโดยใช้ลมร้อนด้วยอุณหภูมิ 180-200 องศาเซลเซียส

6. แป้งที่แห้งสนิท และแตกตัวเป็นผงเข้าเครื่องร่อนแป้งให้ได้เป็นแป้งละเอียดหลังจากนั้นนำแป้งที่ผลิตได้หลังจากอบแห้งบรรจุใส่ถุงในลำดับต่อไปซึ่งจะมีความชื้น 9-11 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4 กระบวนการการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสลัดแห้งโดยใช้เครื่องดีแคนเตอร์

ที่มา: กล้าณรงค์ และคณะ (2542)



ภาพที่ 5 กระบวนการการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสไลด์แห้งโดยไม่ใช้เครื่องดีแคนเตอร์

ที่มา: กล้าณรงค์ และคณะ (2542)

องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง

จากคุณค่าทางโภชนาของกากมันสำปะหลังดังแสดงในตารางที่ 5 ความผันแปรเล็กน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นวัตถุดิบตั้งต้นเพื่อแปรรูปในอุตสาหกรรมการผลิต แป้ง ได้แก่ สายพันธุ์มันสำปะหลัง การเพาะปลูก ความอุดมสมบูรณ์ของดิน อายุการเก็บเกี่ยว และกระบวนการการสกัดแป้ง จากตารางจะเห็นว่าโภชนาหลักที่สำคัญ และควรคำนึงถึงในการเลือกกากมันสำปะหลังมาเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานในสูตรอาหารสัตว์ มีดังนี้

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)								
	แป้ง	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	ความชื้น	NDF	ADF
กากมันทั่วไป ¹	62.22	3.39	0.24	15.26	2.65	12.21	-	-
กากมันทั่วไป ²	56	5.3	-	35.9	-	-	-	-
กากมันทั่วไป ³	68.89	1.55	0.12	27.75	1.70	-	-	-
กากมันทั่วไป ⁴	-	1.64	-	-	1.79	-	25.65	17.79
กากมันทั่วไป ⁵	-	2	0.8	-	-	-	34	8
กากมันทั่วไป ⁶	65.37	2.05	0.15	13.17	2.01	-	-	-
กากมันจาก ภาคอีสาน ¹	50.93-	1.46-	0.16-	12.15-	2.89-	8.99-	-	-
กากมันจาก ภาคตะวันออก ¹	70.50	2.38	0.43	21.11	15.91	12.67	-	-
กากมันจาก ภาคตะวันออก ¹	48.72-	1.77-	0.25-	12.56-	7.29-	7.44-	-	-
ภาคตะวันออก ¹	70.07	2.53	0.27	24.13	17.51	11.08	-	-

ที่มา: ¹ สุนิษฐ์ (2539); ² Tesfa (2006); ³ Siroth *et al.* (2000); ⁴ Nitipot and Sommart (2003);

⁵ Preston (2002); ⁶ Teerapatr *et al.* (2006)

แป้ง

กากมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการสกัดแป้ง พบว่ายังคงมีแป้งในปริมาณสูงอยู่ในช่วง 50-68.89 เปอร์เซ็นต์ โดยลักษณะแป้งที่พบในกากมันสำปะหลังจะเป็นลักษณะของเม็ดแป้งที่ประกอบด้วย เม็ดแป้งตั้งแต่ 2-8 เม็ดรวมกัน แต่ละเม็ดยาวประมาณ 5-35 ไมโครเมตร ซึ่งเม็ดแป้งประกอบด้วยโมเลกุลที่เป็นสายยาวของอะไมโลส ซึ่งเกาะกันกับโมเลกุลของอะไมโลเพกตินด้วยพันธะไฮโดรเจน (กลั่นรงค์ และเกื้อกูล, 2546) โดยเม็ดแป้งจะมีลักษณะเป็นแป้งอ่อน ซึ่งคุณสมบัติของแป้งอ่อนที่สำคัญ คือ ความสามารถในการดูดซับน้ำไว้ในโมเลกุลได้รวดเร็ว ทำให้เอ็นไซม์อะไมเลสในทางเดินอาหารย่อยแป้งได้รวดเร็ว และโครงสร้างของแป้งมีองค์ประกอบของอะไมโลเพกติน (80 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าอะไมโลส (16-18 เปอร์เซ็นต์) ทำให้แป้งมีความสามารถในการละลายน้ำได้สูงกว่า มีผลให้ประสิทธิภาพการย่อยแป้งของเอ็นไซม์ในทางเดินอาหารสูงขึ้น การดูดซึม และการนำไปใช้ประโยชน์ของสารอาหารที่สูงขึ้นตามไปด้วย แต่ทั้งนี้สัดส่วนของแป้งที่ได้รับจะมีความแปรปรวนเนื่องจากปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. สายพันธุ์มันสำปะหลัง ได้มีการพัฒนาสายพันธุ์อย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไร่ ให้มีปริมาณแป้ง และเปอร์เซ็นต์แป้งสูง มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ด้านทานต่อโรค และแมลง ทำให้สายพันธุ์มันสำปะหลังแต่ละสายพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์แป้งที่สูงขึ้นแตกต่างกันไปแต่ละสายพันธุ์ อาทิ สายพันธุ์ระยอง 5 (22.7 เปอร์เซ็นต์) ระยอง 3 (23.3 เปอร์เซ็นต์) ระยอง 60 (19.5 เปอร์เซ็นต์) ระยอง 90 (24.5 เปอร์เซ็นต์) เกษตรศาสตร์ 50 (23.7 เปอร์เซ็นต์) และพันธุ์ห้วยบง 60 (25.4 เปอร์เซ็นต์) (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2551)

2. การตัดต้นก่อนการเก็บเกี่ยว ก่อนการเก็บเกี่ยวเกษตรกรอาจมีการตัดต้นมันสำปะหลังแล้วนำไปปลูกแปลงอื่น ทั้งส่วนของโคน และหัวไว้ ซึ่งโคนจะเจริญเติบโตแตกยอด และใบอ่อนปริมาณแป้งที่สะสมไว้ในหัวจะลดลงในระยะ 2 เดือนแรกหลังจากการตัดต้น เมื่อมียอดและใบใหม่จะเริ่มมีการสังเคราะห์แสง สร้างแป้งไปสะสมที่หัวมันสำปะหลังกลับคืน โดยพบว่าเมื่อตัดต้นแล้วจุดพื้นที่จะมีแป้งในหัว 19.06 เปอร์เซ็นต์ หลังจากตัดต้นทิ้งไว้ 15, 30, 45 และ 60 วัน ปริมาณแป้งในหัวจะลดลงมีค่าเท่ากับ 14.97, 12.33, 12.21 และ 12.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อตัดต้นทิ้งไว้ถึง 75 วัน ปริมาณแป้งในหัวจะเพิ่มขึ้นเป็น 16.2 เปอร์เซ็นต์ (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2551)

3. ฤดูกาลการเพาะปลูก และการเก็บเกี่ยว พบว่าช่วงในการเก็บเกี่ยวผลผลิตมีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้งที่ได้รับ จากตารางที่ 6 เดือนที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเพื่อให้มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงคือ ในช่วงเดือนตุลาคม-กุมภาพันธ์ หากเก็บเกี่ยวในช่วงพฤษภาคม-มิถุนายน เปอร์เซ็นต์แป้งจะต่ำทั้งนี้เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝน ดันมันสำปะหลังจะดึงแป้งเพื่อนำไปใช้ในการแตกยอด และใบอ่อน

ตารางที่ 6 ปริมาณแป้งของมันสำปะหลังเมื่อเก็บเกี่ยวในเดือนที่แตกต่างกัน

เดือนเก็บเกี่ยว	ชยะ (2530) ¹	Rojanaridpiched <i>et al.</i> (2002) ²
มกราคม	28.02	29.35
กุมภาพันธ์	28.18	28.85
มีนาคม	25.35	26.63
เมษายน	22.63	24.12
พฤษภาคม	19.74	23.24
มิถุนายน	19.64	24.99
กรกฎาคม	21.98	26.01
สิงหาคม	23.56	26.27
กันยายน	24.15	25.16
ตุลาคม	25.54	26.46
พฤศจิกายน	25.56	25.56
ธันวาคม	26.52	26.52

หมายเหตุ ¹ ข้อมูลจากโรงงานแป้งในจังหวัดนครราชสีมา ปีพ.ศ. 2525-2528

² ข้อมูลเฉลี่ยจาก 3 โรงงาน ในช่วงปีพ.ศ. 2540-2545

4. การเก็บรักษาหลังจากการเก็บเกี่ยว ในขั้นตอนการเก็บรักษาเพื่อรอการแปรรูป ในอุตสาหกรรมมันเส้นหรืออุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังหากทิ้งระยะเวลาไว้นานเกิน 4 วัน จะมีผลให้เปอร์เซ็นต์เน่าเสียเพิ่มขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์ต่างๆ ที่มีอยู่จะเข้าไปทำลาย และใช้แป้งในหัวมัน สำปะหลังในการมีชีวิต มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งลดลง โดยพบว่าหลังจากชุดหัวมันสำปะหลังจะมี ปริมาณแป้งในหัว 23.84 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้น 2 วัน วัดปริมาณแป้งในหัวได้ 23.01 เปอร์เซ็นต์ หัวมันสำปะหลังจะเริ่มเสียไปประมาณ 1.62 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าทิ้งไว้ 8 วัน ปริมาณแป้งในหัวจะ ลดลงเหลือ 7.12 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 8 วัน หลังจากชุด ปริมาณแป้งจะลดไปประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ (อนุชา, 2544)

เยื่อใย

กากมันสำปะหลังมีเยื่อใยประมาณ 13-21 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย เยื่อใยที่ไม่ละลาย ในดีเทอเจนที่เป็นกลาง (NDF) 37 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอเจนที่เป็นกรด (ADF) 9.8 เปอร์เซ็นต์ และลิกนินที่ไม่ละลายในดีเทอเจนที่เป็นกรด (ADL) 3.9 เปอร์เซ็นต์ (Wisitiporn *et al.*, 2006) ซึ่งเป็นปริมาณที่สูง อุทัย และสุกัญญา (2547) รายงานว่า ปริมาณเยื่อใย และเถ้าที่สูงมีผลให้ ค่าพลังงานย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารมีค่าต่ำลง นอกจากนี้ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของกากมันสำปะหลังจะมีลักษณะฟาม เบา เป็นฝุ่น อาหารมีความหนาแน่น และมีความน่ากินต่ำ หากนำไปผสมในสูตรอาหารอาจมีผลต่อการระคายเคืองระบบทางเดินหายใจของสัตว์ สัตว์อาจมีอาการไอ จาม ได้ซึ่งอาจทำให้การกินอาหารลดลงมีผลให้สัตว์ได้รับโภชนา ไม่เพียงพอกับความต้องการของสัตว์ในระยะนั้นๆ ทำให้อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำลง ซึ่งสามารถปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของอาหารได้โดยเสริมโภชนาที่จำเป็น เช่น การเสริมไขมัน 2.5-5.0 เปอร์เซ็นต์ หรือกากน้ำตาล 5-8 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร เพื่อลดความเป็นฝุ่น หรือเลี่ยนในรูปของอาหารอัดเม็ด (สาโรช, 2547)

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังกับวัตถุดิบแหล่งพลังงานชนิดอื่น ๆ

