ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

ปริญญา

โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ | สัตวบาล

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของระดับกากมันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่และคุณภาพไข่

Effect of Cassava Pulp Level on Laying Hen Performance and Egg Quality

นามผู้วิจัย นายสุเมธ ไตรพฤกษชาติ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุวเรศ เรืองพานิช, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อาตมางกูร, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรประพันธ์ ส่งเสริม, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

(อาจารย์สุกัญญา รัตนทับทิมทอง, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อาตมางกูร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของระดับกากมันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่และคุณภาพไข่

Effect of Cassava Pulp Level on Laying Hen Performance and Egg Quality

โดย

นายสุเมธ ไตรพฤกษชาติ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุเมธ ไตรพฤกษชาติ 2553: ผลของระดับกากมันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่และคุณภาพไข่ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์) สาขาวิชาโภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุวเรศ เรืองพานิช, Ph.D. 74 หน้า

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่และคุณภาพไข่ โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองคือ การทดลองที่ 1 ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของตัวอย่างกากมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังที่มีมาตรฐานการผลิตที่ดี จากการศึกษาพบว่าตัวอย่างกากมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีโปรตีนในระดับต่ำ และมีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยในระดับสูง มีปริมาณแป้งประมาณ 50.20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารพิษไซยาไนด์ 16.6 พีพีเอ็ม และไม่พบว่ามีการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราชนิดต่างๆ ได้แก่ อะฟลาทอกซิน บี 1, อะฟลาทอกซิน บี 2, อะฟลาทอกซิน จี 1, อะฟลาทอกซิน จี 2, ซีราลีโนน, ดีออกซีนิวาลีนอล, ฟูโมนิซิน บี 1, ฟูโมนิซิน บี 2 และ โอคราท็อกซิน จึงสามารถใช้เป็นอาหารไก่ไข่ได้

การทดลองที่ 2 ทำการศึกษาผลของระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อลักษณะทางกายภาพของอาหาร สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ โดยใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ H&N “Brown Nick” ที่อายุ 60 สัปดาห์ จำนวน 384 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 8 ซ้ำ ซ้ำละ 12 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด เลี้ยงไก่ไข่ในสภาพระบบโรงเรือนแบบปิดให้ได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ ไก่ไข่ได้รับอาหารทดลองโดยสุ่ม ดังนี้ คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม (ไม่ใช้กากมันสำปะหลัง) กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 ใช้กากมันสำปะหลังในระดับ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าการเพิ่มระดับกากมันสำปะหลังทำให้ความหนาแน่นของอาหารมีแนวโน้มลดลง (P=0.0656) ส่วนค่ามุมกองของอาหารพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) การใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่ไข่ที่ระดับสูงถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต นอกจากนี้พบว่าต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหลนั้นเพิ่มขึ้นตามระดับกากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร แต่พบว่าการใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารมีผลทำให้คะแนนสีไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่วนคุณภาพไข่อื่นๆ นั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sumate Traiprugsachart 2010: Effect of Cassava Pulp Level on Laying Hen Performance and Egg Quality. Master of Science (Animal Nutrition and Feed Technology), Major Field: Animal Nutrition and Feed Technology, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Yuwares Ruangpanit, Ph.D. 74 pages.

The objective of this study was to determine the effects of cassava pulp level on laying hen performance and egg quality. Experiment 1 was carried out to determine the chemical, physical and biological properties of cassava pulp sample optained from a standard cassava starch manufacturing. The representative cassava pulp had low protein but high in fiber content. The starch remained approximately 50.20 percent. Cyanide concentration was 16.6 ppm. There was no contamination of selected mycotoxin including Aflatoxin B1, Aflatoxin B2, Aflatoxin G1, Aflatoxin G2, Zearalenone, Deoxynivalenol, Fumonisin B1, Fumonisin B2 and Ochratoxin. Therefore, the representative cassava pulp is suitable as a feed ingredient in laying hen diet.

Experiment 2 was carried out to determine the effect of cassava pulp level on physical characteristic of feed, Laying hen performance and egg quality. Three hundred and eighty four-H&N "Brown Nick" laying hens, approximately 60 weeks of age, were divided into 4 dietary treatments. Each treatment consisted of eight replications with 12 laying hens per replication. The hens were kept in environmental controlled house, where feed and water were provided *ad libitum*. All laying hens were randomly fed experimental diets as fallowing; Control diet (0% cassava pulp); and the diet containg 5, 10 and 15% cassava pulp, respectively. Bulk density of experimental diets tended to decrease with an increase in cassava pulp level (P=0.0656) while the angle of repose remained unchanged. The incorporation of cassava pulp up to 15% in the diet had no detrimental effect on overall laying hen performances. However, an increase in level of cassava pulp resulted in an increase feed cost per dozen egg and significantly decreased in egg yolk color (P<0.01) However, no significant effect on the other egg quality parameters was observed.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุวเรศ เรืองพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสกสม อาตมางกูร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรประพันธ์ ส่งเสริม และอาจารย์ ดร. สุกัญญา รัตนทับทิมทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และ รองศาสตราจารย์ ดร. ไพโชค ปัญจะ อาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงบประมาณด้านการทดลอง ทำให้งานวิจัยสามารถดำเนินไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฟาร์มไก่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ ที่ได้ให้การสนับสนุนพันธุ์ไก่และสถานที่เพื่อใช้ในการทดลอง พร้อมความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ในทุกด้าน ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ นิสิตปริญญาตรีและโทของภาควิชาสัตวบาลทุกท่านที่ได้ให้การช่วยเหลือและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุเมธ ไตรพฤกษชาติ

มกราคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	29
ผลและวิจารณ์	39
สรุปและข้อเสนอแนะ	51
สรุป	51
ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	52
ภาคผนวก	60
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	74

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลังสดและแห้ง	6
2	ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคในส่วนประกอบต่างๆของมันสำปะหลัง	9
3	ผลของระยะเวลาการตากมันสำปะหลังและระยะเวลาการเก็บต่อระดับไซยาไนด์ในมันเส้น	11
4	คุณค่าทางโภชนะต่างๆของมันสำปะหลังเปรียบเทียบกับวัตถุดิบแหล่งพลังงานชนิดอื่น	14
5	เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังจากแหล่งต่างๆ	20
6	องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังเปรียบเทียบกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น	21
7	ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในอาหารทดลอง (%) ตลอดการทดลอง	35
8	ส่วนประกอบใน 1 กิโลกรัมของพรีมิกซ์ไวตามิน-แร่ธาตุ	36
9	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของตัวอย่างกากมันสำปะหลัง	40
10	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของตัวอย่างกากมันสำปะหลัง	41
11	ผลการวิเคราะห์สารพิษจากเชื้อราของตัวอย่างกากมันสำปะหลัง	41
12	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนะของอาหารทดลอง (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)	42
13	ประสิทธิภาพการไหลของอาหารและค่ามุมกองของอาหาร	44
14	ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นและมุมกองของอาหารทดลอง	44
15	ผลการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ต่อปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง และอัตราการเลี้ยงรอด	47
16	ผลการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ต่ออัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนไก่ไข่มีชีวิต และอัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนไก่ไข่เริ่มการทดลอง	48
17	ผลการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ต่อน้ำหนักไข่เฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ไข่ขาวเปอร์เซ็นต์ไข่แดง และเปอร์เซ็นต์เปลือก	48

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	ผลการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ต่อความสูงไข่ขาว ค่าฮอฟ์ยูนิต และสีไข่แดง	49
19	ผลการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ต่อความถ่วงจำเพาะ และความหนาเปลือกไข่	49
20	ผลการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ต่อราคาอาหาร และ ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล	50

ตารางผนวกที่

1	ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนตลอดการทดลอง	68

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผลการไฮโดรไลซีส ลินามารินและ ลอโทสตาลินได้กรดไฮโดรไซยานิค โดยเอนไซม์ลินามาเรส	8
2	การใช้ประโยชน์ของมันสำปะหลัง	13
3	กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	18
4	โครงสร้างของ ก. อะไมโลส และ ข. อะไมโลเพคติน	23

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของระดับกากมันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่และคุณภาพไข่

Effect of Cassava Pulp Level on Laying Hen Performance and Egg Quality

คำนำ

ในปัจจุบันการผลิตไก่ไข่ของประเทศไทย เกษตรกรส่วนใหญ่ประสบปัญหาการขาดทุน เนื่องมาจากต้นทุนการผลิตในส่วนของค่าอาหารสูงขึ้น เพราะราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์หลักอันได้แก่ ข้าวโพด กากถั่วเหลือง ปลาป่น นั้นมีราคาที่สูงขึ้น อีกทั้งปัจจุบันมีการประสบปัญหาด้านการขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิง ได้มีการนำวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดมาใช้ผลิตพลังงานทดแทนของมนุษย์ ดังนั้นการหาวัตถุดิบอาหารสัตว์ใหม่ๆ ที่มีราคาถูกและมีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำมาเลี้ยงสัตว์ได้ดี อีกทั้งยังสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น จึงเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบอาหารพลังงานได้

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายเกือบทุกภาคของประเทศไทย เนื่องจากสามารถใช้เป็นวัตถุดิบอาหารชนิดหนึ่งที่เหมาะสมกับการใช้เลี้ยงสัตว์ชนิดต่างๆ ได้เป็นอย่างดี จากข้อมูลของ สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย (2550) ได้รายงานว่า ประเทศไทยสามารถผลิตหัวมันสำปะหลังสดได้ปีละ 22-26 ล้านตัน จัดเป็นผู้ผลิตอันดับที่ห้าของโลก ซึ่งปัจจุบันมันสำปะหลังถูกนำมาใช้ทำผลผลิตหลายอย่าง อาทิ แป้งมันสำปะหลัง มันสำปะหลังอัดเม็ด และมันเส้นเลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง นอกจากจะได้แป้งมันสำปะหลังแล้ว ยังมีผลพลอยได้จากการผลิตได้แก่ เปลือกมันและกากมัน กากมันสำปะหลังเป็นผลิตผลที่เหลือจากการสกัดแป้งมันออกไปแล้ว เป็นผลิตผลที่เป็นอุปสรรคต่อการกำจัด เนื่องจากทิ้งไว้นานๆ จะเกิดการหมักส่งกลิ่นเหม็นและยังมีความชื้นสูงทำให้มีน้ำหนักมากยากแก่การขนส่ง การนำกากมันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์นั้นจึงต้องนำไปทำให้แห้งด้วยการนำไปตากแดด กากมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้ผสมในอาหารสัตว์ได้ โดยสามารถใช้ทดแทนวัตถุดิบที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากกากมันสำปะหลังยังมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแป้งที่เหลือตกค้างจากกระบวนการผลิต ดังนั้นการใช้กากมันสำปะหลังอาจจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการหาแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ราคาถูกซึ่งสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ อีกทั้งยังเป็นการช่วยกำจัดเศษวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง ที่อาจก่อทำให้เกิดปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อมอีกด้วย อย่างไรก็ตามการใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารสัตว์ ต้องมีการคำนึงถึง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณเยื่อใยที่มีอยู่ค่อนข้างสูง ซึ่งจะส่งผลให้อาหารมีลักษณะฟ่าม และอาจมีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ได้ของสัตว์

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของกากมันสำปะหลังในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารไก่ไข่ โดยพิจารณาจากคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของกากมันสำปะหลัง นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ในสูตรอาหารไก่ไข่เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลให้กับโรงงานผู้ผลิตอาหารสัตว์และเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ ในการผลิตอาหารที่มีคุณภาพดีและเป็นแนวทางในการใช้กากมันสำปะหลังในการประกอบสูตรอาหารเลี้ยงไก่ไข่เชิงอุตสาหกรรมต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และทางชีวภาพของกากมันสำปะหลังในการนำมาใช้เป็นอาหารไก่ไข่

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อคุณลักษณะทางกายภาพของอาหาร ได้แก่ ความหนาแน่น และมุมกองของอาหาร

3. เพื่อศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz เรียกกันทั่วไปว่า cassava, mandioca, topica และ yacca เป็นพืชดั้งเดิมของชาวพื้นเมืองในเขตร้อนของทวีปอเมริกาตั้งแต่ประเทศเม็กซิโกในทวีปอเมริกากลางลงไปถึงประเทศบราซิลในทวีปอเมริกาใต้ (เจริญศักดิ์, 2532; ดนัย, 2537) ซึ่งสามารถจัดหมวดหมู่ทางพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลังได้ ดังนี้ (Lancaster *et al*., 1982)

Order: Geraniales or Euphorbiales
Class: Dicotyledoneae
Sub-class: Archichlamydeae
Sub-division: Argiospermae
Family: Euphorbiaceae
Tribe: Manihoteae
Genus: Manihot
Species: Esculenta

มันสำปะหลังจัดเป็นไม้พุ่ม สูงประมาณ 1-5 เมตร ลำต้นมีสีแตกต่างกันแล้วแต่พันธุ์ เปลือกมีลักษณะบางหุ้มลำต้นสามารถลอกออกได้ง่าย ลำต้นของมันสำปะหลังจัดเป็นไม้เนื้ออ่อน ลักษณะภายในของลำต้นเหมือนพืชใบเลี้ยงคู่ทั่วไป ใบมันสำปะหลังยึดติดอยู่กับลำต้น ในแต่ละใบมีใบย่อยประมาณ 3-9 ใบ แผ่นใบเว้าเป็นแฉก สีของใบ รูปร่างและจำนวนแฉกแตกต่างไปตามพันธุ์ ตามปกติมี 3-4 แฉก ยาวประมาณ 4-20 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1-6 เซนติเมตร ก้านใบยาวประมาณ 5-20 เซนติเมตร ใบมันสำปะหลังสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบอาหารในการเลี้ยงสัตว์ได้ เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนและแหล่งให้สารสีแซนโทฟิลล์ (อุทัย, 2529; เจริญศักดิ์, 2532; ดนัย, 2537)

ในส่วนของรากและหัวของมันสำปะหลังจัดเป็นส่วนที่มีความสำคัญเนื่องจากเป็นส่วนที่จะสามารถนำไปผ่านกระบวนแปรรูปให้ได้ผลผลิตในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ระบบรากของมันสำปะหลังมี 2 ชนิด คือ รากจริง และรากสะสม โดยรากจริงจะเจริญเติบโตลึกลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไปในดินทำหน้าที่ดูดน้ำและอาหารเลี้ยงลำต้น ส่วนรากสะสมจะเจริญเติบโตไปแนวข้างๆ ลำต้นทำหน้าที่สะสมอาหารในรูปของแข็งและเจริญกลายเป็นหัวมันสำปะหลัง โดยทั่วไปมันสำปะหลังมีรากสะสมหรือหัวมันอยู่ประมาณ 5-20 หัวต่อต้น ซึ่งจะมีปริมาณหัวมันคงที่ไม่เพิ่มขึ้นตลอดชั่วอายุการเก็บเกี่ยวภายหลังเมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 เดือนขึ้นไป (ดนัย, 2537)

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกในเขตร้อน ตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 30 องศาใต้ ถึงเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือ และปลูกได้ดีในสภาพดินฟ้าอากาศที่แตกต่างกัน คือ ในสภาพที่มีฝนตกชุก ในที่ดินที่มีความสมบูรณ์ต่ำและเป็นกรด ในที่ค่อนข้างแห้งแล้งแถบทวีปอัฟริกา หรือในพื้นที่บริเวณเทือกเขาแอนดิสที่มีความสูงถึง 2,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล (จรุงสิทธิ์ และอัจฉรา, 2547) แต่ไม่สามารถเจริญได้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 ˚C พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือ 29 ˚C และอุณหภูมิสูงที่สุดที่มันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้คือ 34–38 ˚C ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมมีปริมาณ 100-150 เซนติเมตรต่อปี มันสำปะหลังมีความสามารถในการปรับตัวในสภาวะแห้งแล้งได้ดีและสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 50 เซนติเมตรได้ (Onwueme and Charles, 1994)

องค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงและมีปริมาณโปรตีนต่ำ โดยคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (nitrogen-free extract) ซึ่งมีอยู่สูงถึง 77-82 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักส่วนใหญ่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายเป็นสารประกอบจำพวกแป้ง (สาโรช และ เยาวมาลย์, 2531) ในแป้งมันสำปะหลังมีองค์ประกอบหลัก 2 อย่าง คือ อะไมโลส 16-18 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นอะไมโลเพกติน ส่วนน้ำตาลที่มีอยู่ประมาณ 2-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง อยู่ในรูปของซูโครส 71.03 เปอร์เซ็นต์ กลูโคส 12.84 เปอร์เซ็นต์ ฟรุกโตส 7.98 เปอร์เซ็นต์ และมอลโทส 2.98 เปอร์เซ็นต์ (เจริญศักดิ์, 2532) หัวมันสำปะหลังจึงเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานในอาหารคนและสัตว์ การนำหัวมันสำปะหลังไปใช้มักจะทำให้แห้งเสียก่อน เพื่อลดความชื้นลง เช่น มันเส้น มันอัดเม็ด หรือสกัดเฉพาะส่วนของแป้งออกจากหัวมันสำปะหลัง เมื่อมีการทำให้หัวมันสำปะหลังแห้งมีความชื้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ จะมีคาร์โบไฮเดรต 70 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 2.63 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 0.51 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลังสดและแห้ง

องค์ประกอบ	หัวมันสด	หัวมันแห้ง
ความชื้น (%)	63.28	10.63
คาร์โบไฮเดรต (%)	29.73	70.63
โปรตีน (%)	1.18	2.63
ไขมัน (%)	0.08	0.51
เถ้า (%)	0.85	2.20
เยื่อใย (%)	0.99	1.73
โปตัสเซียม (mg/kg)	0.26	0.43
ฟอสฟอรัส (mg/kg)	0.04	0.08
กรดไฮโดรไซยานิก (ppm)	173.00	100.00

ที่มา: พวงเพชร (2547)

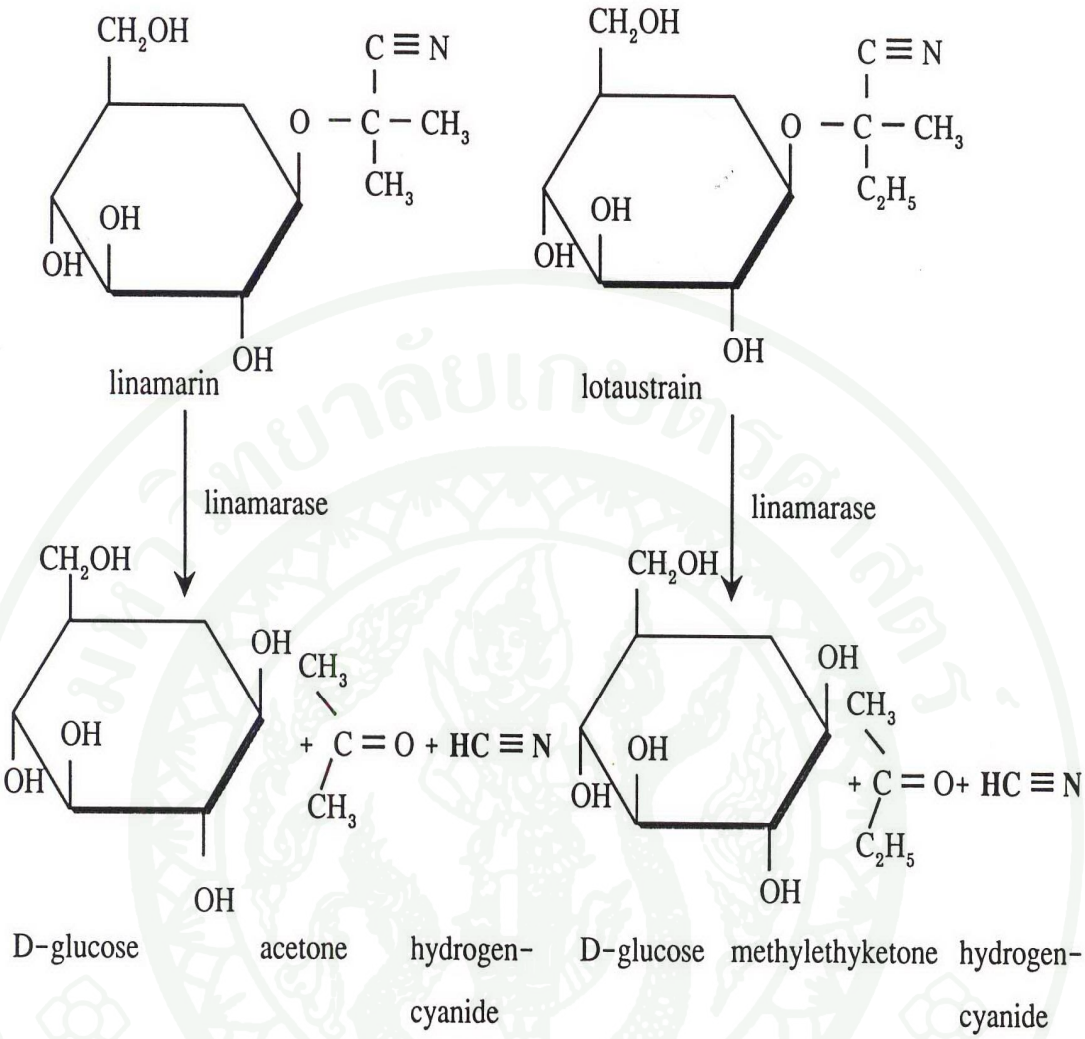
โปรตีนของมันสำปะหลังมีคุณภาพปานกลาง มีอัตราการย่อยได้เฉลี่ย 75 เปอร์เซ็นต์ และกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบอยู่ในระดับต่ำ เช่น เมทไธโอนีน และซีสเทอีน เป็นต้น เช่นเดียวกับกรดไขมันที่จำเป็นเกือบทุกชนิดที่มีปริมาณต่ำ ยกเว้นกรดลิโนเลอิค ซึ่งมีอยู่ 18 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด แต่มีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวได้แก่ กรดปาล์มมิติก (28.6 เปอร์เซ็นต์) และโอเลอิค (33 เปอร์เซ็นต์) อยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง ส่วนระดับวิตามินเกือบทุกชนิดนั้นมีปริมาณต่ำ มีเพียงวิตามินซีเท่านั้นที่มีอยู่ระหว่าง 38-65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของหัวมันสด และจะมีปริมาณลดลงเหลือน้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในมันสำปะหลังแห้ง หัวมันสำปะหลังที่มีคุณภาพจะมี neutral detergent fiber (NDF) 11 เปอร์เซ็นต์, acid detergent fiber (ADF) 9 เปอร์เซ็นต์, เซลลูโลส 4.2 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าต่ำถ้าไม่มีการปนเปื้อนด้วยส่วนของลำต้นมากเกินไป และยังเป็นแหล่งที่ดีพอประมาณสำหรับแคลเซียม (0.18 เปอร์เซ็นต์), ฟอสฟอรัส (0.1 เปอร์เซ็นต์) และแมกนีเซียม (0.37 เปอร์เซ็นต์) (อุทัย, 2529; สาโรช, 2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารพิษในมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิค (HCN) หรือกรดปรัสสิค (prussic acid) มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายนมอยู่ในส่วนต่างๆ เช่น ในกะเปาะใต้ผิวหรือใต้เปลือก ซึ่งมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน (ตารางที่ 2) โดยปกติสารพิษดังกล่าวจะอยู่ในรูปไกลโคไซด์ (glycosides) หรือไซยาโนจีนิค กูลโคไซด์ (cyanogenic glucoside) (ภาพที่ 1) ถูกสร้างขึ้นจากกรดอะมิโน 2 ชนิด คือ แวลีน (valine) และไอโซลิวซีน (isoleucine) ซึ่งการสังเคราะห์จากแวลีนจะได้เป็นไกลโคไซด์ของแอซีโตนไซยาโนไฮดรีน (acetone cyanohydrin) เรียกว่า ลินามาลิน (linamalin) ถ้าสังเคราะห์จากไอโซลิวซีน จะได้โลทอสตราลิน (lotaustralin) เป็นองค์ประกอบ (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ภายในพืชสารพิษกรดไฮโดรไซยานิคนี้จะไม่เป็นอันตรายต่อพืช เพราะจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นในการเจริญเติบโต คือ กรดแอสปาราจีน (asparagine) กรดแอสปาติค (aspartic acid) กรดกลูตามิค (glutamic acid) และกลูตามีน (glutamine) แต่เมื่อเซลล์ถูกทำลายหรือบดขยี้ สารพิษดังกล่าวจะถูกไฮโดรไลซ์ โดยเอนไซม์ลินามาเรส (liminarase) หรือ β-glucosidase จะได้สารประกอบดังภาพที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ผลการไฮโดรไลซีส ลินามารินและโลทอสตราลินได้กรดไฮโดรไซยานิค โดยเอนไซม์ลินามาเรส