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	วัตถุดิบ			
	กากมันสำปะหลัง	ข้าวโพด	กากถั่วเหลือง	รำข้าว
วัตถุแห้ง	92.6	92.5	92.1	93.0
โปรตีน	2.6	8.8	48.5	12.1
ไขมัน	0.2	4.7	0.9	19.2
เถ้า	3.8	2.5	6.6	13.9
เยื่อใย	6.6	2.7	5.9	14.6
NDF	37.6	9.7	15.3	30.7
ADF	9.8	3.5	9.1	21.7
ADL	3.9	1.3	1.3	9.6

หมายเหตุ NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในดิวเทอเจนที่เป็นกลาง

ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในดิวเทอเจนที่เป็นกรด

ADL = ลิกนินที่ไม่ละลายในดิวเทอเจนที่เป็นกรด

ที่มา: Wisitiporn *et al.* (2006)

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับวัตถุดิบแหล่งพลังงานชนิดอื่นๆ คือ ข้าวโพด กากถั่วเหลือง และรำข้าว (ตารางที่ 7) พบว่า กากมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์โปรตีน และไขมันต่ำกว่าข้าวโพด กากถั่วเหลือง และรำข้าว แต่พบว่าวัตถุแห้งมีค่าใกล้เคียงกับข้าวโพด กากถั่วเหลือง และรำข้าว เมื่อพิจารณาค่าเยื่อใย NDF ADF และ ADL พบว่ามีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพด และกากถั่วเหลือง แต่มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับรำข้าว

ผลของการใช้มันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหาร ต่อการย่อยได้ของสารอาหาร สมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซาก

แป้งจากพืชหัว เช่น มันสำปะหลัง ถือเป็นแหล่งพลังงานที่มีสัดส่วนมากที่สุดในสูตรอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว ซึ่งแป้งจะเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (NFE) จึงเหมาะสำหรับการนำมาใช้เลี้ยงสัตว์โดย Reas (1996) ได้ทำการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในมันสำปะหลัง

ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และข้าวบาร์เลย์ที่ส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินอาหาร และในมูล พบว่า มันสำปะหลังมีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และพลังงานในระบบทางเดินอาหารสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และข้าวบาร์เลย์ แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ ข้าวฟ่าง และข้าวบาร์เลย์ มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และพลังงานต่ำกว่าเมื่อเทียบกับ มันสำปะหลังและข้าวโพด ในส่วนของทางเดินอาหารที่เลยลำไส้เล็กไปแล้ว

อุทัย และคณะ (2548) ศึกษาการใช้กากแป้งมันสำปะหลังทดแทนรำละเอียดในอาหาร แม่สุกรอ้วนท้องและเลี้ยงลูกที่ระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารทดลองทุกสูตร มีระดับโปรตีนเท่ากับ 16 เปอร์เซ็นต์ พบว่า แม่สุกรอ้วนท้องที่กินอาหารทดลองที่มีระดับกาก มันสำปะหลังที่ต่างกัน มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นช่วงอ้วนท้องเฉลี่ยเท่ากับ 55.57, 51.61, 43.10 และ 46.21 กิโลกรัม ตามลำดับ แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหาร ควบคุมที่ใช้รำละเอียด จำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิตเฉลี่ยเท่ากับ 11.59, 10.78, 11.46 และ 11.84 ตัว ตามลำดับ น้ำหนักลูกแรกคลอดมีชีวิตเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 1.53, 1.55, 1.65 และ 1.71 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติเช่นกัน เมื่อพิจารณาในแม่สุกรเลี้ยงลูก พบว่ามีค่าเฉลี่ย จำนวนลูกสุกรหย่านมเท่ากับ 10.41, 9.54, 9.97 และ 10.41 ตัว ตามลำดับ มีน้ำหนักหย่านมเฉลี่ยต่อ ตัวเท่ากับ 6.75, 7.03, 7.38 และ 6.64 กิโลกรัมตามลำดับ มีปริมาณการกินอาหารในช่วงเลี้ยงลูกเฉลี่ย ต่อวันเท่ากับ 5.06, 5.02, 4.97 และ 5.30 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างทั้งหมดไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งจะเห็นว่าการใช้กากแป้งมันสำปะหลังทดแทนรำละเอียดในสูตรอาหาร แม่สุกรอ้วนท้องได้ โดยสามารถใช้ได้เต็มที่ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร โดยไม่มีผลทำให้ สมรรถภาพการสืบพันธุ์ และสมรรถภาพการผลิตของแม่สุกรแตกต่างจากกลุ่มควบคุม

สุกัญญา (2546) ศึกษาผลของกากมันสำปะหลังต่อการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของ โภชนะในสุกรรุ่น และสุกรขุน ในระยะสุกรรุ่น แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ใน สูตรอาหาร ตามลำดับ พบว่า การย่อยได้ของไขมัน และเยื่อใย ในกลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลัง ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการย่อยได้ต่ำกว่ากลุ่มที่มีกากมันสำปะหลังระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยการย่อยได้ของไขมันมีค่าเท่ากับ 33.90, 55.41, 66.33 และ 74.57 เปอร์เซ็นต์ และการย่อยได้ของเยื่อใยมีค่าเท่ากับ 38.40, 47.72, 44.83 และ 57.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ในส่วนของการย่อยได้ของพลังงานในกลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลัง ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการย่อยได้สูงกว่ากลุ่มที่มีกากมันสำปะหลังระดับ 10, 20 และ

30 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยค่าการย่อยได้ของพลังงานเท่ากับ 84.70, 84.95, 84.03 และ 83.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการย่อยได้ของสิ่งแห้ง และโปรตีน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในการศึกษาผลของกากมันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากของสุกรรุ่นถึงขุน โดยใช้สุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ x ดูร์ล็อก) เพศผู้ตอน จำนวน 16 ตัว เพศเมีย 16 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 28 กิโลกรัม แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม (0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์) สิ้นสุดการทดลองเมื่อน้ำหนักเฉลี่ย 97 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่าผลของกากมันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิต ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต (0.79, 0.77, 0.74 และ 0.75 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) ปริมาณอาหารที่กิน (2.05, 2.05, 1.93 และ 1.97 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (2.60, 2.65, 2.61 และ 2.62 ตามลำดับ) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในด้านคุณภาพซาก พบว่า เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน ความหนาไขมันสันหลัง ความยาวซาก และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเช่นกัน ($P > 0.05$)

พรทิมล (2551) ได้ทำการศึกษาถึงผลของการใช้กากมันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซาก โดยได้ศึกษาถึงค่าการย่อยได้ และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรระยะเล็กน้ำหนัก 30 กิโลกรัม และสุกรระยะรุ่นน้ำหนัก 60 กิโลกรัม ผลการศึกษา พบว่า องค์ประกอบทางโภชนาของกากมันสำปะหลัง ได้แก่ ความชื้น โปรตีน เยื่อใยไขมัน เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก และมีค่าพลังงานรวม เท่ากับ 10.40, 2.36, 16.06, 0.26, 4.59, 1.11, 0.06, 66.33 เปอร์เซ็นต์ และ 4172 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรเล็กมีค่าเท่ากับ 70.96, 64.45, 62.71 เปอร์เซ็นต์ และ 2,553 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และในสุกรรุ่นมีค่าเท่ากับ 72.83, 69.63, 65.97 เปอร์เซ็นต์ และ 2,767 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในการศึกษาด้านสมรรถภาพการผลิตพบว่าการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 20-40 เปอร์เซ็นต์ สุกรมีปริมาณการกินอาหารต่อวัน อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวและคุณภาพซากของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหาร เมื่อพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ พบว่า การใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารมีต้นทุนค่าอาหารต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลังเท่ากับ 0.56, 0.34 และ 0.39 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลังเท่ากับ 0.84 บาทต่อกิโลกรัม

นันทวัน และคณะ (2544) ได้ทำการทดลองศึกษาเปรียบเทียบการใช้มันสำปะหลังกับข้าวโพดในอาหารไก่กระทอง ทั้งที่มีการเสริม และไม่เสริมยาปฏิชีวนะ พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารมันสำปะหลังเสริม และไม่เสริมยาปฏิชีวนะมีอัตราการตาย 4.21 และ 5.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับอาหารข้าวโพดเสริม และไม่เสริมยาปฏิชีวนะ มีอัตราการตาย 8.79 และ 11.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่กระทองมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของไก่กระทองมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน ทำให้เห็นว่าการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์จะมีสุขภาพดี

พาพร และคณะ (2546) ศึกษาผลของการใช้อาหารสูตรข้าวโพด และสูตรมันสำปะหลังที่มีการเสริม และไม่เสริมยาปฏิชีวนะในอาหารสุกรรุ่น-ขุน โดยใช้สุกรระยะรุ่นที่มีน้ำหนัก 20 กิโลกรัม จำนวน 48 ตัว ให้อาหาร 4 สูตร คือ อาหารสูตรข้าวโพด และอาหารสูตรมันสำปะหลัง ร่วมกับการเสริม และไม่เสริมยาปฏิชีวนะ จนถึงน้ำหนัก 100 กิโลกรัม จากการทดลองพบว่า สุกรระยะรุ่นที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพดมีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าสุกรที่ได้รับอาหารสูตรที่มีมันสำปะหลัง ($P < 0.01$) สุกรที่ได้รับสูตรอาหารที่ไม่ได้เสริมยาปฏิชีวนะมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าการเสริมยาปฏิชีวนะลงในสูตรอาหาร ทั้งสุกรระยะรุ่น และระยะขุน ($P < 0.05$ และ $P < 0.01$) อาหารทดลอง และยาปฏิชีวนะมีคุณภาพซากแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

อนุชา (2544) ศึกษาการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารสุกรระยะรุ่น-ขุน โดยใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยใช้สุกรน้ำหนัก 30 กิโลกรัม จำนวน 64 ตัว เป็นเพศผู้ 32 ตัว เพศเมีย 32 ตัว ผลการศึกษา พบว่า สุกรแต่ละทรีทเมนต์มีอัตราการเจริญเติบโต (773.37, 813.12, 818.16 และ 812.30 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) อัตราการกินอาหาร (2.27, 2.52, 2.58 และ 2.64 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ) และอัตราการแลกน้ำหนัก (3.03, 3.11, 3.16 และ 3.16 ตามลำดับ) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในด้านการศึกษาลักษณะซาก พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ($P > 0.05$) โดย ความยาวซาก มีค่าเท่ากับ 81, 78.81, 81.13 และ 81.88 เซนติเมตร) เปอร์เซ็นต์ซากมีค่าเท่ากับ 77.23, 75.42, 76.14 และ 76.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความหนาไขมันสันหลัง มีค่าเท่ากับ 1.08, 1.17, 1.17 และ 1.20 และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง มีค่าเท่ากับ 42.97, 42.96, 44.17 และ 42.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Le and Noblet (2001) ได้ศึกษาถึงคุณภาพซาก โดยให้สุกรได้รับอาหารทดลองที่มีระดับมันสำปะหลังต่างกันที่ระดับ 0, 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ พบว่า คุณภาพซากมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในการศึกษาการใช้เปลือกมันสำปะหลังบดในสูตรอาหารของสุกรรุ่นและสุกรขุน ที่ระดับ 0, 25, 50, 75, 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับของ Ikuirior and Onuh (1996) พบว่าความหนาไขมันสันหลังลดลง เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเพิ่มขึ้น เมื่อระดับของเปลือกมันสำปะหลังบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น