ที่มา: Nartey (1973)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคในส่วนประกอบต่างๆของมันสำปะหลัง

ส่วนประกอบของมันสำปะหลัง	ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิค (ppm)
ใบ	
ใบอ่อน	490
ใบเจริญเต็มที่	590
ใบแก่	380
ก้านใบ	
ก้านใบอ่อน	720
ก้านใบที่เจริญเต็มที่	340
ก้านใบแก่	150
ลำต้น	
ส่วนบนใกล้ใบ	630
ส่วนล่างสองในสามของลำต้น	310
หัว	
รวมเปลือก	640
ไม่รวมเปลือก	440
แกนใน	140

ที่มา: Bruijn (1973)

เมื่อเซลล์มันสำปะหลังแตก ไกลโคไซด์ทั้งสองได้แก่ ลินามาลิน และโลทอสตราลิน ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ลินามาเรส (linamarase) ซึ่งอยู่ในเซลล์มันสำปะหลัง และอาจทำปฏิกิริยากับกรดหรือน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร ส่งผลให้เกิดกรดไฮโดรไซยานิคออกมาในรูปก๊าซ หรือสารละลายในรูปกรดซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์ สารละลายกรดดังกล่าวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไซโต-โครมออกซิเดส ซึ่งมีบทบาทในกระบวนการขนส่งอิเล็กตรอนขั้นสุดท้ายโดยเกี่ยวข้องกับการใช้ออกซิเจนของเซลล์ เมื่อไซโตโครมออกซิเดสถูกขัดขวางทำให้การสร้าง adenosine triphosphate (ATP) หยุดชะงัก ส่งผลให้เนื้อเยื่อเกิดการขาดพลังงาน หายใจขัดข้องและสมองขาดออกซิเจน ตับเป็นอวัยวะที่สามารถทำลายกรดไฮโดรไซยานิคที่สัตว์ได้รับเข้าไป แต่ถ้าสัตว์กินอาหารที่มีกรด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไฮโดรไซยานิคในปริมาณมากเกินไป ตับจะไม่สามารถกำจัดพิษได้หมด และสัตว์อาจตายได้ (กานดา และคณะ, 2546; ปิตุนาถ, 2547, Hughes *et al*., 1994)

ระดับความเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิคในมันสำปะหลังต่อสัตว์สามารถแบ่งได้ 3 ระดับ (Bolhius, 1954) ดังนี้

1. ปริมาณที่มีความปลอดภัย คือ มีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิคที่ระดับต่ำกว่า 50 พีพีเอ็ม หรือต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2. ปริมาณที่เป็นพิษปานกลาง คือ มีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิคระหว่าง 50-100 พีพีเอ็ม หรือระหว่าง 50-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3. ปริมาณที่เป็นพิษร้ายแรง คือ มีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิคสูงกว่า 100 พีพีเอ็ม หรือสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

เมื่อมีการสับหัวมันและหัวมันได้รับความร้อนระหว่างการผึ่งแดด เอนไซม์ลินามาเรสที่อยู่ในเซลล์ของหัวมันสำปะหลังจะทำการย่อยสลายสารลินามารินได้กรดไฮโดรไซยานิค กลูโคส และอะซีโตน ซึ่งกรดไฮโดรไซยานิคจะระเหยไปในบรรยากาศ ดังนั้นการผลิตมันเส้นโดยวิธีการตาก 3-6 แดด จนความชื้นของชิ้นมันสำปะหลังเหลือไม่เกิน 13 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) และเก็บชิ้นมันไว้อีก 2-3 วันก่อนที่จะส่งไปยังโรงงานอาหารสัตว์หรือเกษตรกรผู้ใช้ จะสามารถทำให้ระดับกรดไฮโดรไซยานิคลดต่ำลงจนไม่เป็นอันตรายต่อตัวสัตว์ (อุทัย และคณะ, 2540)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ผลของระยะเวลาการตากมันสำปะหลังและระยะเวลาการเก็บต่อระดับไซยาไนด์ในมันเส้น

จำนวนวันที่ตากและ จำนวนวันที่เก็บสต็อก	ระดับไซยาไนด์ (ppm) (จำนวนวันที่ตาก)	ระดับไซยาไนด์ (ppm) (จำนวนวันที่เก็บสต็อก)
0	111.83	87.14
1	111.96	56.76
2	110.96	40.11
3	109.96	29.52
4	90.72	31.46
5	52.22	36.25
6	22.97	-

ที่มา: Khajarean *et al.* (1982)

การแปรรูปมันสำปะหลังเป็นผลิตภัณฑ์

การแปรรูปมันสำปะหลังให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ เริ่มตั้งแต่ขุดมันสำปะหลังขึ้นมาตัดหัวมันสำปะหลังแต่ละหัวแยกออกจากเหง้าหรือส่วนโคนของลำต้น อย่าให้มีส่วนของเหง้าหรือหัวจุกติดมากับหัวมัน เพราะจะมีส่วนทำให้คุณค่าทางอาหารของมันลดลง จากนั้นทำการเคาะหรือร่อนดินทราย ที่ติดมากับหัวมันสำปะหลังออก ในขั้นตอนนี้อาจใช้เครื่องร่อนดินทรายที่สามารถขูดส่วนเปลือกนอกของหัวมันออกไปได้จะเป็นการเพิ่มคุณภาพของมันให้ดียิ่งขึ้น (อุทัย และ สุกัญญา, 2547) มันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. มันเส้น (chip) ได้จากการนำหัวมันสำปะหลังสดเข้าเครื่องหั่นที่เรียกว่า เครื่องโม่มันเส้น ซึ่งจะหั่นหัวมันสดให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปตากแดดบนลานซีเมนต์ 2-3 วัน ให้แห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. มันอัดเม็ด (cassava pellet) เป็นการแปรรูปมันเส้นให้มีความหนาแน่นและปริมาตรลดลงทำให้ประหยัดค่าขนส่ง นอกจากมันอัดเม็ดแล้ว ยังมีการแปรรูปมันเส้นให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ในรูปอาหารสัตว์ได้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ อาทิ มันเส้นบด มันเส้นผสมกากน้ำตาล มันเส้นบดผสมไขมัน เป็นต้น (อุทัย และ สุกัญญา, 2545)

3. แป้งมันสำปะหลัง (cassava flour) หัวมันสำปะหลังสด มีแป้งเป็นส่วนประกอบประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ แป้งมันสำปะหลังที่สกัดจากมันสำปะหลังและยังไม่ได้แปรรูปเรียกว่า แป้งดิบ (tapioca starch, native starch) ส่วนของหัวมันสำปะหลังที่เหลือเป็นกากจากการทำแป้งมันสำปะหลัง เรียกว่า กากมันสำปะหลัง (cassava pulp or cassava refuse) (สุกัญญา, 2546)

ประโยชน์ของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ให้คุณค่าและประโยชน์ที่สำคัญกับมนุษย์ได้หลากหลายประเภท (ภาพที่ 2) ดังนี้

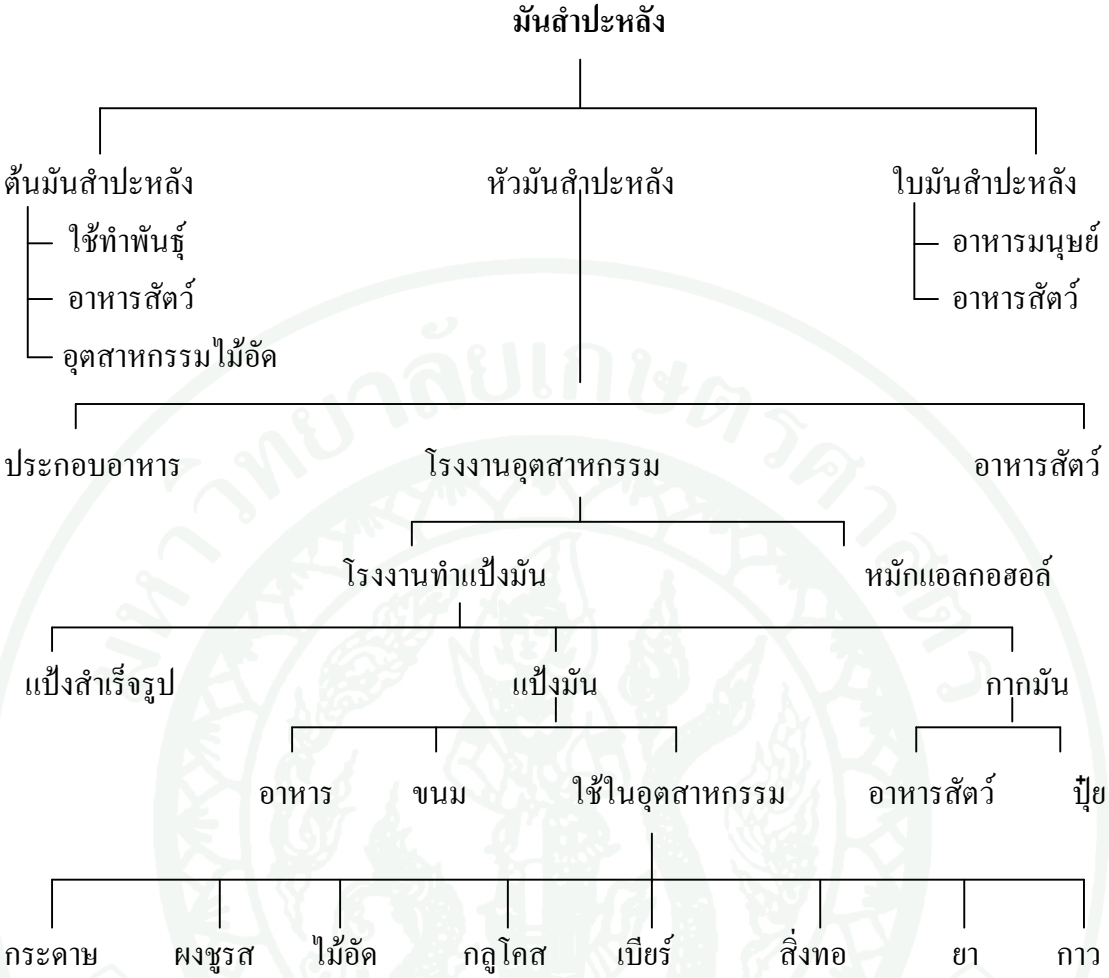
1. มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของมนุษย์ สามารถให้แคลอรี่ได้มากกว่าพืชชนิดอื่น เมื่อคิดเทียบราคากับแคลอรี่ที่ได้รับจะมีต้นทุนที่ถูกกว่าพืชชนิดอื่นมาก ทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำ จึงสามารถนำไปใช้ประกอบอาหารบริโภคได้โดยตรง

2. ใช้เป็นวัตถุดิบประกอบอาหารสัตว์ เนื่องจากหัวมันสำปะหลังมีคาร์โบไฮเดรตมาก ราคาไม่แพง จึงเหมาะที่จะใช้ทดแทนวัตถุดิบที่ให้พลังงาน นอกจากนี้ยังช่วยลดต้นทุนได้อีกด้วย

3. มันสำปะหลังสามารถนำไปให้ประกอบอาหารและนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้หลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมกาว อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น เพื่อเป็นการทดแทนแป้งที่ผลิตจากข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ได้อีกทางหนึ่ง

4. แป้งในหัวมันสำปะหลังสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการเป็นสารตั้งต้นผลิตแอลกอฮอล์ โดยผ่านกระบวนการเคมีหรือกระบวนการทางชีววิทยาจะเกิดการสลายตัวกลายเป็นน้ำตาล น้ำตาลที่ได้นี้สามารถนำไปผลิตเป็นแอลกอฮอล์ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 การใช้ประโยชน์ของมันสำปะหลัง

ที่มา: แน่งน้อย (2531)

ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่ได้รับการทำความสะอาดและคัดเลือกสิ่งเจือปนออกระหว่างการผลิตจัดเป็นมันสำปะหลังคุณภาพดี มีระดับพลังงานใกล้เคียงกับข้าวโพดและธัญพืชอื่นๆ สามารถใช้ทดแทนวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารสัตว์ได้อาทิ ข้าวโพด ปลายข้าว รำละเอียด เป็นต้น แต่มันสำปะหลังมีข้อเสียในเรื่องของโปรตีนที่มีระดับต่ำ และยังมีไขมัน แร่ธาตุ วิตามิน กรดไขมัน และกรดอะมิโนที่สำคัญหลายชนิดในระดับค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบแหล่งพลังงานชนิดอื่น (ตารางที่ 4) อีกทั้งยังมีเยื่อใยค่อนข้างสูงส่งผลให้สูตรอาหารมีลักษณะฟ่ามและเป็นฝุ่นได้ง่าย การแก้ปัญหาดังกล่าวควรมีการปรับระดับโปรตีนและกรดอะมิโนให้เพียงพอ สมดุลตามความต้องการของสัตว์แต่ละชนิดและแต่ละระยะ ซึ่งอาจใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุดิบอาหารโปรตีนสูง เช่น กากถั่วเหลือง ปลาป่น หรืออาจใช้กรดอะมิโนสังเคราะห์เสริมในสูตรอาหาร ส่วนระดับไขมันควรเสริมเป็นน้ำมันเหลวเพื่อปรับระดับไขมันให้มีอย่างน้อย 3-4 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การเสริมกากน้ำตาลในสูตรประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ยังเป็นการช่วยลดความเป็นฝุ่นในอาหารลงได้เช่นเดียวกับการเสริมน้ำมัน (อุทัย และคณะ, 2540)

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนะต่างๆ ของมันสำปะหลังเปรียบเทียบกับวัตถุดิบแหล่งพลังงานชนิดอื่น

องค์ประกอบทางโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)	มันสำปะหลัง[1/]	ข้าวโพด[2/]	ปลายข้าว[2/]	รำละเอียด[2/]
โปรตีน	2.00	8.00	8.00	12.00
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ในสุกร (กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม)	3,260	3,108	3,596	3,120
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ในสัตว์ปีก (กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม)	3,500	3,370	3,500	1,720
ไขมัน	0.75	4.00	0.90	12.00
เยื่อใย	4.00	2.50	1.00	11.00
แคลเซียม	0.12	0.01	0.03	0.06
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้	0.05	0.10	0.04	0.47
กรดอะมิโนจำเป็นในอาหาร				
ไลซีน	0.09	0.25	0.27	0.55
เมทไธโอนีน+ซีสตีน	0.66	0.39	0.32	0.50
ทริปโตเฟน	0.02	0.09	0.10	0.10
ทรีโอนีน	0.07	0.32	0.36	0.25

ที่มา: [1/] อุทัย และคณะ (2540)

[2/] อุทัย (2529)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กากมันสำปะหลัง

สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทยได้ทำการสำรวจพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในปี พ.ศ. 2549-2550 พบว่าประเทศไทยมีแหล่งเพาะปลูกมันสำปะหลังรวม 48 จังหวัด คิดเป็นพื้นที่เพาะปลูกราว 7 ล้านไร่ และมีผลผลิตรวมกว่า 20 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 3.30 (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2550) จากข้อมูลดังกล่าวเป็นตัวบ่งบอกให้เห็นถึงความต้องการผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังที่มากขึ้น ส่งผลให้เกิดวัสดุซึ่งเป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้น กากมันสำปะหลังก็เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตรชนิดหนึ่ง ที่ได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังและโรงงานผลิตสารให้ความหวาน ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ ทดแทนวัตถุดิบหลักที่เป็นแหล่งพลังงานได้ เนื่องจากกากแป้งมันสำปะหลังยังมีแป้งหลงเหลืออยู่ 40-45 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้เป็นอย่างดีแต่ต้องมีการนำไปใช้ให้ถูกวิธี ในแต่ละปีจะมีการผลิตกากแป้งมันสำปะหลังในสภาพสดออกมา 2.5-3 ล้านตัน กากแป้งมันสำปะหลังสดเหล่านี้มีความชื้นประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้เป็นอาหารโคหรือเลี้ยงปลาได้ ซึ่งพบว่าในปี 2545-2546 มีปริมาณผลผลิตของหัวมันสด 18.4 ล้านตันต่อปี ดังนั้นจะมีกากมันสำปะหลังจากกระบวนการผลิตปริมาณ 2.03 ล้านตันต่อปี และมีกากมันสำปะหลังสดบางส่วนที่มีผู้มารับซื้อไปตากแห้งและจำหน่าย โดยแต่ละปีจะมีกากแป้งมันสำปะหลังแห้งที่ผลิตได้กว่า 1 ล้านตัน (บุญญฤทธิ์, 2544; สุกัญญา และวราพันธุ์, 2550)

แหล่งที่มาของกากมันสำปะหลัง

ปัจจุบันการผลิตแป้งมันสำปะหลังในโรงงานอุตสาหกรรม มีกระบวนการผลิตต่างๆ ตามภาพที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ (ชลดา, 2546)

1. ขั้นเตรียมวัตถุดิบโดยหัวมันสำปะหลังจะถูกลำเลียงผ่านระบบสายพานไปสู่เครื่องร่อนเพื่อแยกเอาดินทราย และเศษเปลือกหรือรากไม้ที่ปนมากับหัวมันสำปะหลังออก จากนั้นหัวมันสำปะหลังจะถูกล้างโดยผ่านเครื่องล้างหัวมัน และถูกลำเลียงต่อไปด้วยสายพานเพื่อเข้าสู่เครื่องสับหัวมัน

2. หัวมันที่เข้าสู่เครื่องสับแล้วจะมีขนาดเล็กลงและจะถูกลำเลียงต่อไปผ่านเข้าสู่ท่อลงสู่เครื่องโม่ซึ่งมีลักษณะเป็นลูกกลิ้ง ที่มีใบมีดขนาดเล็กจำนวนมาก ในระหว่างการโม่มีการเติมน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อให้การโม่เป็นไปอย่างสะดวกขึ้น น้ำที่ใช้เป็นน้ำหมุนเวียนเพื่อประหยัดและลดการสูญเสียแป้งไปกับน้ำทิ้ง

3. ของเหลวข้นที่ได้จากเครื่องโม่จะถูกปั๊มเข้าสู่เครื่องดีแคนเตอร์เพื่อแยกน้ำทิ้งที่มีโปรตีนและไขมันออกจากเนื้อแป้ง โดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลาง ส่วนแป้ง เส้นใย และกากจะถูกเหวี่ยงแยกออกเป็นน้ำแป้งที่มีความเข้มข้นสูง บางโรงงานอาจไม่ใช้เครื่องดีแคนเตอร์ ดังนั้นน้ำแป้งที่ได้จากเครื่องโม่จะเข้าหน่วยสกัดแป้งเลย

4. น้ำแป้งจากเครื่องดีแคนเตอร์หรือจากเครื่องโม่ในกรณีบางโรงงานไม่ใช้เครื่องดีแคนเตอร์ จะถูกปั๊มเข้าสู่เครื่องสกัดแป้งเพื่อแยกน้ำออกจากกากและเส้นใย โดยน้ำแป้งจะผ่านเข้าสู่ชุดสกัดหยาบก่อนเพื่อแยกกากหยาบออก แล้วจึงเข้าสู่ชุดสกัดละเอียด โดยอาศัยแรงเหวี่ยงในการสกัดทำให้ได้กากและเส้นใยติดอยู่บนแผ่นกรอง จากนั้นจะถูกใบมีดของเครื่องปาดเข้าสู่เครื่องอัดกากมันเพื่อทำการรีดน้ำออก

5. น้ำแป้งที่มีขนาดเล็กกว่าเส้นใยและกาก จะผ่านแผ่นกรองไปรวมกันด้านล่างและถูกทำให้บริสุทธิ์ขึ้น โดยผ่านผ้ากรองขนาดเล็กของเครื่องสกัดละเอียดที่มีเป็นชุดๆ จากนั้นน้ำแป้งจะถูกทำให้บริสุทธ์และเข้มข้นขึ้นโดยเครื่องแยกแป้ง สารคอลลอยด์จะถูกแยกออกจากน้ำแป้ง ในขณะเดียวกันจะมีการใช้น้ำสะอาดป้อนเข้าไปแทนสิ่งเจือปนในน้ำแป้ง สิ่งเจือปนในน้ำแป้งจะถูกแยกเหวี่ยงและไหลขึ้นด้านบนของเครื่อง

6. น้ำแป้งที่มีความเข้มข้นกว่าจะไหลออกสู่ด้านล่าง ในโรงงานมักใช้เครื่องแยกแป้ง 2 ชุด เพื่อให้ได้น้ำแป้งที่มีความเข้มข้นสูง ส่วนน้ำทิ้งที่ได้จะถูกนำไปหมุนเวียนใช้ประโยชน์ซึ่งแตกต่างไปตามแต่ละโรงงาน

7. น้ำแป้งจะถูกลดความชื้นด้วยเครื่องสลัดแห้งซึ่งเป็นเครื่องเหวี่ยงแยกน้ำออกจากน้ำแป้งเข้มข้น ได้เป็นแป้งหมาดที่มีความชื้นประมาณ 35-40 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นแป้งหมาดจะถูกส่งไปเป่าด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 180-200 อาศาเซลเซียส ในหน่วยอบแห้ง แล้วตกลงเข้าสู่ไซโคลนร้อน ทำให้แป้งมีความชื้นลดลงตามต้องการ จากนั้นจะถูกดูดเข้าสู่เครื่องไซโคลนเย็นอีกชุดหนึ่ง แล้วผ่านเข้าเครื่องร่อนแป้งได้เป็นแป้งละเอียดออกมานำไปบรรจุถุงต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากกระบวนการผลิตดังกล่าวจะทำให้เกิดผลพลอยได้ในขั้นตอนต่างๆ ขึ้น ดังนี้ (พีรพจน์, 2547)

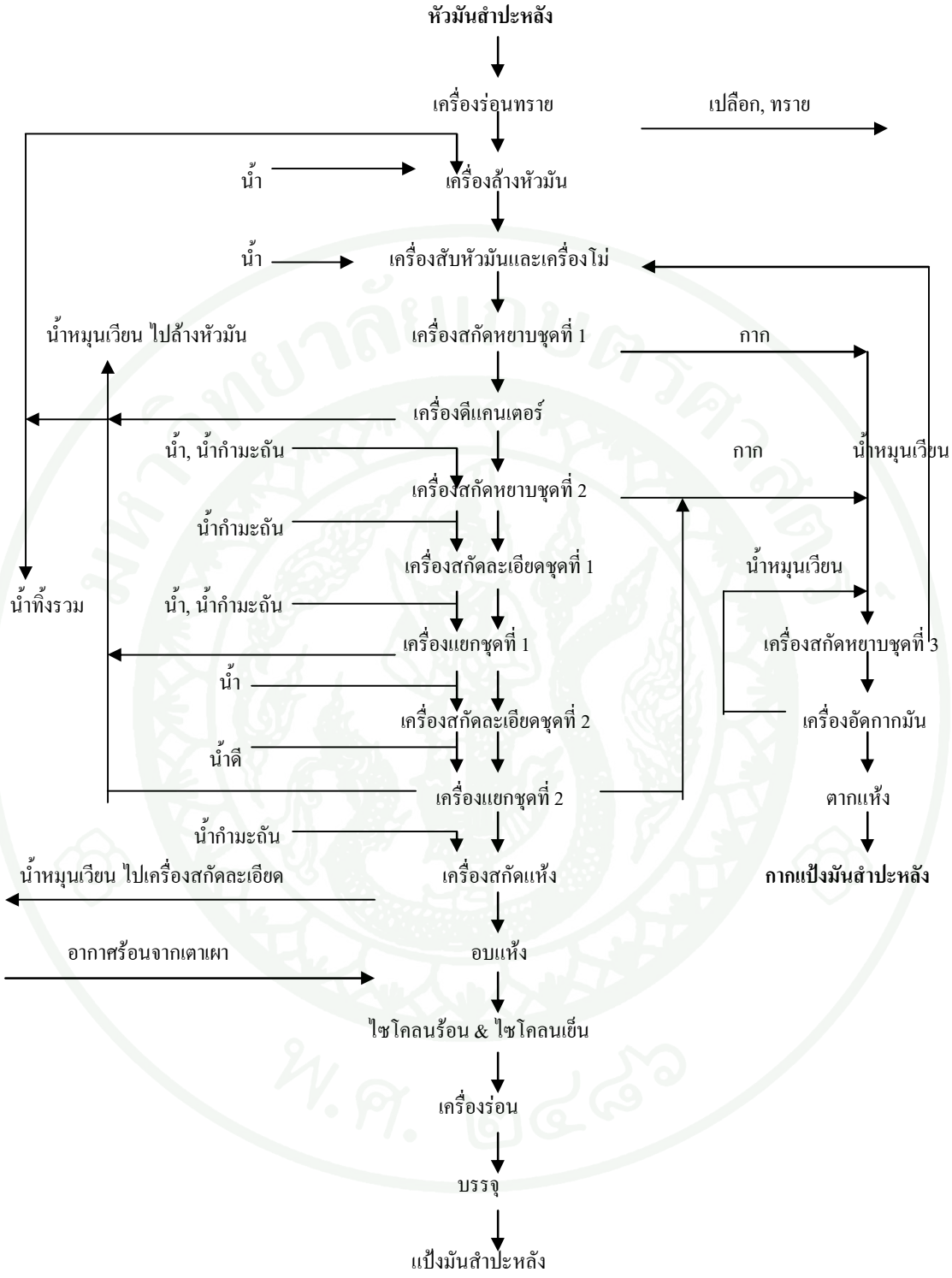
1. เปลือกดิน (tail and stalk) เป็นผลพลอยได้ที่เกิดในขั้นตอนนำหัวมันสดเข้าสู่เครื่องร่อนทรายออก ประกอบไปด้วย ส่วนของดิน เปลือกผิวนอก หัวมันที่หัก เศษมันที่มีขนาดเล็ก และส่วนเง้าหรือขั้วของมัน ซึ่งเป็นส่วนที่มีความแข็งที่ถูกตัดโดยอาศัยแรงงานคน

2. เปลือกล้าง (cassava peel) เป็นส่วนที่ได้มาจากขั้นตอนนำหัวมันเข้าเครื่องล้าง ที่ทำหน้าที่ในการปอกเปลือกมัน โดยส่วนนี้จะมีเนื้อมันติดมาบ้างในปริมาณไม่มาก มีความสะอาดพอสมควร เพราะมีดินปนอยู่ค่อนข้างน้อย

3. กากมันสำปะหลัง (cassava pulp) เกิดขึ้นในขั้นตอนที่หัวมันมีการล้างและปอกเปลือกแล้ว ผ่านเข้าสู่เครื่องโม่ละเอียด ส่งต่อเข้าสู่เครื่องแยกกากออกจากน้ำแป้ง กากของหัวมันที่ได้สามารถนำไปเป็นอาหารสัตว์ได้เลย หรือส่งไปยังลานตากแห้ง เพื่อขายต่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์

ในปี พ.ศ. 2548 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังใช้มันสำปะหลัง 20 ล้านตัน จะได้กากมันสำปะหลังประมาณ 7-8 แสนตันต่อปี (Wisitiporn *et al.*, 2006) ซึ่งกากมันสำปะหลังจากโรงงานเหล่านี้จัดเป็นวัสดุเหลือใช้ หากไม่มีการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ จะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม เช่น ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศจากกลิ่นไม่พึงประสงค์ เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกากมันสำปะหลัง รวมถึงการปนเปื้อนของน้ำจากการตากกากมันลงสู่แหล่งน้ำใกล้เคียง ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตมนุษย์ ดังนั้นในปัจจุบันนี้จึงได้มีการหาทางนำกากมันสำปะหลังไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ มากมายเพื่อเป็นการกำจัดวัสดุเหลือใช้และลดมลภาวะของสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไป อาทิ ใช้ในการผลิตเอทานอลและน้ำตาล ใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนในอาหารสัตว์ เช่น ใช้ในสูตรอาหารไก่ไข่ 15 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถช่วยลดปริมาณกากมันสำปะหลังซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังได้ปีละประมาณ 241,398 ตันต่อปี โดยสถิติการเลี้ยงไก่ไข่ตั้งแต่ปี 2542-2551 เฉลี่ยประมาณ 36,742,488 ตัวต่อปี ซึ่งกินอาหารประมาณ 1,609,320 ตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

ที่มา: กล้าณรงค์ (2542)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง

กากมันสำปะหลังที่ผ่านการตากแดดประมาณ 2 วันจนมีลักษณะแห้งจะมีลักษณะฟ่าม เบา เป็นฝุ่น การนำมาใช้ในสูตรอาหารสัตว์ในระดับสูงอาจทำให้อาหารฟ่าม เป็นฝุ่น และมีความน่ากินต่ำ ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำลง เช่นเดียวกับ การใช้มันสำปะหลังที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ดังนั้นการเสริมไขมัน 2.5-5.0 เปอร์เซ็นต์ หรือกากน้ำตาล 5-8 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร มีส่วนช่วยลดความเป็นฝุ่น และสามารถใช้ผลิตอาหารสัตว์ในรูปของอาหารอัดเม็ดได้ง่ายขึ้น (สาโรช, 2547)

จากงานวิจัยต่างๆได้มีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังจากแหล่งต่างๆ ไว้หลายงานด้วยกัน (ตารางที่ 5) จะเห็นว่าคาร์โบไฮเดรตของตัวอย่างกากมันส่วนใหญ่จะมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนคุณค่าทางโภชนะอื่นๆ มีความผันแปรมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น คุณภาพของมันสำปะหลังที่นำมาใช้ในกรรมวิธีการสกัดแป้ง สายพันธุ์มันสำปะหลัง อายุการเก็บเกี่ยว ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสภาวะการเพาะปลูก เช่น ช่วงเวลาการเพาะปลูก ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังจากแหล่งต่างๆ

เปอร์เซ็นต์	กากมันสำปะหลังจากแหล่งต่างๆ				
วัตถุแห้ง	กากมัน[1/]	กากมัน[2/]	กากมัน[3/]	กากมัน[4/]	กากมัน[5/]
คาร์โบไฮเดรต	65.03	62.22	68.89	-	-
โปรตีน	1.75	3.39	1.55	2.00	1.64
ไขมัน	0.48	0.24	0.12	0.80	-
เถ้า	10.76	2.65	1.70	-	1.79
เยื่อใย	9.24	15.26	27.75	5.00	-
NDF	-	-	-	34.00	25.65
ADF	-	-	-	8.00	17.79

ที่มา: [1/] เสาวนิตย์ (2527)

[2/] สุนีย์ (2539)

[3/] Sriroth *et al.* (2000)

[4/] Preston (2002)

[5/] Nitipot and Sommart (2003)

หมายเหตุ NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอร์เจนที่เป็นกลาง

ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอร์เจนที่เป็นกรด

นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังกับวัตถุดิบที่ให้พลังงานชนิดอื่นๆ ซึ่งพบว่ากากมันสำปะหลังมีระดับเปอร์เซ็นต์โปรตีนและไขมันที่มีค่าต่ำกว่าข้าวโพด กากถั่วเหลือง และรำข้าว แต่พบว่าวัตถุแห้งนั้นมีค่าใกล้เคียงกับข้าวโพด กากถั่วเหลือง และรำข้าว ส่วนเถ้าสูงกว่าข้าวโพด แต่มีค่าต่ำกว่ากากถั่วเหลือง และรำข้าว เปอร์เซ็นต์เยื่อใย ADF และ ADL มีค่าสูงกว่าข้าวโพดและกากถั่วเหลือง แต่มีค่าต่ำกว่ารำข้าว และมี NDF สูงกว่าข้าวโพด กากถั่วเหลือง และรำข้าว (ตารางที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังเปรียบเทียบกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง	วัตถุดิบ			
	กากมันสำปะหลัง	ข้าวโพด	กากถั่วเหลือง	รำข้าว
วัตถุแห้ง	92.6±0.06	92.5±0.15	92.1±0.18	93.0±0.10
โปรตีน	2.6±0.06	8.8±0.09	48.5±0.03	12.1±0.04
ไขมัน	0.2±0.04	4.7±0.04	0.9±0.03	19.2±0.02
เถ้า	3.8±0.01	2.5±0.01	6.6±0.08	13.9±0.05
เยื่อใย	6.6±0.04	2.7±0.02	5.9±0.08	14.6±0.09
NDF	37.6±0.18	9.7±0.04	15.3±0.12	30.7±0.03
ADF	9.8±0.12	3.5±0.04	9.1±0.20	21.7±0.05
ADL	3.9±0.04	1.3±0.01	1.3±0.06	9.6±0.19

ที่มา: ปิตุนาถ (2547)

หมายเหตุ NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอร์เจนที่เป็นกลาง
ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอร์เจนที่เป็นกรด
ADL = ลิกนินที่ไม่ละลายในดีเทอร์เจนที่เป็นกรด

แป้งเป็นพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่เกิดจากโมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) หลายๆ หน่วยมาต่อกัน สูตรทั่วไปคือ $(CH_2O)_n$ โดยปกติแป้งจะมีอยู่ในเมล็ด ราก และลำต้นของพืช ลักษณะของแป้งจะเป็นเม็ดเล็ก มีรูปร่างแตกต่างไปตามชนิดของพืช แป้งมีส่วนประกอบที่สำคัญ กากมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการสกัดแป้ง ยังมีแป้งเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งแป้งในส่วนนี้จะอยู่ในลิกโนเซลลูโลส และเพกตินของเซลล์พืช แป้งมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ (เจริญศักดิ์, 2532; พรทิมล, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

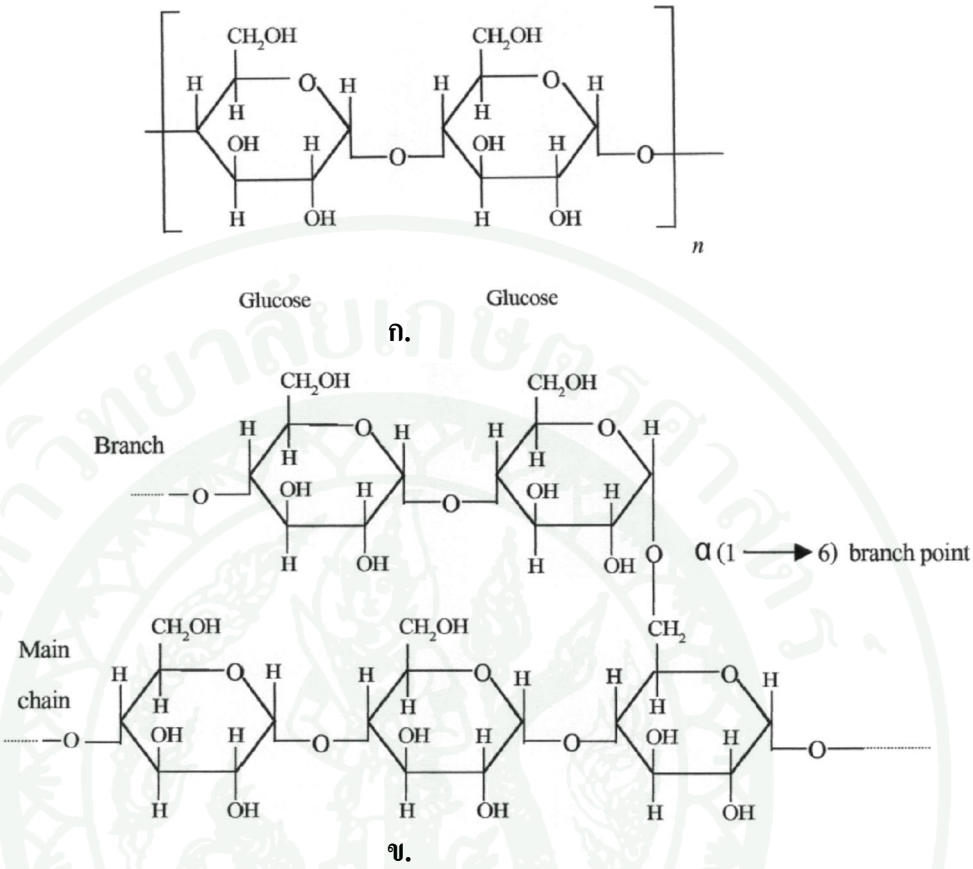
1. อะไมโลส (amylose)