Ochetim (1993) ได้ใช้มันสำปะหลังสดที่ระดับ 35 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารที่ประกอบด้วย กากมะพร้าว และปลาป่น และทำการศึกษาคุณภาพซาก ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ซากความหนาไขมันสันหลัง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน พบว่าในลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับ การศึกษาของ Chakrit (2000) ได้รายงานวาระดับการใช้มันเส้นที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับในสูตรอาหาร เพื่อทดแทนข้าวโพดในสุกรระยะรุ่น-ขุน พบว่า เปอร์เซ็นต์ซาก ความยาวซาก ความหนาไขมันสันหลัง และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงในแต่ละสูตรของอาหารทดลอง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

ในการใช้มันสำปะหลังสามารถใช้ได้ในระดับ 20-100 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร แต่ทั้งนี้ต้องปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีของอาหาร เพื่อให้อาหารมีความสมดุลของโภชนา โดย Sison (1990) แนะนำการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารเป็นวัตถุดิบหลักควรอัดเม็ดและเติมไขมันเพื่อช่วยลดความเป็นฝุ่น และชดเชยพลังงานของมันสำปะหลัง และการเติมกากน้ำตาลเพื่อควบคุมฝุ่นหรือให้ในรูปอาหารเปียก และเพื่อเพิ่มความน่ากินของอาหาร นอกจากนี้มันสำปะหลังจะขาดกรดอะมิโนที่จำเป็น คือ เมทไธโอนีน จึงควรเสริมเมทไธโอนีนในระดับ 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร สอดคล้องกับ Maner (1974) รายงานว่าการเสริมกากน้ำตาลและไขมันในอาหารที่มีระดับกากมันสำปะหลัง 55 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีน 0.10-0.20 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นการช่วยให้อาหารมีกรดอะมิโนสมดุล และสมรรถภาพการผลิตขึ้นเช่นเดียวกัน Carcia and Leboute (1982) ศึกษาการเสริมกรดเมทไธโอนีนที่ระดับ 0.2-0.3 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสุกรที่ใช้มันสำปะหลัง 65 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ในด้านของการเจริญเติบโตการสืบพันธุ์ในสุกรรุ่น สุกรระยะอู้มท้อง และสุกรระยะให้นม ไม่แตกต่างจากสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมที่ใช้ข้าวโพด และกากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบหลักในสูตรอาหาร ในส่วนของต้นทุนสุกรระยะรุ่น-ขุน พบว่า ต้นทุนค่าอาหารลดลงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ อาหารสุกรระยะอู้มท้อง และระยะให้นมลดลงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ และในอาหารลูกสุกรลดลง 20 เปอร์เซ็นต์

จะเห็นได้ว่ากากมันสำปะหลังมีปริมาณผลผลิตต่อปีสูง และมีตลอดทั้งปี มีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารสัตว์และมีราคาถูก แสดงให้เห็นว่ากากมันสำปะหลังมีศักยภาพเพียงพอในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในสูตรอาหารสัตว์ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามในการใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารยังคงมีข้อจำกัดในส่วนของเชื้อใย และเถ้า ที่มีอยู่ในปริมาณสูง หากนำมาใช้ไม่ถูกวิธี จะมีผลทำให้ค่าพลังงาน การย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารมีค่าต่ำลง ในขณะที่ผลการศึกษาถึงการให้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลัง รวมทั้งการใช้ในระดับที่เหมาะสมในสูตรอาหาร ตลอดจนผลของการนำไปใช้ต่อการผลิตสัตว์ ยังมีการรายงานไม่มากนัก จึงควรต้องทำการศึกษาเพื่อที่จะสามารถใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ต่อไป อีกทั้งเป็นการเพิ่มทางเลือกและแนวทางในการนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องของเกษตรกรและโรงงานอาหารสัตว์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1

ศึกษาผลการย่อยได้แบบปรากฏของโภชนะ และศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 50 กิโลกรัม

สัตว์ทดลอง

การทดลองใช้สุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ (คูร์ค × แลนด์เรซ × ลาร์จไวท์) เพศผู้ตอนจำนวน 30 ตัว ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 50 กิโลกรัม

อาหาร และการให้อาหาร

อาหารทดลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเสริมโครมิกออกไซด์ในอาหารที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 สูตร คือ ในสูตรที่ 1 เป็นอาหารสูตรควบคุมที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลัง (ตารางที่ 7) และสูตรที่ 2-6 ใช้กากมันสำปะหลังจากแหล่งต่างๆ ที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับอาหารกลุ่มควบคุม 80 เปอร์เซ็นต์ โดยสุ่มให้สุกรได้รับอาหารทดลองในรูปแบบของอาหารผง ดังนี้

สูตรที่ 1 สูตรอาหารควบคุม (control)

สูตรที่ 2 สูตรอาหารควบคุม+ กากมันสำปะหลังโรงงาน A ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สูตรที่ 3 สูตรอาหารควบคุม + กากมันสำปะหลังโรงงาน B ในเขตภาคตะวันออก

สูตรที่ 4 สูตรอาหารควบคุม + กากมันสำปะหลังโรงงาน C ในเขตภาคตะวันออก

สูตรที่ 5 สูตรอาหารควบคุม+ กากมันสำปะหลังโรงงาน D ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สูตรที่ 6 สูตรอาหารควบคุม+ กากมันสำปะหลังโรงงาน E ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การให้อาหาร ทำการให้อาหารแก่สุกรวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 8.00 และ 16.00 น. โดยสุกรได้รับอาหารทดลองและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*)

ตารางที่ 8 ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหารควบคุม

วัตถุดิบอาหาร	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
ข้าวโพด	63.9
กากถั่วเหลือง (44% โปรตีน)	21.77
รำข้าว	10.0
รำละเอียด	0.76
ไลซีน	0.27
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.095
แอล-ทรีโอนีน	0.07
ไคแคลเซียมฟอสเฟต	1.76
แคลเซียมคาร์บอเนต	0.642
เกลือ	0.47
วิตามินและแร่ธาตุพรีมิกซ์ ¹	0.25
รวม	100.00

หมายเหตุ ¹ วิตามินและแร่ธาตุพรีมิกซ์ 1 กิโลกรัม = วิตามิน A 5.0 MIU วิตามิน D3 1.00 MIU
 วิตามิน E 7,500 มก. วิตามิน K3 1,250 มก. วิตามิน B1 500 มก. วิตามิน B2 1,500 มก.
 วิตามิน B5 6,625 มก. วิตามิน B6 750 มก. วิตามิน B12 8 มก. วิตามิน C 10,000 มก.
 ไนอะซิน 9 ก. กรดโฟลิก 250 มก. ไพโอติน 40 มก. ซีลีเนียม 0.05 ก. เหล็ก 40 ก.
 แมงกานีส 17.5 ก. สังกะสี 50 ก. คอปเปอร์ 60 ก. โคบอลต์ 0.35 ก. ไอโอดีน 0.6 ก. และ
 โคลิน คลอไรด์ 200,000 มก.

อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องผสมอาหาร
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างกากมันสำปะหลังและอาหารทดลอง
4. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนาตัวอย่างกากมัน

สำปะหลังของอาหารทดลอง

5. เครื่องวิเคราะห์พลังงาน (bomb calorimeter)

6. กรงทดลองหาการย่อยได้ (metabolic cage)

วิธีการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งสุกรออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ตัว สุกรแต่ละตัวทำการเลี้ยงบนกรงทดลองหาการย่อยได้ ใช้เวลาในการเลี้ยงเป็นเวลา 12 วัน โดยปรับตัวสัตว์ทดลองเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้สัตว์คุ้นเคยกับอาหารทดลอง และสภาพแวดล้อม ในช่วง 3 วันสุดท้ายของการทดลองทำการให้อาหารทดลองที่มีการเสริมโครมิกออกไซด์ที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้เป็นสารบ่งชี้ในการศึกษาค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ในอาหาร ทำการสุมเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ โดยในช่วงของการทดลองจะเก็บตัวอย่าง และบันทึกข้อมูลดังนี้

1. การเก็บตัวอย่างและการบันทึกข้อมูล

1.1 สุ่มเก็บตัวอย่างกากมันสำปะหลัง และอาหารทดลองในแต่ละสูตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีการวิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis)

1.2 สุ่มเก็บตัวอย่างมูลสุกร และปัสสาวะ วันละ 2 ครั้ง คือ ในช่วงเวลา 8.00 และ 16.00 น. เริ่มทำการเก็บมูลโดยดูจากความสม่ำเสมอของสีเขียวของสารบ่งชี้คือโครมิก ออกไซด์ที่ปรากฏในมูล จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างมูลประมาณ 200 กรัม เติมน้ำละลายกรดซัลฟริกเข้มข้น (H_2SO_4) 6 N เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 4 และแช่ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาวิเคราะห์จะทำการตากให้แห้ง และนำมาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมูลแห้งมาบดเพื่อรอการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ในส่วนของการเก็บปัสสาวะจะสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะที่สัตว์ขับถ่ายในแต่ละวันประมาณ 200 กรัม เติมน้ำละลายกรดซัลฟริกเข้มข้น (H_2SO_4) 6 N เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 4 จากนั้นเก็บปัสสาวะใส่ขวดพลาสติก นำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไป

2. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.1 วิเคราะห์หาองค์ประกอบโภชนะต่างๆ ของตัวอย่างกากมันสำปะหลัง และอาหารทดลอง คือ การวิเคราะห์หาค่า ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส

โดยวิธีการวิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis) ตามวิธีของ A.O.A.C. (1990) โครมิกซ์ออกไซด์ ตามวิธีของ Bolin *et al.* (1952) และวิเคราะห์พลังงานรวมโดยใช้ Bomb calorimeter

2.2 วิเคราะห์หาค่าพลังงาน โปรตีนรวม และไขมันในอาหารทดลอง และมูลสุกร นำค่าที่ได้มาคำนวณเพื่อหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงาน ค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีน และไขมันของกากมันสำปะหลัง เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณสูตรอาหารในการทดลองที่ 2

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)

$$= \frac{\text{ME สูตรอาหารที่ใช้กากมันสำปะหลัง} - (\text{ME อาหารสูตรควบคุม} \times 0.8)}{0.2}$$

การย่อยได้แบบปรากฏของโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)

$$= 100 - 100 \left[\frac{\text{เปอร์เซ็นต์ โครมิกซ์ออกไซด์ในอาหาร} \times \text{เปอร์เซ็นต์ โโภชนะในมูล}}{\text{เปอร์เซ็นต์ โครมิกซ์ออกไซด์ในมูล} \times \text{เปอร์เซ็นต์ โโภชนะในอาหาร}} \right]$$

สถานที่ทำการทดลอง

1. วิเคราะห์หาค่าประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง มูล และปัสสาวะที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ณ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม

2. ทำการเลี้ยงสุกรเพื่อวัดค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโภชนะของกากมันสำปะหลัง ภายในฟาร์มสุกรของสถานีวิจัยทับทิม ม.เกษตรศาสตร์ อ. แก่งคอย จ. สระบุรี

การทดลองที่ 2

ศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะเล็ก-รุ่น-ขุน และคุณภาพซาก

สัตว์ทดลอง

การทดลองใช้สุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ (คูรีออก × แลนด์เรซ × ลาร์จไวท์) จำนวน 96 ตัว มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้นการทดลองที่ 26 กิโลกรัม เลี้ยงแบบแยกเพศ