อะไมโลสประกอบไปด้วยหน่วยของกลูโคสประมาณ 500-2,000 มาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะ α-1,4 glycosidic linkage น้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันไปตั้งแต่ 2,000-500,000 มีอยู่ประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ ของแป้งทั้งหมด (ภาพที่ 4 ก)

2. อะไมโลเพคติน (amylopectin)

อะไมโลเพคตินเป็นแป้งที่มีโครงสร้างแตกแขนง แต่ละแขนงประกอบด้วยหน่วยกลูโคสประมาณ 12 หน่วย ยึดกันด้วยพันธะ α-1,4 glycosidic linkage จุดที่มีการแตกแขนงจะยึดกันด้วยพันธะ α-1,6 glycosidic linkage อะไมโลเพคตินโดยทั่วไปจะไม่ละลายน้ำ น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย 1,000,000 มีอยู่ประมาณ 75-85 เปอร์เซ็นต์ของแป้งทั้งหมด (ภาพที่ 4 ข)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 โครงสร้างของ ก. อะไมโลส และ ข. อะไมโลเพคติน

ที่มา: Voet and Voet (1995)

ผลของการใช้มันสำปะหลังในอาหารสัตว์ต่อสมรรถภาพการผลิต

จากการศึกษาผลของการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารลูกสุกรหย่านมที่มีต่อระบบสรีรวิทยาทางเดินอาหารของสุกรและต่อลักษณะสิ่งย่อยในระบบทางเดินอาหาร พบว่าลูกสุกรที่กินอาหารสูตรมันสำปะหลังทดแทนปลายข้าว 100 เปอร์เซ็นต์ มีสมรรถภาพการผลิตที่ดีกว่าสูตรที่ใช้ปลายข้าวเป็นแหล่งพลังงานหลัก โดยมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงอาหารที่ดีกว่า ($P<0.05$) และพบว่าลูกสุกรที่กินอาหารสูตรมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานหลักมีปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ในทางเดินอาหาร คือ lactic acid bacteria และ *Bifidobacterium* spp. มากกว่าอาหารสูตรที่ใช้ปลายข้าวเป็นแหล่งพลังงานหลัก ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคมีปริมาณลดลงเมื่อใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มันสำปะหลังในสูตรอาหารระดับสูง (100 เปอร์เซ็นต์) ($P<0.05$) ส่วนผลของความยาววิลลัส พบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับมันสำปะหลังทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารระดับ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวของวิลลัสมากกว่ากลุ่มที่กินอาหารสูตรปลายข้าวเป็นแหล่งพลังงานหลัก โดยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ที่อายุ 5 และ 7 สัปดาห์ (อุทัย และคณะ, 2548 ข) นอกจากนี้การใช้มันสำปะหลังเปรียบเทียบกับข้าวโพดที่มีการเสริมและไม่เสริมยาปฏิชีวนะในอาหารสุกรระยะรุ่น-ขุน พบว่า สุกรเพศผู้ตอนและเพศเมียที่กินอาหารสูตรมันสำปะหลังที่ไม่เสริมยาปฏิชีวนะ มีแนวโน้มที่จะให้สมรรถภาพการผลิตดีกว่าสุกรที่กินอาหารสูตรมันสำปะหลังเสริมยาปฏิชีวนะ แสดงให้เห็นชัดเจนว่าการใช้มันสำปะหลังโดยไม่ได้เสริมยาในสูตรอาหารสุกรระยะรุ่น-ขุน สามารถให้สมรรถภาพการผลิตได้ใกล้เคียงกับสุกรที่กินอาหารสูตรข้าวโพดที่เสริมยาปฏิชีวนะได้ (พาพร และคณะ, 2546) เช่นเดียวกับสมรรถภาพการสืบพันธุ์ของแม่สุกรที่มีการใช้มันสำปะหลังทดแทนปลายข้าวนั้นดีเทียบเท่ากับแม่สุกรที่กินอาหารสูตรปลายข้าว และมีอัตราการเกิดมัมมี่หรือตัวอ่อนผิดปกติน้อยกว่าแม่สุกรที่กินอาหารสูตรปลายข้าว ซึ่งสามารถยืนยันถึงความปลอดภัยในการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ไพรัตน์ และคณะ, 2534)

การใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารส่งผลให้ระบบภูมิคุ้มกันในไก่กระทงดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงาน โดยภูมิคุ้มกันในส่วนของภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจงของไก่กระทงกลุ่มที่กินอาหารที่ใช้มันสำปะหลัง วัดได้จากจำนวนเซลล์แมคโครฟาจที่จับกิน opsonized sheep red blood cells (SRBC) และ unopsonized SRBC มีปริมาณมากกว่าไก่กระทงกลุ่มที่ใช้ข้าวโพด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจง วัดได้จากการเจริญของเซลล์ลิมโฟซัยท์ ชนิด ที ในวันที่ 3 และวันที่ 7 พบว่า ไก่กระทงกลุ่มที่กินอาหารที่ใช้มันสำปะหลัง มีการเจริญของเซลล์ลิมโฟซัยท์ มากกว่าไก่กระทงกลุ่มที่ใช้ข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และไก่กระทงกลุ่มที่กินอาหารในรูปแบบอัดเม็ด มีการเจริญของเซลล์ลิมโฟซัยท์มากกว่าไก่กระทงกลุ่มที่กินอาหารในรูปแบบผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และนอกจากนี้ยังพบว่าไก่กระทงอายุ 21 วัน ที่กินอาหารที่ใช้มันสำปะหลัง มีปริมาณกลูตาไธโอน (glutathione; GSH) ในเม็ดเลือดแดงมากกว่าไก่กระทงที่ใช้ข้าวโพด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และไก่กระทงอายุ 21 วัน และ 28 วัน ที่กินอาหารในรูปแบบอัดเม็ดมีปริมาณ GSH ในเม็ดเลือดมากกว่าไก่กระทงที่กินอาหารในรูปแบบผง ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ว่าสัตว์ความเครียดน้อยและมีสุขภาพที่ดี (อุทัย และคณะ, 2548 ค) นอกจากนี้ นันทวัน และคณะ (2545) ได้ทำการทดลองศึกษาเปรียบเทียบการใช้มันสำปะหลังกับข้าวโพดในอาหารไก่กระทงทั้งที่มีการเสริมและไม่เสริมยาปฏิชีวนะ พบว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มที่กินอาหารสูตรมันสำปะหลังและไม่เสริมยาปฏิชีวนะมีอัตราการตาย 4.21 และ 5.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่กินอาหารสูตรข้าวโพดและไม่เสริมยาปฏิชีวนะ มีอัตราการตาย 8.79 และ 11.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่กระทงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของไก่กระทงมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน ทำให้เห็นว่าการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์จะมีสุขภาพดีกว่าอาหารสูตรข้าวโพด

ในไก่ไข่ได้มีการทดลองใช้มันเส้นเป็นแหล่งพลังงานหลักในสูตรอาหารที่มีการใช้ใบกระถินและใบมันสำปะหลังเป็นสารให้สี ต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงของไข่ที่อายุการเก็บต่างๆ รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีของไข่ ซึ่งพบว่าแม่ไก่ที่กินอาหารสูตรที่ใช้มันเส้นเป็นแหล่งพลังงานและใช้ใบมันสำปะหลังเป็นแหล่งสารให้สี มีผลผลิตไข่ น้ำหนักฟองไข่ อัตราการตาย คุณภาพของไข่ ได้แก่ ความสูงไข่ขาว ความหนาของเปลือกไข่ องค์ประกอบทางเคมีของไข่ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพของไข่ที่อายุการเก็บต่างๆ ไม่แตกต่างจากแม่ไก่ที่กินอาหารสูตรข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานและใบกระถินเป็นสารให้สีแต่อย่างใด แต่พบว่าไก่ที่กินอาหารสูตรที่ใช้มันเส้นจะมีสีไข่แดงต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการเสริมแหล่งสารให้สีจากใบกระถินและใบมันสำปะหลังในสูตรอาหาร จากการทดลองสามารถพิสูจน์ให้เห็นว่ามันสำปะหลังและใบมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้เป็นอาหารไก่ไข่ได้เป็นอย่างดี โดยไม่ทำให้คุณภาพไข่ องค์ประกอบทางเคมี และสภาพการเปลี่ยนแปลงของไข่ในช่วงการเก็บเสียหายเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้าวโพดและใบกระถิน แม้ว่าไก่จะกินอาหารสูตรที่ใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังน้อยกว่าสูตรที่ใช้ข้าวโพดและใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เป็นปริมาณเพียงเล็กน้อยและไม่ส่งผลกระทบต่อการให้ไข่ (อุทัย และคณะ, 2546)

ผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสัตว์ต่อสมรรถภาพการผลิต

เนื่องจากกากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งอาจจะมีปริมาณจุลินทรีย์ธรรมชาติที่ติดปนมากับกากมันได้ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณจุลินทรีย์ธรรมชาติที่เป็นประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้ในอาหารสัตว์ พบว่ามีจุลินทรีย์กลุ่มแลคติกแอซิดแบคทีเรียและยีสต์อยู่ โดยเมื่อนำกากมันสำปะหลังมาหมักในภาวะไร้ออกซิเจนทำให้ปริมาณแลคติกแอซิดแบคทีเรียและยีสต์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 3 วัน และ 5 วัน ตามลำดับ จนถึงวันที่ 7 จะมีปริมาณใกล้เคียงกันและหลังจากนั้นจะมีปริมาณลดลง ส่วนระดับ pH พบว่ามีปริมาณความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเมื่อมีเวลาการหมักนานขึ้น สำหรับคุณค่าทางโภชนะของกาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มันสำปะหลังไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลง สามารถนำไปเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์โดยอาจเสริมลงในอาหารลูกสุกร หรือพัฒนาให้อยู่ในสภาพแห้งเพื่อสะดวกต่อการนำไปใช้ นอกจากนี้ยังมีปริมาณกรดแลคติกอยู่ประมาณ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าความเป็นกรด ด่าง ในทางเดินอาหารต่ำลง ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค ทำให้การหมักพืชอาหารสัตว์เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและรักษาคุณค่าทางอาหารของพืชหมักได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแลคติกแอซิดแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกออกมา (สุกัญญา และ วราพันธุ์, 2548)