อาหารและการให้อาหาร

อาหารทดลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการประกอบสูตรอาหารของสุกรเล็ก รุ่นและขุน โดยใช้ค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโภชนะของกากมันสำปะหลังในการทดลองที่ 1 ซึ่งสูตรอาหารมีองค์ประกอบ และปริมาณโภชนะ ปรับเปลี่ยนตามระยะการเจริญเติบโตของสุกรซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ (ตารางที่ 9, 10 และ 11) คือ

ระยะที่ 1 อาหารสำหรับสุกรในระยะเล็ก (11-15 สัปดาห์)

ระยะที่ 2 อาหารสำหรับสุกรในระยะรุ่น (16-21 สัปดาห์)

ระยะที่ 3 อาหารสำหรับสุกรในระยะขุน (22-24 สัปดาห์)

โดยสุกรได้รับอาหารทดลอง และน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ตลอดระยะเวลาของการทดลอง สุกรจะได้รับการสุมให้ได้รับอาหารทดลองสูตรต่างๆ ในรูปของอาหารผง ดังนี้

สูตรที่ 1 อาหารควบคุม (control)

สูตรที่ 2 อาหารที่มีระดับกากมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 อาหารที่มีระดับกากมันสำปะหลัง 20 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 4 อาหารที่มีระดับกากมันสำปะหลัง 30 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 9 วัตถุดิบอาหารและองค์ประกอบทางโภชนาของสูตรอาหารสุกรระยะเล็ก

ชนิดของวัตถุดิบ	ระดับการใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
ข้าวโพด	43.04	38.71	27.89	20.80
กากถั่วเหลือง (46% โปรตีน)	17.89	20.97	23.14	27.25
มันสำปะหลัง	10.00	10.00	10.00	10.00
รำข้าว	10.00	5.99	2.99	-
รำสกัดน้ำมัน	5.00	-	-	-
กากมันสำปะหลัง	-	10.00	20.00	30.00
กากเบียร์	5.00	5.00	5.00	-
เนื้อและกระดูกหมูปน (53% โปรตีน)	5.00	5.00	5.00	5.00
น้ำมันปาล์ม	-	0.30	1.99	2.90
กากน้ำตาล	1.00	1.00	1.00	1.00
ไคแอลเซียมฟอสเฟต (18% ฟอสฟอรัส)	0.77	0.93	0.96	1.00
หินฟูน	0.50	0.35	0.28	0.24
เกลือ	0.38	0.39	0.39	0.38
ไลซีน	0.36	0.33	0.29	0.27
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.16	0.16	0.18	0.24
ทรีโอนีน	0.13	0.11	0.11	0.14
วิตามินและแร่ธาตุพรีมิกซ์ ¹	0.20	0.20	0.20	0.20
ยาปฏิชีวนะ ²	0.55	0.54	0.55	0.50
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
ส่วนประกอบของโภชนาจากการคำนวณ (เปอร์เซ็นต์)				
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	3,200	3,200	3,200	3,200
โปรตีน	18.00	18.00	18.00	18.00
เยื่อใย	4.46	4.58	5.33	5.48
เถ้า	6.98	6.64	6.79	6.96
ไลซีน	1.20	1.19	1.20	1.20

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ชนิดของวัตถุดิบ	ระดับการใช้น้ำมันสัตว์ในสูตรอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
เมทไธโอนีน	0.43	0.43	0.44	0.45
เมทไธโอนีน + ซีสทีน	0.71	0.71	0.72	0.72
แคลเซียม	0.89	0.90	0.89	0.90
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.44	0.45	0.44	0.45

ที่มา: ¹ วิตามินและแร่ธาตุพรีมิกซ์ 1 กิโลกรัม = วิตามิน A 5.0 MIU วิตามิน D3 1.00 MIU วิตามิน E 7,500 มก. วิตามิน K3 1,250 มก. วิตามิน B1 500 มก. วิตามิน B2 1,500 มก. วิตามิน B5 6,625 มก. วิตามิน B6 750 มก. วิตามิน B12 8 มก. วิตามิน C 10,000 มก. ไนอะซิน 8 ก. กรดโฟลิก 250 มก. ไบโอดีน 40 มก. ซีลีเนียม 0.05 ก. เหล็ก 40 ก. แมงกานีส 17.5 ก. สังกะสี 50 ก. คอปเปอร์ 60 ก. โคบอลต์ 0.35 ก. ไอโอดีน 0.6 ก. และ คลอรีน คลอไรด์ 200,000 มก.

² พรีมิกซ์ยา 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย ไทอะมูลินไฮโดรเจนฟูมาลิก 100 กรัม โคลิสตินซัลเฟต เทียบเท่าโคลิสติน 400 กรัม อะม็อกซิซิลลินไตรไฮเดรต เทียบเท่าอะม็อกซิซิลลิน 500 กรัม และ คอปเปอร์ซัลเฟตเพนทาไฮเดรต 980 กรัม ทองแดง 245 กรัม

ตารางที่ 10 วัตถุดิบอาหารและองค์ประกอบทางโภชนาของสูตรอาหารสุกรระยะรุ่น

ชนิดของวัตถุดิบ	ระดับการใช้น้ำมันสัตว์ในสูตรอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
ข้าวโพด	31.54	23.30	20.35	15.60
กากถั่วเหลือง (46% โปรตีน)	10.45	13.00	16.30	19.40
มันสำปะหลัง	15.00	15.00	15.00	14.90
รำข้าว	5.00	7.64	3.07	2.00
รำสกัดน้ำมัน	15.00	8.30	2.55	-
กากมันสำปะหลัง	-	10.00	20.00	30.00

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ชนิดของวัตถุดิบ	ระดับการใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
กากเบียร์	10.00	10.00	10.00	10.00
กากเนื้อในปาล์ม	5.00	5.00	5.00	-
เนื้อและกระดูกหมูปน (53% โปรตีน)	4.00	4.00	4.00	4.00
น้ำมันปาล์ม	-	-	-	0.30
กากน้ำตาล	1.00	1.00	1.00	1.00
ไคแคลเซียมฟอสเฟต (18% ฟอสฟอรัส)	0.60	0.77	0.96	1.05
หินปูน	0.84	0.53	0.35	0.38
เกลือ	0.45	0.38	0.38	0.38
ไลซีน	0.23	0.20	0.17	0.13
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.03	0.05	0.05	0.07
ทรีโอนีน	0.04	0.03	0.02	0.01
วิตามินและแร่ธาตุพรีมิกซ์ ¹	0.20	0.20	0.20	0.20
ยาปฏิชีวนะ ²	0.55	0.55	0.55	0.55
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
ส่วนประกอบของโภชนะจากการคำนวณ (เปอร์เซ็นต์)				
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	3,000	3,000	3,000	3,000
โปรตีน	16.00	16.00	16.00	16.00
เยื่อใย	6.49	6.99	6.99	7.00
ถั่ว	7.69	7.51	7.04	7.18
ไลซีน	0.99	0.99	0.99	1.00
เมทไธโอนีน	0.32	0.33	0.34	0.35
เมทไธโอนีน + ซีสทีน	0.59	0.59	0.59	0.60
แคลเซียม	0.89	0.85	0.84	0.88
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.42	0.41	0.41	0.41

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่มา: ¹วิตามินและแร่ธาตุพรีมิกซ์ 1 กิโลกรัม = วิตามิน A 5.0 MIU วิตามิน D3 1.00 MIU วิตามิน E 7,500 มก. วิตามิน K3 1,250 มก. วิตามิน B1 500 มก. วิตามิน B2 1,500 มก. วิตามิน B5 6,625 มก. วิตามิน B6 750 มก. วิตามิน B12 8 มก. วิตามิน C 10,000 มก. ไนอะซิน 8 ก. กรดโฟลิก 250 มก. ไบโอดีน 40 มก. ซีลีเนียม 0.05 ก. เหล็ก 40 ก. แมงกานีส 17.5 ก. สังกะสี 50 ก. คอปเปอร์ 60 ก. โคบอลต์ 0.35 ก. ไอโอดีน 0.6 ก. และ คลอรีน คลอไรด์ 200,000 มก.

²พรีมิกซ์ยา 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย ไทอะมินไฮโดรเจนฟูมาลิก 100 กรัม โคลิสตินซัลเฟต เทียบเท่าโคลิสติน 400 กรัม อะม็อกซิซิลลินไตรไฮเดรต เทียบเท่าอะม็อกซิซิลลิน 500 กรัม และ คอปเปอร์ซัลเฟตเพนทาไฮเดรต 980 กรัม ทองแดง 245 กรัม

ตารางที่ 11 วัตถุดิบอาหารและองค์ประกอบทางโภชนาของสูตรอาหารสุกรระยะขุน

ชนิดของวัตถุดิบ	ระดับการใช้กากมันในสูตรอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
ข้าวโพด	17.90	11.75	7.55	4.84
กากถั่วเหลือง (46% โปรตีน)	6.40	9.30	12.45	15.54
มันสำปะหลัง	15.00	15.00	15.00	15.00
รำข้าว	15.00	15.00	12.40	4.39
รำสกัดน้ำมัน	15.00	8.50	2.15	-
กากมันสำปะหลัง	-	10.00	20.00	30.00
กากเบียร์	15.00	15.00	15.00	14.99
กากเนื้อในปาล์ม	10.00	10.00	10.00	9.19
เนื้อและกระดูกหมูปน (53% โปรตีน)	2.00	2.00	2.00	1.99
น้ำมันปาล์ม	-	-	-	0.60
กากน้ำตาล	1.00	1.00	1.00	1.00
ไคเคลเซียมฟอสเฟต (18% ฟอสฟอรัส)	0.90	1.08	1.27	1.39
หินฟูน	1.11	0.79	0.61	0.50
เกลือ	0.45	0.38	0.38	0.39
ไลซีน	0.03	0.00	-	-

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ชนิดของวัตถุดิบ	ระดับการใช้กากมันในสูตรอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
วิตามินและแร่ธาตุพรีเม็กซ์ ¹	0.15	0.15	0.15	0.15
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
ส่วนประกอบของโภชนาจากการคำนวณ (เปอร์เซ็นต์)				
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	2,900	2,900	2,900	2,900
โปรตีน	15.00	15.00	15.00	15.00
เยื่อใย	8.60	8.90	9.00	8.99
เถ้า	8.66	8.32	7.96	7.53
ไลซีน	0.79	0.80	0.81	0.84
เมทไธโอนีน	0.31	0.31	0.31	0.31
เมทไธโอนีน + ซีสทีน	0.58	0.57	0.57	0.56
แคลเซียม	0.90	0.85	0.84	0.85
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.97	0.91	0.81	0.69
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.40	0.40	0.39	0.40

ที่มา: ¹ วิตามินและแร่ธาตุพรีเม็กซ์ 1 กิโลกรัม = วิตามิน A 5.0 MIU วิตามิน D3 1.00 MIU วิตามิน E 7,500 มก. วิตามิน K3 1,250 มก. วิตามิน B1 500 มก. วิตามิน B2 1,500 มก. วิตามิน B5 6,625 มก. วิตามิน B6 750 มก. วิตามิน B12 8 มก. วิตามิน C 10,000 มก. ไนอะซิน 8 ก. กรดโฟลิก 250 มก. ไบโอติน 40 มก. ซีลีเนียม 0.05 ก. เหล็ก 40 ก. แมงกานีส 17.5 ก. สังกะสี 50 ก. คอปเปอร์ 60 ก. โคบอลต์ 0.35 ก. ไอโอดีน 0.6 ก. และ คลอรีน คลอไรด์ 200,000 มก.

² พรีเม็กซ์ยา 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย ไทอะมูลินไฮโดรเจนฟูมาลิก 100 กรัม โคลิสดีนซัลเฟต เทียบเท่าโคลิสดีน 400 กรัม อะม็อกซิซิลลินไตรไฮเดรต เทียบเท่าอะม็อกซิซิลลิน 500 กรัม และ คอปเปอร์ซัลเฟตเพนทาไฮเดรต 980 กรัม ทองแดง 245 กรัม

อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

1. โรงเรือนเปิดสำหรับเลี้ยงสุกร
2. เครื่องผสมอาหาร
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก
4. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหารทดลอง
5. อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางโภชนาของอาหารทดลอง
6. เครื่องวิเคราะห์พลังงาน (bomb calorimeter)
7. เครื่องผสมอาหาร
8. ถังใส่อาหารทดลอง
9. เครื่อง พิก สแกน (pig scan) รุ่น SFK-Technology สำหรับวิเคราะห์คุณภาพซาก

วิธีการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วย 6 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ตัว ซึ่งลักษณะที่ศึกษาในด้านสมรรถภาพการผลิต คือ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (average daily gain, ADG) ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (average daily feed intake, ADFI) ประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกร (feed conversion ratio; FCR) และอัตราการตายและคัตทิ้งของสุกร ในด้านคุณภาพซาก ลักษณะที่ศึกษา คือ ความหนาไขมันสันหลัง และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ในช่วงของการทดลองที่ 2 มีการเก็บตัวอย่าง และบันทึกข้อมูลดังนี้

1. การเก็บตัวอย่างและการบันทึกข้อมูลด้านสมรรถภาพการผลิต

1.1 ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารทดลองในแต่ละสูตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีการวิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis) และวิเคราะห์หาความหนาแน่นของอาหารทดลอง

1.2 ชั่ง และบันทึกน้ำหนักสุกร 4 ช่วง คือ ครั้งที่ 1 ชั่งน้ำหนักตัวเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ที่อายุประมาณ 11 สัปดาห์ ครั้งที่ 2 ชั่งน้ำหนักเมื่อมีการเปลี่ยนอาหารสุกรจากระยะเล็กไปเป็นระยะ รุนหรือเมื่อมีอายุครบ 15 สัปดาห์ ครั้งที่ 3 ชั่งน้ำหนักเมื่อมีการเปลี่ยนอาหารสุกรจากระยะรุนเป็น ระยะขุนหรืออายุครบ 21 สัปดาห์ และชั่งน้ำหนักครั้งที่ 4 เมื่อสุกรอายุครบ 24 สัปดาห์

1.3 ชั่ง และบันทึกปริมาณอาหารที่กิน อาหารที่เหลือในแต่ละสัปดาห์ตลอด การทดลอง

1.4 บันทึกการป่วย สาเหตุการป่วย และอัตราการตายและคัตทิ้งในช่วงของการทดลอง

1.5 เมื่อสุกรมีอายุครบ 24 สัปดาห์ วิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลคุณภาพซากโดยใช้ เครื่อง พิก สแกน (pig scan) รุ่น SFK-Technology ซึ่งลักษณะที่ศึกษา คือ ความหนาไขมันสันหลัง และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง

2. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิเคราะห์หาองค์ประกอบโภชนะต่างๆ ของอาหารทดลองสูตรที่แตกต่างกัน 4 สูตร คือ การวิเคราะห์หาค่า ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยวิธีการวิเคราะห์ โดยประมาณ (proximate analysis) และวิเคราะห์พลังงานรวมโดยใช้ bomb calorimeter

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในการทดลองศึกษาด้านสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากทำการวางแผน การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design; RCBD) วิเคราะห์ ความแปรปรวนโดยใช้ Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ แต่ละกลุ่มการทดลองโดยวิธี Tukey's honestly ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ซึ่งมีแบบ หุ่นจำลองดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ

Y_{ij} = ค่าสังเกตที่ได้จากหน่วยทดลองที่ j และทริทเมนต์ที่ i
เมื่อ $i = 1, 2, 3, 4$ $j = 1, 2$ (เพศผู้และเพศเมีย)

μ = ค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งหมด

τ_i = อิทธิพลเนื่องจากทริทเมนต์ที่ i ($i = 1, 2, 3, 4$)

β_j = อิทธิพลของบล็อก เมื่อ j คือ เพศ (เพศผู้และเพศเมีย)

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง

1. ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลองที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม

2. ศึกษาด้านสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากของสุกรในโรงเรือนระบบเปิดที่ฟาร์มระบบปิดของบริษัท ไบโอ-เจน ฟีดมิลล์ จำกัด ตำบลคอยติ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มต้นการทดลอง : มีนาคม 2551

สิ้นสุดการทดลอง : ธันวาคม 2551

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังทั้ง 5 แหล่งในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงในตารางที่ 12 พบว่า กากมันสำปะหลังมีแป้งอยู่ในช่วง 47.97-54.17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของ Tesfa (2006) ว่าปริมาณแป้งมีค่าเท่ากับ 56 เปอร์เซ็นต์ มีไขมัน และโปรตีนต่ำ คือมีค่าอยู่ในช่วง 0.18-0.55 เปอร์เซ็นต์ และ 1.23-3.42 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใยอยู่ในช่วง 12.12-14.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างจากการรายงานของพรทิมล (2551) คือมีค่าเท่ากับ 16 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่าใกล้เคียงกับสุกัญญา (2546) คือมีค่าเท่ากับ 12 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์มันสำปะหลังที่นำมาใช้ในกรรมวิธีการผลิตแป้งมันสำปะหลัง การดูแลเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษาหลังการสกัดแป้ง (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546)

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังในการทดลองที่ 1

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	A	B	C	D	E
ความชื้น	11.34	10.96	12.93	10.73	11.46
เถ้า	5.73	5.94	5.60	6.53	4.95
ไขมัน	0.50	0.55	0.45	0.18	0.29
โปรตีน	3.42	2.49	2.25	2.44	1.23
เยื่อใย	14.75	14.65	12.12	13.91	14.54
แป้ง	47.97	50.45	54.17	49.41	48.98
แคลเซียม	0.73	1.19	0.79	0.87	0.38
ฟอสฟอรัส	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
พลังงาน(กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)	4002.96	3510.56	4012.43	3564.00	4173.62

ตารางที่ 12 (ต่อ)

หมายเหตุ กากมันสำปะหลังโรงงาน A ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กากมันสำปะหลังโรงงาน B ในเขตภาคตะวันออก

กากมันสำปะหลังโรงงาน C ในเขตภาคตะวันออก

กากมันสำปะหลังโรงงาน D ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กากมันสำปะหลังโรงงาน E ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การย่อยได้แบบปรากฏของโภชนะ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลัง

ผลจากการศึกษาค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมัน โปรตีน และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังจากแหล่งการผลิตที่แตกต่างกัน ในเขตภาคตะวันออก 2 โรงงาน และเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 โรงงาน แสดงไว้ในตารางที่ 13

1. ค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีน

จากการศึกษาค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนของกากมันสำปะหลัง พบว่าค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนของกากมันสำปะหลัง จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง 5 โรงงาน พบว่า มีค่าเท่ากับ 66.79, 70.51, 71.99, 63.03 และ 67.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนของกากมันสำปะหลังเท่ากับ 71.51 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเท่ากับ 10.24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าเฉลี่ยการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนมีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของพรทิมล (2551) ที่รายงานไว้เท่ากับ 69.63 เปอร์เซ็นต์ แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาถึงสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของกากมันสำปะหลังจาก 5 แหล่งซึ่งพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนอยู่สูงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง อาทิเช่น การให้ความร้อน และวิธีในการสกัดแป้งออกจากมันสำปะหลัง ซึ่งจะมีผลต่อสัดส่วนของไขมัน โปรตีน ที่เหลืออยู่ในกากมันสำปะหลัง (กล้าณรงค์, 2542)

2. ค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมัน

จากการศึกษาค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมันของกากมันสำปะหลัง พบว่าค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมันของกากมันสำปะหลัง จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง 5 โรงงาน พบว่า ค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมันมีค่าเท่ากับ 61.66, 75.75, 65.91, 75.46 และ

71.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการย่อยได้แบบปรากฏของไขมันของกากมันสำปะหลังเท่ากับ 67.12 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเท่ากับ 6.08 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับอายุ มันสำปะหลัง และฤดูในการเก็บเกี่ยว โดยพบว่ามันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวในช่วงอายุน้อยจะมี ปริมาณของไขมันต่ำกว่ามันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 1 ปี นอกจากนี้กรรมวิธีในการสกัดแป้ง ออกจากมันสำปะหลัง คือ สกัดผ่านเครื่องดีแคนเตอร์จะมีผลต่อปริมาณไขมันเช่นกัน (กล้านรงค์, 2542)

3. ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้

จากการศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลัง จากโรงงานผลิตแป้ง มันสำปะหลัง 5 โรงงาน พบว่า ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้มีค่าเท่ากับ 2609.0, 2609.6, 2594.5, 2615.4 และ 2428.4 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของ กากมันสำปะหลังเท่ากับ 2571.4 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเท่ากับ 3.12 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ความผันแปรจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น สายพันธุ์มันสำปะหลังที่แตกต่างกัน การตัดต้นก่อนเก็บเกี่ยว ฤดูกาลการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว และการสกัดแป้งออก จากมันสำปะหลัง ที่ส่งผลถึงปริมาณแป้งในมันสำปะหลัง (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2551; อนุชา, 2544; Rojanaridpiched, 2002) นอกจากนี้ อายุของตัวสัตว์ อัตราการไหลผ่านของอาหาร และความสามารถในการดูดซึมของสัตว์ (Weurding *et al.*, 2001) ยังส่งผลต่อความสามารถในการ นำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ในร่างกายสัตว์ (Bach Knudsen, 2001; Anguita *et al.*, 2007) ซึ่งค่า พลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของพรทิมล (2551) คือมีค่าเท่ากับ 2,767 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งพบว่ามีค่าสูงกว่าการศึกษารั้งนี้ทั้งนี้อาจ เนื่องมาจากปริมาณแป้งในกากมันสำปะหลังมีสูงกว่ามีผลทำให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้สูงขึ้น ตามไปด้วย เช่นเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับมันเส้นปอกเปลือก มันเส้นสะอาด และมันเส้นปกติ ในสุกรรุ่นพบว่า มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากมันเส้นปอกเปลือก มันเส้น สะอาด และมันเส้นปกติมีปริมาณแป้งสูงกว่า และมีปริมาณเชื้อใยต่ำกว่าโดยมันเส้นปอกเปลือกมีค่า เชื้อใยเท่ากับ 2.5 เปอร์เซ็นต์ มันเส้นสะอาดมีค่าเชื้อใยเท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ และมันเส้นปกติมีค่า เชื้อใยเท่ากับ 5-6 เปอร์เซ็นต์ (กานดา และคณะ, 2545)

ตารางที่ 13 ค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีน ไขมัน และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังที่มาจากแหล่งแตกต่างกันในสุกร
ที่น้ำหนัก เฉลี่ย 50 กิโลกรัม