กากมันสำปะหลังแห้งสามารถใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในสูตรอาหารแม่สุกรอุ้มท้องได้ โดยได้มีการทดลองสุ่มแม่สุกรระยะอุ้มท้องให้กินอาหารแม่สุกรอุ้มท้องระยะต่างๆ แบ่งสูตรอาหารเป็น 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 อาหารใช้ปลายข้าว รำละเอียด กากถั่วเหลือง เป็นหลัก (สูตรควบคุม) สูตรที่ 2-4 อาหารสูตรควบคุมที่ใช้กากมันสำปะหลังทดแทนรำละเอียดในระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แม่สุกรทุกกลุ่มได้รับอาหารสูตรเดียวกันในระยะเลี้ยงลูก ผลการทดลองพบว่าแม่สุกรที่กินอาหารทดลองทุกสูตรมีสมรรถภาพการสืบพันธุ์ทั้งในระยะการอุ้มท้องและระยะเลี้ยงลูกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่มควบคุมที่ใช้รำ และสามารถใช้ได้เต็มที่ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร เพื่อเป็นการทดแทนรำละเอียดในสูตรอาหาร โดยไม่ส่งผลทำให้สมรรถภาพการผลิตของแม่สุกรแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ใช้กากแป้งมันสำปะหลัง (อุทัย และคณะ, 2548 ก) นอกจากนี้ สุกัญญา (2546) ได้ทำการศึกษาผลของกากมันสำปะหลังในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกรรุ่นและขุน โดยแบ่งสูตรอาหารเป็น 4 สูตร ดังนี้ สูตรที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม (ไม่ใช้กากมันสำปะหลัง) สูตรที่ 2, 3 และ 4 ใช้กากมันสำปะหลังในระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า สามารถใช้กากมันสำปะหลังมาผสมในสูตรอาหารได้สูงถึงระดับ 30 เปอร์เซ็นต์โดยที่อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพซากไม่แตกต่างกันกับสูตรอาหารควบคุมทั้งในระยะสุกรรุ่นและขุน และมีแนวโน้มทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ได้ถึง 1.10 บาท ณ ราคากากมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลอง เช่นเดียวกับการศึกษาของ พรทิมล (2551) ที่พบว่าการใช้กากมันสำปะหลังในระดับ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสุกรระยะเล็ก รุ่น และขุน ทำให้ปริมาณการกินอาหารต่อวัน อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และคุณภาพซากของสุกร แตกต่างกับกลุ่มสุกรที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหาร อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจพบว่าสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงกลุ่มสุกรดังกล่าวมีต้นทุนค่าอาหารต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กว่ากลุ่มที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลังเท่ากับ 0.56, 0.34 และ 0.39 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลังเท่ากับ 0.84 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่ทำการศึกษา

วริยา (2552) ศึกษาผลของระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารสุกรอนุบาลต่อสมรรถภาพการผลิตพบว่า กากมันสำปะหลังสามารถใช้ในสูตรอาหารลูกสุกรหย่านมได้ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลเสียต่อ ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการตาย แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารทดลองเสริมกากมันสำปะหลังระดับ 0, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ แต่ทั้งนี้ควรคำนึกถึงความฟ่ามและความเป็นฝุ่นในสูตรอาหารที่มีกากมันสำปะหลังระดับสูงขึ้น ซึ่งมีผลกระทบต่อความสามารถในการกินได้ของสัตว์ลดลง ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร นอกจากนี้ นารีรัตน์ (2552) ศึกษาผลของการใช้ระดับกากมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสุกรในระยะเล็ก-รุ่น-ขุน ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก โดยใช้สุกรสามสายพันธุ์ (แลนด์เรซ×ลาร์จไวท์×ดูรอค) พบว่า การเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารเพิ่มสูงขึ้น พบว่าปริมาณอาหารที่กิน (P=0.72) อัตราการเจริญเติบโต (P=0.42) มีแนวโน้มลดลง ในด้านคุณภาพซาก พบว่า สุกรที่ได้รับกากมันสำปะหลังที่มีระดับแตกต่างกันในสูตรอาหารมีความหนาไขมันสันหลังและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ปรีดา (2552) ศึกษาผลของระดับกากมันสำปะหลังและรูปแบบอาหารในสูตรอาหารต่อลักษณะทางกายภาพของอาหาร สมรรถภาพการผลิตและลักษณะซากของไก่เนื้อ พบว่าสูตรอาหารที่มีกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ มีความหนาแน่นและมุมกองน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สำหรับการศึกษาด้านระดับกากมันสำปะหลังและรูปแบบอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและลักษณะซากของไก่เนื้อนั้นใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์ Ross-308 ซึ่งจากการทดลองไม่พบอิทธิพลร่วมของระดับกากมันสำปะหลังและรูปแบบอาหาร ต่อสมรรถภาพการผลิตโดยรวมและลักษณะซาก (P>0.05) ไก่เนื้อในช่วงอายุ 1-17 วัน สามารถใช้กากมันสำปะหลังได้ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร และในช่วงอายุ 18-38 และ 39-45 วัน สามารถใช้กากมันสำปะหลังได้ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตโดยรวม และลักษณะซากของไก่เนื้อ (P>0.05) และไก่เนื้อที่ได้รับอาหารอัดเม็ดส่งผลให้มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และเปอร์เซ็นต์ซากดีกว่าการเลี้ยงไก่เนื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยอาหารผง ($P<0.05$) ในไก่ไข่ วิรชัย และคณะ (2536) ได้มีการศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตแอลกอฮอล์ด้วยลูกแป้งสุราในอาหารไก่ไข่พันธุ์อิซ่าบราวน์ ต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพผลผลิต โดยศึกษา ความสามารถในการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะจากกากมันสำปะหลังจากการผลิตแอลกอฮอล์ และผลการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตแอลกอฮอล์ทดแทนข้าวโพด 5 ระดับคือ 0, 10, 20, 30, และ 40 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่ากากมันสำปะหลังจากการผลิตแอลกอฮอล์มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้แบบปรากฏเท่ากับ 2229.85 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม และค่าโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิแบบปรากฏเท่ากับ 24.93 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตแอลกอฮอล์ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพการผลิตของไก่ไข่พันธุ์อิซ่าบราวน์ พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลังจากการผลิตแอลกอฮอล์ มีความสามารถในการผลิตไม่แตกต่างไปจากพวกที่ได้รับอาหารปกติทั่วไป ($P>0.05$) แต่ต้นทุนในการผลิตด้านอาหารจะต่ำกว่าพวกที่ได้รับอาหารปกติส่วนด้านคุณภาพของการผลิตพบว่าน้ำหนักไข่ ความหนาเปลือกไข่ และค่าฮอฟยูนิต ไม่แตกต่างกัน ระหว่างไก่ไข่ที่ได้รับอาหารปกติกับพวกที่ได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลังจากการผลิตแอลกอฮอล์ทุกระดับ ($P>0.05$) แต่สีของไข่แดงในไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังจากการผลิตแอลกอฮอล์ทุกระดับ จะซีดจางกว่าพวกที่ได้รับอาหารปกติ ดังนั้นควรเสริมใบพืชหรือสารให้สีจากแหล่งอื่นๆ ในอาหารนั้นๆ เพื่อแก้ปัญหาไข่แดงซีดจาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของตัวอย่างกากมันสำปะหลัง

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างกากมันสำปะหลัง

2. เครื่องวิเคราะห์พลังงาน (bomb calorimeter)

3. เครื่องชั่งน้ำหนัก

4. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนะของตัวอย่างกากมันสำปะหลัง

วิธีการ

ทำการสุ่มตัวอย่างกากมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง บริษัท สยามควอลิตี้ สตาร์ช จังหวัดชัยภูมิ เพื่อศึกษาลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. ตรวจสอบคุณลักษณะทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยวิธี proximate analysis ตามวิธีของ AOAC (1990) วิเคราะห์พลังงานโดยใช้ bomb calorimeter ตามวิธีของอังคณา และดวงสมร (2532) และวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ตามวิธี A.P.H.A. method โดยการส่งวิเคราะห์ ณ IQA Laboratory

2. ตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณทราย (acid insoluble ash, AIA) โดยวิธี proximate analysis ตามวิธีของ AOAC (1990) และความหนาแน่น ตามวิธีของ Dirk (1995)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ตรวจสอบคุณลักษณะทางชีวภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณสารพิษจากเชื้อรา (mycotoxin) ของกากมันสำปะหลังโดยวิธี HPLC โดยการส่งวิเคราะห์ที่ Romer Labs Singapore Pte. Ltd.

สถานที่ในการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม

การทดลองที่ 2

การศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อลักษณะทางกายภาพของอาหาร สมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่

อุปกรณ์

1. สัตว์ทดลอง

ไก่ไข่สายพันธุ์ H&N “Brown Nick” อายุ 60 สัปดาห์ จำนวน 384 ตัว แบ่งออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 8 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว แต่ละกรงมีไก่ 3 ตัว

2. อาหารทดลอง

สูตรอาหารไก่ไข่ที่มีกากมันสำปะหลังเป็นองค์ประกอบนั้นจะคำนวณโดยใช้ข้อมูลค่าการย่อยได้ของโภชนะในกากมันสำปะหลังที่ได้จากการทดลองศึกษาค่าการย่อยได้ของโภชนะของกากมันสำปะหลังในไก่เนื้อที่แสดงไว้โดย ปรีดา (2552) ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างกากมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นตัวอย่างที่ได้มาจากแหล่งเดียวกับที่ใช้ในการวิจัยของ ปรีดา (2552) ซึ่งพบว่ามีคุณค่าทางโภชนะใกล้เคียงกันจึงควรมีค่าการใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารที่ใกล้เคียงกัน โดย ปรีดา (2552) พบว่ากากมันสำปะหลังที่ใช้มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 2363.04 กิโลแคลอรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต่อกิโลกรัม ค่าการย่อยได้ของโปรตีนเท่ากับ 62.19 เปอร์เซ็นต์ และค่าการย่อยได้ของไขมันเท่ากับ 93.16 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการผลิตอาหารผง 4 สูตรดังนี้

สูตรที่ 1 อาหารไก่ไข่ที่ไม่มีกากมันสำปะหลัง (สูตรควบคุม)

สูตรที่ 2 อาหารไก่ไข่ที่มีกากมันสำปะหลัง 5%

สูตรที่ 3 อาหารไก่ไข่ที่มีกากมันสำปะหลัง 10%

สูตรที่ 4 อาหารไก่ไข่ที่มีกากมันสำปะหลัง 15%

3. โรงเรือนปิดที่มีการระบายอากาศด้วยระบบระเหยไอเย็นจากน้ำ (evaporative cooling system) กรงตับสำหรับเลี้ยงไก่ไข่ พร้อมอุปกรณ์การเลี้ยง ซึ่งได้แก่ รางน้ำ รางอาหาร ถังใส่อาหาร อุปกรณ์ตักอาหาร เป็นต้น

4. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนะในอาหารทดลอง

5. อุปกรณ์ศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารทดลองเช่น ชุดอุปกรณ์สำหรับวัดค่ามุมกอง Cylinder ขนาด 100 ml. เป็นต้น

วิธีการ

การศึกษาองค์ประกอบทางโภชนะ และลักษณะทางกายภาพของอาหารไก่ไข่ที่ใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ

1. ทำการสุ่มตัวอย่างอาหารและวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนะได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย แคลเซียม ฟอสฟอรัส NDF และADF ตามวิธีของ AOAC (1990) และวิเคราะห์พลังงานโดยใช้ bomb calorimeter ตามวิธีของอังคณา และดวงสมร (2532)

2. สุ่มตัวอย่างอาหารเพื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของอาหารไก่ไข่ประกอบด้วย ความหนาแน่น และมุมกองของอาหาร (angle of repose) ตามวิธีของ Dirk (1995)

การศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนปิดควบคุมสภาพแวดล้อมด้วยระบบระเหยไอเย็นจากน้ำ (evaporative cooling system) และใช้กรงตับในการเลี้ยงกรงละ 3 ตัว โดยให้ไก่ไข่ได้รับน้ำและอาหารอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ตลอดการทดลอง ให้อาหารในรางอาหาร และมีระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 4 ช่วง ช่วงละ 28 วัน คือ ช่วงที่ไก่ไข่อายุ 60-63 สัปดาห์, 64-67 สัปดาห์, 68-71 สัปดาห์ และ 72-75 สัปดาห์ ตามลำดับ

การบันทึกผลการทดลอง

แบ่งการบันทึกผลการทดลองออกเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 28 วัน โดยแต่ละช่วงอายุทำการบันทึกข้อมูลดังนี้

1. บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว โดยชั่งน้ำหนักไก่แต่ละตัวเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง แล้วนำมาคำนวณเป็นน้ำหนักไก่เฉลี่ยแต่ละกลุ่มการทดลอง

2. บันทึกปริมาณอาหารที่กิน โดยบันทึกปริมาณอาหารที่กินทุกๆ 28 วัน ของทั้ง 4 ช่วง ในแต่ละกลุ่มการทดลอง แล้วนำมาคำนวณเป็นปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม และปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล

3. บันทึกผลผลิตไข่ โดยบันทึกจำนวนไข่ในแต่ละซ้ำทุกวัน แล้วนำมาคำนวณเป็นอัตราการผลิตไข่ของไก่ไข่แต่ละกลุ่มการทดลอง