ค่าการย่อยได้แบบปรากฏ	กากมันสำปะหลังจากแหล่งที่ต่างกัน						mean $\pm$ SD	CV (%)
(Apparent digestibility of nutrients)	control	A	B	C	D	E		
การย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีน	63.29	66.79	70.51	71.99	63.03	67.12	71.51 $\pm$ 7.33	10.24
การย่อยได้แบบปรากฏของไขมัน	78.77	61.66	75.75	65.91	75.46	71.51	67.12 $\pm$ 4.09	6.08
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลัง (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)	-	2609.0	2609.6	2594.5	2615.4	2428.4	2571.4 $\pm$ 80.35	3.12

หมายเหตุ mean $\pm$ SD = ค่าเฉลี่ยของกากมันสำปะหลัง 5 แหล่ง CV = สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน

control = สูตรควบคุม

A = กากมันสำปะหลังโรงงาน A ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

B = กากมันสำปะหลังโรงงาน B ในเขตภาคตะวันออก

C = กากมันสำปะหลังโรงงาน C ในเขตภาคตะวันออก

D = กากมันสำปะหลังโรงงาน D ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

E = กากมันสำปะหลังโรงงาน E ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การทดลองที่ 2

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองในระยะเล็ก รุน และขุน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองในสุกรระยะเล็ก มีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณ และมีค่าความหนาแน่นของอาหารทดลอง จากการวิเคราะห์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 510.8, 491.5, 488.6 และ 481.6 กรัมต่อลิตร แสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองในระยะเล็ก (11-15 สัปดาห์)

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	ระดับการใช้กากมันสำปะหลัง (%)			
	0	10	20	30
วัตถุแห้ง	89.32	89.35	89.53	89.33
ไขมัน	4.91	4.78	5.46	5.43
โปรตีน	18.17	18.05	18.15	18.04
เยื่อใยรวม	4.78	4.61	5.57	5.64
เถ้า	7.11	7.03	6.84	7.00
พลังงานรวม	4563.65	4502.63	4529.04	4501.59
แคลเซียม	0.89	0.92	0.89	0.92
ฟอสฟอรัส	0.87	0.78	0.72	0.67
ความหนาแน่น (กรัมต่อลิตร)	510.8	491.5	488.6	481.6

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองในสุกรระยะรุ่น มีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณ และค่าความหนาแน่นของอาหารทดลองจากการวิเคราะห์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 538.6, 531.8, 525.5 และ 492.2 กรัมต่อลิตร แสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองในระยะรุ่น (16-21 สัปดาห์)

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	ระดับการใช้กากมันสำปะหลัง (%)			
	0	10	20	30
วัตถุแห้ง	89.63	89.79	89.89	89.92
ไขมัน	3.97	3.82	3.57	3.11
โปรตีน	16.16	16.27	16.13	16.16
เยื่อใยรวม	6.95	7.06	7.04	7.29
เถ้า	7.88	7.94	7.86	7.7
พลังงานรวม	4534.54	4494.05	4576.97	4458.59
แคลเซียม	0.89	0.86	0.89	0.89
ฟอสฟอรัส	0.87	0.83	0.73	0.89
ความหนาแน่น (กรัมต่อลิตร)	538.6	531.8	525.5	492.2

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองในสุกรระยะรุ่น มีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณ และค่าความหนาแน่นของอาหารทดลองจากการวิเคราะห์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 518.8, 494.9, 481.8 และ 476.0 กรัมต่อลิตร แสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองในระยะขุน (22-24 สัปดาห์)

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	ระดับการใช้กากมันสำปะหลัง (%)			
	0	10	20	30
วัตถุแห้ง	88.74	89.19	89.21	88.70
ไขมัน	4.52	4.23	3.96	3.39
โปรตีน	15.10	15.06	15.04	15.11
เยื่อใยรวม	8.83	9.07	9.25	9.20
เถ้า	8.75	8.4	8.02	7.63
พลังงานรวม	4498.37	4477.30	4468.53	4420.82
แคลเซียม	0.93	0.87	0.87	0.84
ฟอสฟอรัส	0.98	0.92	0.83	0.7
ความหนาแน่น (กรัมต่อลิตร)	518.8	494.9	481.8	476.0

สมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากในสุกรระยะเล็ก-รุ่น และขุน

ผลการศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยสุกรเข้าทดสอบมีน้ำหนักเข้าก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.2, 26.8, 26.9 และ 26.2 กิโลกรัมตามลำดับ และมีน้ำหนักสุดท้ายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 96.4, 95.9, 91.4 และ 91.2 กิโลกรัมตามลำดับ

1. สมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะเล็ก

จากการศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรในระยะเล็กที่มีอายุ (11-15 สัปดาห์) แสดงดังตารางที่ 17 พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารสูตรที่ใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ สุกรมีค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 707.2, 721.5, 696.7 และ 686.3 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 2.53, 2.46, 2.30 และ 2.32 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณการกินได้ในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลังมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการกินได้สูงที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลัง 15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลัง 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยของปริมาณการกินได้ใกล้เคียงกันโดยมีค่าเท่ากับ 1,790.4, 1,777.5, 1,641.5 และ 1643.8 กรัมต่อวันตามลำดับ

ตารางที่ 17 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรในระยะเล็ก (11-15 สัปดาห์)

สมรรถภาพการผลิต	ระดับการใช้กากมันสำปะหลัง (%)				SE	P-value
	0	10	20	30		
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	26.2	26.8	26.9	26.2	-	-
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	49.6	50.6	49.3	49.9	-	-
ปริมาณอาหารที่กินได้ (กรัม/วัน)	1,790.4	1,777.5	1,641.5	1,643.8	28.90	0.1012
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	707.2	721.5	696.7	686.3	8.31	0.5436
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	2.53	2.46	2.35	2.39	0.04	0.2643
อัตราการตายและคัดทิ้ง (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-

หมายเหตุ - ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ

2. สมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะรุ่น

จากการศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรในระยะรุ่นที่มีอายุ (16-21 สัปดาห์) แสดงดังตารางที่ 18 พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารสูตรที่ใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ สุกรมีค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ 803.5, 789.7, 725.9 และ 721.4 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารมีค่าเท่ากับ 3.50, 3.46, 3.65 และ 3.56 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณการกินได้มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับกากมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้นในสูตรอาหาร โดยมีค่าเท่ากับ 2,813.0, 2,696.2, 2,655.6 และ 2,557.4 กรัมต่อวัน ตามลำดับ

ตารางที่ 18 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรในระยะรุ่น (16-21 สัปดาห์)

สมรรถภาพการผลิต	ระดับการใช้กากมันสำปะหลัง (%)				SE	P-value
	0	10	20	30		
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	49.6	50.6	49.3	49.9	-	-
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	84.1	84.6	80.5	80.9	-	-
ปริมาณอาหารที่กินได้ (กรัม/วัน)	2,813.0	2,696.2	2,655.6	2,557.4	33.01	0.1621
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	803.5	789.7	725.9	721.4	16.62	0.2054
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	3.50	3.41	3.65	3.54	0.05	0.6837
อัตราการตายและคัดทิ้ง (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-

หมายเหตุ - ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ

3. สมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะขุน

จากการศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรในระยะขุนที่มีอายุ (21-24 สัปดาห์) แสดงดังตารางที่ 19 พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารสูตรที่ใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีสมรรถภาพการผลิตแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่มการทดลอง และสุกรมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการกินได้เท่ากับ 3,263.8, 3,056.3, 2,933.6 และ 2,951.5 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 587.3, 545.7, 520.3 และ 514.0 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 5.55, 5.59, 5.63 และ 5.74 ตามลำดับ ในส่วนของอัตราการตายและการคัดทิ้งในสุกรขุน พบว่า อัตราการคัดทิ้งของสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 0.41 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการตายของสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 0.83 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกร
ในระยะขุน (22-24 สัปดาห์)

สมรรถภาพการผลิต	ระดับการใช้กากมันสำปะหลัง (%)				SE	P-value
	0	10	20	30		
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	84.1	84.6	80.5	80.9	-	-
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	96.4	95.9	91.4	91.2	-	-
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/วัน)	3,263.8	3,056.3	2,933.6	2,951.5	89.62	0.7386
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	587.3	545.7	520.3	514.0	20.58	0.8432
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	5.55	5.60	5.63	5.74	0.25	0.9030
อัตราการตายและคัดทิ้ง (%)	0.00	0.41	0.83	0.00	-	-

หมายเหตุ - ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ

4. สมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก-ขุน

จากการศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารสุกรตลอดการทดลองที่อายุ 11-24 สัปดาห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณการกินได้มีแนวโน้มลดลง ($P=0.1453$) คือมีค่าเท่ากับ 2,656.6, 2,585.1, 2,560.7 และ 2,460.5 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลง ($P=0.0596$) เมื่อระดับกากมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นในสูตรอาหารโดยมีค่าเท่ากับ 719.8, 710.4, 684.9 และ 680.4 กรัมต่อวัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการใช้อาหารมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 3.69, 3.64, 3.72 และ 3.70 ตามลำดับ และตลอดการทดลองไม่พบการคัดทิ้งในสุกรระยะเล็ก-ขุนที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังในระดับ 0, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม พบว่า ตลอดการทดลอง อัตราการคัดทิ้งของสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 0.41 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบการตายในสุกรระยะเล็ก-ขุนที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่พบว่า ตลอดการทดลอง อัตราการตายของสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 0.83 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรตลอดการทดลอง (11-24 สัปดาห์)

สมรรถภาพการผลิต	ระดับการใช้กากมันสำปะหลัง (%)				SE	P-value
	0	10	20	30		
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	26.2	26.8	26.9	26.2	-	-
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	96.4	95.9	91.4	91.2	-	-
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/วัน)	2,656.6	2,585.1	2,560.7	2,460.5	29.35	0.1453
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	719.8	710.4	684.9	680.4	6.11	0.0596
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	3.69	3.64	3.73	3.61	0.09	0.9987
อัตราการตายและคัดทิ้ง (%)	0.00	0.41	0.83	0.00	-	-

หมายเหตุ - ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลจากการศึกษาด้านสมรรถภาพการผลิตของสุกรในระยะเล็ก รุ่น ขุน และตลอดการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณการกินได้ลดลงตามระดับกากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากการใช้กากมันสำปะหลังในระดับที่สูงขึ้นมีผลทำให้ระดับของเยื่อใยรวมในอาหารสูงขึ้น (5.64, 7.29, 9.20 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสุกรเล็ก รุ่น และขุน ตามลำดับ) ส่งผลให้ลักษณะอาหารมีความฟามสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นของอาหารที่ลดลง เมื่อระดับกากมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้น Pond and Maner (1984) รายงานว่าถ้าความฟามของอาหารสูงขึ้นจะทำให้กระเพาะมีความตึงตัวเร็วส่งผลให้สุกรกินอาหารได้น้อยลง สอดคล้องกับงานวิจัยของสุกัญญา (2546) ซึ่งได้ศึกษาถึงการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสุกรรุ่นและขุน พบว่า การเพิ่มระดับกากมันสำปะหลังในระดับสูงทำให้ระดับของเยื่อใยสูงขึ้น (5.06 เปอร์เซ็นต์) ทำให้อาหารมีความฟาม และส่งผลให้สุกรมีปริมาณการกินได้น้อยลง แต่ไม่ส่งผลกระทบเท่ากับงานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากระดับของเยื่อใยรวมในอาหารต่ำกว่าการศึกษานี้ แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าระดับของเยื่อใยรวมในอาหารที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อปริมาณการกินอาหารต่อวันที่ลดลงก็ตามแต่สุกรยังคงรักษาอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่อุตสาหกรรมยอมรับได้ สาริธ (2547) รายงานว่าอาหารที่มีกากมันสำปะหลังในระดับสูง อาหารจะมีลักษณะฟาม ทำให้ความน่ากินของอาหารลดลง สัตว์จึงกินอาหารได้น้อย ซึ่งสามารถแก้ไขความฟามของอาหารได้โดยการเติมไขมัน และกากน้ำตาลในระดับไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (สาริธ, 2547) เนื่องจากไขมันช่วยลดความเป็นฝุนของกากมันสำปะหลังทำให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่าง

มีประสิทธิภาพ และเพิ่มระดับพลังงานในอาหารที่มีระดับกากมันสำปะหลังอยู่สูง นอกจากนี้การอัดเม็ดอาหารสามารถลดความเป็นฝุ่น และปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของสุกรได้ดี ดังงานวิจัยของพรทิมล (2551) ได้ศึกษาถึงการใส่กากมันสำปะหลังที่ระดับ 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสุกรเล็ก รุน และขุน พบว่าการอัดเม็ดอาหารสามารถแก้ปัญหาความฟามของอาหารได้ ส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของสุกรเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรในทุกระยะของการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาครั้งนี้สามารถเสนอแนะถึงแนวทางการนำกากมันสำปะหลังไปใช้ได้ว่า ในการเลือกใส่กากมันสำปะหลังเพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารในสูตรอาหารสัตว์ ในระดับของการศึกษาในครั้งนี้ คือ 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (ระดับเชื้อใยรวมในอาหารเท่ากับ 9.20 เปอร์เซ็นต์) สามารถนำไปใช้ได้ดีทั้งต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากของสุกร แต่ทั้งนี้การนำมาใช้ควรพิจารณาถึงลักษณะของกากมันสำปะหลังที่นำมาใช้ ได้แก่ แหล่งที่มาของกากมันสำปะหลัง คุณภาพของกากมันสำปะหลังทั้งทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และระดับของเชื้อใยรวมในอาหาร วิธีการตรวจสอบการปนเปื้อนของราก เหง้า และทรายที่ปนเปื้อนมากับกากมันสำปะหลัง จะสามารถใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการนำกากมันสำปะหลังที่มีการปนเปื้อนอยู่สูงมาใช้จะมีผลให้ระดับเชื้อใยรวมสูงขึ้น ทำให้การใช้ประโยชน์ในแง่ของการนำกากมันสำปะหลังมาใช้เป็นแหล่งพลังงานลดลง (กานดา และคณะ, 2545) และยังส่งผลให้ปริมาณการกินได้ อัตราการเจริญเติบโตลดลง ทำให้ต้นทุนในการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมเพิ่มขึ้น ซึ่งมาตรฐานในการเลือกไขมันสำปะหลังโดยทั่วไป คือ มีเถ้าไม่เกิน 3.0 เปอร์เซ็นต์ และทรายไม่เกิน 1.0-2.0 เปอร์เซ็นต์ (อุทัย และสุกัญญา, 2547)

4. คุณภาพซาก

ผลของระดับการใส่กากมันสำปะหลังต่อลักษณะซาก คือ ความหนาไขมันสันหลัง และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ในสุกรที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ใช้กากมันสำปะหลัง 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ แสดงในตารางที่ 21 พบว่า การเพิ่มระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารสุกร 0-30 เปอร์เซ็นต์ สุกรมีลักษณะซากแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสุกรมีความหนาไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 11.81, 11.79, 10.88 และ 10.83 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเฉลี่ยเท่ากับ 57.68, 58.76, 59.78 และ 59.53 ตามลำดับ ซึ่งให้ผลในทางเดียวกันกับการศึกษาของสุกัญญา (2547) ที่รายงานว่าระดับกากมันสำปะหลังที่ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารไม่มีผลต่อคุณภาพซากของสุกร ($P>0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ พรทิมล (2551) ซึ่งได้ศึกษา

การใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารสุกรเล็ก รุ่น และขุน ที่ระดับ 20-40 เปอร์เซ็นต์ พบว่า คุณภาพซากแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในการรายงานของ Ochetim (1993) ได้ใช้มันสำปะหลังสดที่ระดับ 35 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร พบว่า เปอร์เซ็นต์ซาก ความหนาไขมันสันหลัง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับ การรายงานของ Chakrit (2000) ได้ทำการศึกษาระดับการใช้มันเส้นที่ระดับ 0, 50, 75, 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับในสูตรอาหารเพื่อทดแทนข้าวโพดในสุกรระยะรุ่น-ขุน พบว่าคุณภาพซากในส่วนของ เปอร์เซ็นต์ซาก ความยาวซาก ความหนาไขมันสันหลัง และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ในแต่ละสูตรของ อาหารทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้พบว่า การเพิ่มระดับกากมันสำปะหลังทำให้ระดับเอื่อไขรวมในสูตรอาหารเพิ่มสูงขึ้น มีผลให้เปอร์เซ็นต์ เนื้อแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P=0.06$) และความหนาไขมันสันหลังมีแนวโน้มลดลง ($P=0.07$) อาจ เนื่องจากสุกรที่ได้รับอาหารที่มีการใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารมีปริมาณการกินได้ต่อวัน น้อยลง ทำให้ระดับพลังงานรวมที่ได้รับต่อวันลดลงตามไปด้วย มีผลให้การสะสมไขมันในร่างกาย ลดลง จึงส่งผลสืบเนื่องให้ความหนาไขมันสันหลังลดลง (บุญล้อม, 2541)

ตารางที่ 21 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันต่อลักษณะซากของสุกร

ลักษณะซาก	ระดับการใช้กากมันสำปะหลัง (%)				SE	P-value
	0	10	20	30		
น้ำหนักตัวสุดท้าย (กิโลกรัม)	96.43	95.98	91.41	91.23	0.83	0.33
ความหนาไขมันสันหลัง (มิลลิเมตร)	11.81	11.79	10.88	10.83	0.16	0.07
เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง	57.68	58.76	59.78	59.53	0.27	0.06

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การศึกษาค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมัน โปรตีน และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังจากแหล่งการผลิตที่แตกต่างกันในเขตภาคตะวันออก 2 โรงงานและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 โรงงาน พบว่า มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้แบบปรากฏของไขมันเท่ากับ 71.51 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเท่ากับ 10.24 เปอร์เซ็นต์และมีค่าเฉลี่ยการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนเท่ากับ 67.12 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเท่ากับ 6.08 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยพลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 2,571.4 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนที่ 3.12 เปอร์เซ็นต์

2. การใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกรสามารถใช้ได้ที่ระดับ 10-30 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าปริมาณการกินอาหารของสุกรมีแนวโน้มลดลง (2,657, 2585, 2561, 2461 กรัมต่อวันตามลำดับ) และมีแนวโน้มลดลงของอัตราการเจริญเติบโต (720, 710, 685 และ 680 กรัมต่อวัน) แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการใช้อาหารแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลของระดับกากมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะซากสุกรในส่วนของความหนาไขมันสันหลังและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในทุกกลุ่มการทดลองและพบว่าการเพิ่มระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารมีแนวโน้มให้สุกรมีความหนาไขมันสันหลังลดลงและมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงที่สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของระดับกากมันสำปะหลังต่อการย่อยได้แบบปรากฏของโภชนะ ในด้านสมรรถภาพการผลิตในสุกรระยะเล็ก รุ่น ขุน และคุณภาพซาก พบว่า ระดับของเชื้อโรรวมในอาหารส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันอีกครั้งร่วมกับการเสริมเอนไซม์ในอาหารเพื่อศึกษาถึงระดับการใช้เอนไซม์ที่เหมาะสมต่อการย่อยได้ของโภชนะและปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตต่อไป

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหาร ในรูปแบบของอาหารผง มีผลให้ลักษณะทางกายภาพของอาหารมีความฟุ้ง ความเป็นฝุ่นสูง และผลของการสูญเสียจากอาหารตกหล่นสูง ดังนั้นหากมีการศึกษาต่อควรศึกษาในแง่ของการอัดเม็ดอาหารต่อระดับกากมันสำปะหลังในส่วนกำลังการผลิต ค่าพลังงานในการอัดเม็ด และคุณภาพเม็ดอาหาร ซึ่งหากพบว่าใช้กากมันสำปะหลังในระดับที่เหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการอัดเม็ดจะเป็นการเพิ่มแนวทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่งในการเลือกนำกากมันสำปะหลังมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดต่อผู้เลี้ยงสัตว์ และผู้ผลิตอาหารสัตว์ต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กานดา พันสุรินทร์, อุทัย คันโช และ สุกัญญา จัดตุพรพงษ์. 2545. การศึกษาหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของมันเส้นคุณภาพต่างกัน ใน อาหารสุกรรุ่น-ขุน, น 283-287. ใน การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40 (สาขาสัตว สาขาสัตว แพทย์ สาขา ประมง). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542. เทคโนโลยีของแป้ง. บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ. 225 น.

_____, และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีการผลิตแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____, _____, วชิร เลิศมงคล, จำลอง เข้มจันทรรอง, ปิยะ ดวงพัตรา, เอ็จ สโรบล, ปิยะวุฒิ พูลสงวน, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ และวิจารณ์ วิชชุกิจ. 2542. การแปรรูปและการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ โครงการเพื่อบรรเทาผลกระทบทางสังคมเนื่องจากวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กฤตพล สมมาตย์ และ คณิน บรรณกิจ. 2547. การใช้มันสำปะหลังและผลพลอยได้จากโรงงาน แป้งมันสำปะหลังเป็นอาหารโคเนื้อ, ใน สัมมนาวิชาการเกษตรแห่งชาติ ประจำปี 2547. วันที่ 27-28 มกราคม 2547 โรงแรมโซฟิเทล ราชอาณานิคม, ขอนแก่น.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2532. มันสำปะหลัง การปลูก อุตสาหกรรมแปรรูปและการใช้ประโยชน์. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชยะ หัสดีเสวี. 2530. การใช้ปัจจัยในการผลิต ต้นทุนการผลิต และกำไรของโรงงานมันเส้นในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2547. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

นันทวัน ธนะศรีสุธารัตน์, สุจิตตรา มูลชัยสุข และ สุพรรณยา ตาถาวรรณ. 2545. ผลการใช้มัน
สำปะหลังเปรียบเทียบกับข้าวโพดในอาหารไก่กระตังที่มีการเสริมและไม่เสริมยาปฏิชีวนะ.
ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พาพร ดันตระรัตนะ, อุทัย คั่นโธ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ วิไล สันติโสภาศรี. 2546. การใช้
มันสำปะหลังเปรียบเทียบกับข้าวโพดเป็นอาหารสุกรระยะรุ่น และระยะขุน ทั้งที่มีการ
เสริมและไม่เสริมยาปฏิชีวนะ. ใน เรื่องเติมการประชุมวิชาการครั้งที่ 41 สาขาสัตว
สัตวแพทยศาสตร์ ประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.

พรทิมล ดันสิงห์. 2551. ผลของการใช้กากมันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก
ของสุกร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชัย สราญรมย์. 2528. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมันสำปะหลัง สำหรับการศึกษาระดับปริญญา.
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สาโรช คำเจริญ. 2547. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สุกัญญา ทิมทอง. 2546. ผลของกากมันสำปะหลังในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพ
ซากของสุกรรุ่น-ขุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุนีย์ โชติณีนานา. 2539. การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากกากมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์และอัลตรา
ฟิลเทรชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. สถิติการเกษตรของประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์. แหล่งที่มา: [http:// oae. go. th/ statistic / yearbook 2001-2002/section1/sec 1
table 22_xls_](http://oae.go.th/statistic/yearbook/2001-2002/section1/sec1table22_xls_), 5 ตุลาคม 2550.

สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย. 2551. สถิติการส่งออกมันสำปะหลังของไทย. แหล่งที่มา:
<http://www.ttta-tapioca.org/main2.php>, 6 เมษายน 2551.

_____. 2551. แหล่งที่มา: [http:// www.thaitapiocastach.org/ index. asp](http://www.thaitapiocastach.org/index.asp), 20 มีนาคม 2551.

อนุชา ชลอกกลาง. 2544. การใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารสุกรระยะรุ่น-ขุน.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุทัย คั่นโธ และสุกัญญา จิตตพรพงษ์. 2547. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์: ผลของการใช้
และข้อมูลการวิจัยในประเทศไทย. ศูนย์คั่นควัวและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

_____, และ ไพฑูรย์ มูลจิตร. 2548. การใช้กากแป้งมันสำปะหลังเป็นอาหารสุกรอ้วนท้อง และ
เลี้ยงลูก, ใน เรื่องเตรียมการประชุมวิชาการครั้งที่ 43 สาขาสัตว์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.

Anguita, M., J. Gasa, M. Norfrarias, S. M. Martin-Orue and J. F. Perez. 2007. Effect of coarse
ground corn, sugar beet pulp and wheat bran on the voluntary intake and physiochemical
characteristics of digesta of growing pigs. **Livest, Sci.** 107: 182-191.

AOAC. 1980. **Official Methods of Analysis. 13th ed.** Association of Official Analytical
Chemists, Washington, DC.

Bach Knudsen, K. E. 2001. The nutritional significance of dietary fibre analysis. **Anim. Feed
Sci. Technol.** 90: 3-20.

Bolin DW, RP. King and EW. Klosterman. 1952. A simplified method for the determination of
chromic oxide (Cr_2O_3) when used as an index substance. **Science (Wash DC)**
116: 634-635.

Carcia, I. M. D. and E. M. Leboutte. 1982. Root of Cassava (*Manihot Utilissima*) as energy
source for growing and finishing pig. **Nutr. Abst. Rev.** 52: 106.

Chakrit, R. 2000. Thailand promotes greater use of cassava. **Asian Pork Magazine.**
150: 26-31.

- Charles, A. L., K. Siroth and T. Hoang. 2007. Proximate composition, mineral contents, hydrogen cyanide and phytic acid of 5 cassava genotypes. **J. food chem.** 92: 615-620.
- Conn, E.E. 1994. Cyanogenesis-A personal perspective, pp. 31-44. *In* M. Bokanga, A. J. A. Essers, N. poultier, H. Rosling and O. Tewe eds. **Acta Horticultrae: International Workshop on Cassava Safety**, 1-4 March 1994, Ibadan, Nigeria.
- Davidek, J. 1995. **Natural Toxic Compounds of Food**. CRC Press, Boca Raton.
- Fasuyi, A.O. 2005. Nutrient composition and processing effects on cassava leaf (*Manihot esculent*, Crantz) antinutrients. **Pakis. J. Nutr.** 4 (1): 37-42.
- Ikurior, S.A., and S.O. Onuh. 1996. Assessment of practical potential of cassava peels meal for growing and growing-finishing pigs in sub-humid tropics. **Bulletin-of-Animal-Health-and-Production-in-Africa**. 44(4): 209-214
- Le, G. G. and J. Noblet. 2001. Effect of dietary fiber on the energy value of feeds for pigs. **Anim. Feed. Sci. Tech.** 90: 35-52.
- Nhi, D. L., M. V. Sanh and L. V. Ly. 2001. Supplement cassava root meal and cassava processed leaves to diet based on natural grasses, maize stover and rice straw for fattening young swamp buffaloes. Paper presented at National workshop on swamp buffalo development. **National Institute of Animal Husbandry**, Hanoi.
- Nitipot, P. and K. Sommart. 2003. Chemical and nutrient composition of cassava pulp and cassava peel by vitro gas production technique. Annual Report. Animal Science Department. Faculty of Agriculture. **Khon Kaen University**, 156 p.
- Ochetim, S. 1993. Fresh cassava as a feed for fattening pigs. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 6 (3): 361-365.

Preston, R. L. 2002. **Typical composition of commonly used feeds for sheep and cattle.**

Available Source: [http:// www. vcn. Vnn](http://www.vcn.Vnn), April 20, 2007.

Pond, W. G. and J.H. Maner. 1984. **Swine Productiona and Nutrition.** AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, U.S.A.

Reas, B. P. 1996. **A study on the comparative digestibility of cassava, maize, sorghum and barley in growing pigs.** Master Thesis, University of Queensland, Australia.

Rojanaridpiched, C., V. Vichukit, E. Sarobol and P. Changlek. 2002. **Breeding and dissemination of new cassava varieties in Thailand.** Paper presented at the 7th Regional Cassava Workshop, held in Bangkok, Thailand, Oct. 28 – Nov. 1, 2002.

Scott, G. J., M. W. Rosegrant and C. Ringler. 2000. **Root and Tuber for the 21 st Century: Trends, Projections and Policy Option.** Available Source: [http:// www. Ifpri. Org/ 2020/ dp/ 2020 dp 31. pdf](http://www.Ifpri.Org/2020/dp/2020dp31.pdf), April 20, 2007.

Sison, J. A. 1990. **The future of non conventional feedstuffs in the feed milling industry (Part 2).** *Feed Magazine International.* Winter 90/91. อ้างโดย พันทิพา พงษ์เพ็ชรจันทร์. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์. กรุงเทพฯ ฯ.

Sriroth, K., R. Chollakup, S. Chotineeranat, K. Piyachomkwan and C. G. Oates. 2000. Processing of cassava waste for improved biomass utilization. **Bioresource Technol** 71 (1): 63-69.

Taylor, J.A. and I.G. Partridge. 1987. A note on the performance of growing pigs given diets containing manioc. **Anim. Prod.** 44 (3): 457-459.

Teerapatr, S., K. Lerdluk and S. La-aied. 2006. Approach of Cassava Waste Pretreatments for Fuel Ethanol Production in Thailand. **J. Sci. Res. Chula. Univ.** 31: 78-84.

- Tesfa, A. 2006. **Livestock management in developing country**. Available Source: [http:// honeybee. Helsinki. fi/ mmeko/ KURSSIT](http://honeybee.helsinki.fi/mmeko/KURSSIT), April 20, 2007.
- Tonukari, N. J. 2004. **Cassava and the future of starch**. Available Source: [http:// www. Ejbiotechnology. Info/ content/ vol 7/ issue1/ issue/2/](http://www.Ejbiotechnology.Info/content/vol7/issue1/issue2/), April 20, 2007.
- Walker, W.R., R.O. Myer, J.H. Brendemuhl and R.M. DeGregorio. 1989. The use of pelleted or meal type prestarter diets for sow or milk replacer rearer pigs. University of Florida Swine Field Day. **Dept. Anim. Sci. Res.** Rep. MA-1989-5.
- Weurding, R.E., A. Veldman, W.E.G. Veen, P.J. van der Aar and M.W.A. Verstegen. 2001. Starch digestion rate in the small intestine of broiler chickens differs among feedstuffs. **J. Nutr.** 131: 2329-2335.
- Wisitiporn, S., P. Lounglawan and P. Noosen. 2006. Energy and protein evaluation of five feedstuffs used in diet in which cassava pulp as main energy source for lactating dairy cows. Suranaree **J. Sci. Technol.** 14 (1): 99-107.

ภาคผนวก

การประเมินลักษณะซากของสุกรมีชีวิตโดยใช้เครื่องฟิก สแกน (Pig Scan รุ่น SFK Technology)

การประเมินลักษณะซากของสุกรที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายวิธีซึ่งวิธีที่นิยมใช้ในฟาร์มมี 2 แบบ คือ การใช้เครื่องรีลไทม์ อัลตราซาวด์ (Real-time ultrasound) ซึ่งใช้หลักการของพลังงานไฟฟ้าถูกเปลี่ยนเป็นระบบคลื่นเสียงไปกระทบชิ้นต่าง ๆ กันของเนื้อเยื่อเช่น เนื้อแดง ไขมัน และกระดูก คลื่นเสียงจะถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้าและปรากฏเป็นภาพบนจอภาพ ซึ่งลักษณะซากที่ได้ คือ ความหนาไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และการใช้เครื่องฟิก สแกน ซึ่งการทำงานของเครื่องฟิก สแกนจะคล้ายกับเครื่องรีลไทม์ อัลตราซาวด์ แต่ลักษณะการประมวลผลที่ได้คือ ความหนาไขมันสันหลังและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง

อุปกรณ์และเครื่องมือ

วิธีการประเมินลักษณะซากของสุกรมีชีวิตโดยใช้เครื่องฟิก สแกน

1. ชั่งน้ำหนักสุกร
2. จัดสุกรให้ยืนอยู่ในท่าที่นิ่ง
3. บันทึกข้อมูลของสุกรที่จะประเมินลักษณะซาก เช่น ทริทเมนต์ เบอร์ เพศ
4. วัดตำแหน่ง (P1, P2, P3) โดย P1 วัดในตำแหน่งแนวเดียวกับชอกขาหน้าในตำแหน่ง P2 วัดแนวเดียวกับกระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย P3 วัดในตำแหน่งแนวเดียวกับชอกขาหลัง โดยทุกจุดวัดห่างจากแนวเส้นกลางหลัง 1.5-2.5 นิ้ว
5. ขูดขนบริเวณที่วัดตำแหน่งเพื่อให้เครื่องวัดสัมผัสกับผิวหนังของสุกร จากนั้นใช้น้ำมันทาบริเวณที่ทำเครื่องหมายทิ้งไว้ทั้ง 3 จุด
6. ใช้ probe กดทับลงบนหลังของสุกรบริเวณที่ทำน้ำมันพืช
7. บันทึกค่าความหนาไขมันสันหลังแต่ละจุด และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง

ประโยชน์ที่ได้จากการใช้เครื่องฟิก สแกน

เกษตรกรสามารถทราบความหนาไขมันสันหลัง และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของสุกร โดยไม่ต้องฆ่าสุกร ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ทั้งในฟาร์มสุกรขุนเพื่อประเมินคุณภาพซากในฟาร์ม สุกรพันธุ์ทำการวัดเพื่อคัดเลือกสุกรไว้ทำพันธุ์ สำหรับโรงฆ่าสัตว์ที่มีการซื้อขายสุกรโดยใช้ เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเป็นตัวกำหนดราคาสามารถใช้เครื่องฟิก สแกนเพื่อความสะดวก รวดเร็ว และยุติธรรมต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร



ภาพผนวกที่ 1 การวัดลักษณะซากโดยใช้เครื่องฟิก สแกน

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวนารีรัตน์ เจริญวัฒนสกุล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	22 ธันวาคม พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดฉะเชิงเทรา
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์) มหาวิทยาลัยทักษิณ ปี 2550
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-