4. บันทึกน้ำหนักไข่ โดยเก็บไข่มาชั่งรวมทีละซ้ำทุกวัน แล้วนำมาคำนวณเป็นน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง

5. บันทึกจำนวนไก่ตายของแต่ละซ้ำ แล้วนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์เลี้ยงรอด

6. บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนและในห้องเก็บรักษาไข่ตลอดการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. การตรวจวัดคุณภาพและส่วนประกอบของฟองไข่ โดยการสุ่มไข่ 3 ฟอง ในทุกๆซ้ำจากทุก 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วง ทำการตรวจวัดคุณภาพและส่วนประกอบของฟองไข่ ดังนี้

7.1 น้ำหนักฟองไข่ และส่วนประกอบของฟองไข่ แล้วนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ไข่แดง ไข่ขาว และเปลือกไข่ของไข่ทั้งฟอง

7.2 ค่าความเข้มของสีไข่แดง โดยการใช้ Rhoche yolk colour fan ที่มีสีเหลืองอ่อนถึงสีส้มแดง ตั้งแต่ 1-15

7.3 ความหนาเปลือกไข่ โดยใช้ digital outside micrometer สำหรับวัดความหนาผิวโค้ง โดยการหักเปลือกไข่ ไม่ติดเยื่อหุ้มไข่จากแนวกึ่งกลางฟองไข่ขนาด 0.5 × 0.5 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น วัดค่าเป็นมิลลิเมตร

7.4 ความถ่วงจำเพาะของไข่ โดยการลอยในน้ำเกลือที่มีความถ่วงจำเพาะต่างๆ ตั้งแต่ 1.060, 1.064, 1.068, 1.072, 1.076, 1.080, 1.084, 1.088, 1.092, 1.096, 1.100 และ 1.104 โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ วัดความถ่วงจำเพาะให้ได้ตามกำหนด แล้วนำไข่ที่ต้องการทดสอบมาลอยในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ จากน้อยไปหามาก หากไข่ฟองใดมีส่วนเปลือกลอยเหนือผิวน้ำ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร (ขนาดเท่าเหรียญบาท) แสดงว่าไข่ฟองนั้นมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือนั้นๆ

7.5 ความสูงของไข่ขาวข้น โดยใช้ชุดตรวจสอบคุณภาพไข่ขาวของ Technical Services and Supplies Ltd. ซึ่งประกอบด้วย QCD ชุดแสดงผลระบบดิจิตอล และ QCH albumen height gauge ได้ค่าความสูงไข่ขาวเป็นมิลลิเมตร แล้วนำมาคำนวณค่าฮอฟ์ยูนิต

โดยนำค่าที่ได้จากการบันทึกมาทำการวิเคราะห์ หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน $= \dfrac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในช่วงการทดลอง}}{\text{28 วัน} \times \text{จำนวนไก่ไข่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล $= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในช่วงการทดลอง} \times 12}{\text{จำนวนไข่ในช่วงการทดลอง}}$

3. อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนไก่ไข่มีชีวิต (hen-day egg production) (%) $= \frac{\text{จำนวนไก่ไข่ในช่วงการทดลอง} \times 100}{28 \text{ วัน} \times \text{จำนวนไก่ไข่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}$

4. อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนไก่ไข่เริ่มการทดลอง (hen-housed egg production) (%) $= \frac{\text{จำนวนไข่ในช่วงการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนวัน} \times \text{จำนวนไก่ไข่เริ่มต้นการทดลอง}}$

5. น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง $= \frac{\text{น้ำหนักไข่ทั้งหมดตลอดการทดลอง}}{\text{จำนวนไข่}}$

6. มวลไข่ต่อไก่ไข่ต่อวัน = % ผลผลิตไข่ (hen day egg production) × น้ำหนักไข่เฉลี่ย

7. อัตราการเลี้ยงรอด $= \frac{\text{จำนวนไก่ไข่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนไก่ไข่เมื่อเริ่มการทดลอง}}$

8. Haugh unit $= 100 \log \left[H - \frac{\sqrt{G}\ (30W0.37 - 100)}{100} + 19\right]$

H = ความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร)

W = น้ำหนักไข่ (กรัม)

G = 32.2

ที่มา: Stadelman and Cotterill (1995)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในอาหารทดลอง (%) ตลอดการทดลอง

วัตถุดิบ	ปริมาณกากมันสำปะหลังแห้งที่ใช้ (เปอร์เซ็นต์)				ราคา[1/] (บาทต่อกิโลกรัม)
	0	5	10	15	
ข้าวโพด	60.42	53.95	46.98	40.01	11.50
กากมันสำปะหลังแห้ง	0.00	5.00	10.00	15.00	5.80
น้ำมันพืช	0.55	1.56	2.73	3.90	65.10
กากถั่วเหลือง	28.06	28.80	29.62	30.44	21.50
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.11	0.12	0.12	0.13	180.00
โคลีนคลอไรด์	0.01	0.01	0.01	0.01	35.00
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	1.48	1.48	1.49	1.50	19.00
เปลือกหอย	8.78	8.45	8.42	8.39	4.00
เกลือ	0.40	0.39	0.38	0.37	4.00
พรีมิกซ์ไวตามิน-แร่ธาตุ[2/]	0.25	0.25	0.25	0.25	70.00
รวม	100	100	100	100	
ราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม)	14.36	14.73	15.16	15.60	
องค์ประกอบทางโภชนะโดยการคำนวณ (เปอร์เซ็นต์)					
โปรตีน	17.00	17.00	17.00	17.00	
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลลอรีต่อกิโลกรัม)	2700	2700	2700	2700	
ไขมัน	3.00	3.82	4.78	5.75	
เยื่อใย	3.47	3.77	4.07	4.36	
แคลเซียม	3.89	3.80	3.80	3.80	
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.38	0.38	0.38	0.38	
ไลซีน	0.90	0.92	0.94	0.96	
เมทไธโอนีน+ซีสทีน	0.65	0.65	0.65	0.65	
โคลีน (mg/kg)	1400	1400	1400	1400	
โซเดียม	0.17	0.17	0.17	0.17	

หมายเหตุ [1/] ราคาวัตถุดิบอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม) : เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2551

[2/] รายละเอียดส่วนประกอบของพรีมิกซ์ไวตามิน-แร่ธาตุ แสดงในตารางที่ 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ส่วนประกอบใน 1 กิโลกรัมของพรีมิกซ์ไวตามิน-แร่ธาตุ

วิตามิน	ปริมาณ
วิตามินเอ	12,500,000 IU
วิตามินดี 3	2,500,000 IU
วิตามินอี	12,000 IU
วิตามินเค 3	2.00 กรัม
วิตามินบี 1	1.50 กรัม
วิตามินบี 2	6.00 กรัม
วิตามินบี 6	2.50 กรัม
วิตามินบี 12	15.00 มิลลิกรัม
กรดโฟลิค	500.00 กรัม
กรดแพนโทเธนิก	13.80 กรัม
ไบโอติน	25.00 มิลลิกรัม
โคลีนคลอไรด์	300.00 กรัม
แมงกานีส	90.00 กรัม
เหล็ก	22.00 กรัม
สังกะสี	75.00 กรัม
ทองแดง	28.00 กรัม
ไอโอดีน	2.00 กรัม
โคบอลต์	300.00 มิลลิกรัม
สารตัวเติม	2.50 กรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดยใช้แผนการทดลองแบบ (Completely Randomized Design; CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการทดลอง โดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยมีแบบหุ่นทางสถิติคือ

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

โดยที่ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ได้จากซ้ำที่ j และได้รับทรีตเมนต์ที่ i, โดยที่ i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

μ คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

τ_i คือ อิทธิพลของทรีตเมนต์ที่ i (i = 1, 2, 3, 4)

ε_{ij} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองจากทรีตเมนต์ที่ i ของซ้ำที่ j (j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) โดย $\varepsilon \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$

สถานที่ในการทดลอง

1. ศึกษาสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่และคุณภาพไข่ที่ ฟาร์มไก่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

2. วิเคราะห์หาค่าโภชนะต่างๆ และศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารทดลองที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มทำการทดลอง: มกราคม พ.ศ. 2551
สิ้นสุดการทดลอง: ธันวาคม พ.ศ. 2551

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของตัวอย่างกากมันสำปะหลัง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างกากมันสำปะหลังแสดงไว้ใน ตารางที่ 9 จากการทดลอง พบว่า กากมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนและไขมันค่อนข้างต่ำคือ 2.35 เปอร์เซ็นต์ และ 0.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยและแป้งในปริมาณค่อนข้างสูงคือ 14.57 เปอร์เซ็นต์ และ 50.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแป้งที่มีอยู่ในกากมันสำปะหลังเป็นแป้งอ่อน สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้สูง ระดับแป้งที่คงเหลืออยู่ในกากมันสำปะหลังนั้นขึ้นอยู่กับกระบวนการในการสกัดแป้งโดยพบว่าโรงงานที่มีการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ทันสมัย จะมีกระบวนการสกัดเปอร์เซ็นต์แป้งออกไปได้ค่อนข้างมาก ทำให้มีเปอร์เซ็นต์แป้งหลงเหลือในกากมันสำปะหลังน้อยลง (Sriroth *et al*., 2000) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ (ตารางที่ 10) พบว่าตัวอย่างกากมันสำปะหลังมีความหนาแน่น 330 กรัมต่อลิตร ส่วนค่าการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ทราย (acid insoluble ash, AIA) พบว่ามีค่า 2.69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้จากมันสำปะหลังไม่ควรมีเปอร์เซ็นต์ทรายเกิน 3 เปอร์เซ็นต์ (สุกัญญา, 2539) จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และกายภาพของตัวอย่างกากมันสำปะหลังพบว่าค่าที่ได้ใกล้เคียงกับ วริยา (2552) ที่ได้ทำการทดลองตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของกากมันสำปะหลังที่ได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังที่มีคุณภาพทั้ง 5 แห่ง ในเขตภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยพบว่ามีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และแป้งอยู่ที่ 2.37 เปอร์เซ็นต์ 0.39 เปอร์เซ็นต์ 14.00 เปอร์เซ็นต์ และ 50.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่าความหนาแน่นและปริมาณทรายเฉลี่ยอยู่ที่ 350 กรัมต่อลิตร และ 2.16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลักษณะทางเคมี และกายภาพจะมีความผันแปรมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาวะแวดล้อมในการปลูก สายพันธุ์ คุณภาพหัวมันสำปะหลัง อายุการเก็บเกี่ยว ความอุดมสมบูรณ์ของดิน กระบวนการผลิต และกรรมวิธีการสกัดแป้ง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของกากมันสำปะหลัง ดังนั้นในการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสัตว์จึงควรมีการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และเคมี ก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์เพื่อทราบคุณภาพทางโภชนะในการประกอบสูตรอาหารสัตว์

ส่วนปริมาณสารพิษไซยาไนด์ที่ตรวจพบในตัวอย่างกากมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับ 16.6 พีพีเอ็ม ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์ (วิภาสิริ, 2549) ทั้งนี้เนื่องจากกากมันสำปะหลังที่นำมาใช้ได้ผ่านกระบวนการทำให้แห้งด้วยความร้อนหรือแสงแดด ซึ่งมีผลในการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ช่วยลดปริมาณสารพิษไซยาไนด์ลงได้ และนอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ปริมาณสารพิษจากเชื้อรา ในตัวอย่างกากมันสำปะหลังโดยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Romer labs Singapore Pte. Ltd.) ซึ่งพบว่าไม่มีการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราชนิดต่างๆ ได้แก่ อะฟลาทอกซิน บี 1, อะฟลาทอกซิน บี 2, อะฟลาทอกซิน จี 1, อะฟลาทอกซิน จี 2, ซีราลีโนน, ดีออกซีนิวาลีนอล, ฟูโมนิซิน บี 1, ฟูโมนิซิน บี 2 และโอคราท็อกซิน ในตัวอย่างกากมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลอง (ตารางที่ 11) โดยทางสหภาพยุโรป (European Union: EU) ได้กำหนดมาตรฐานของปริมาณสารพิษจากเชื้อราในวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารไก่ไข่ไว้ดังนี้ อะฟลาทอกซิน บี 1 ไม่ควรเกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม, ซีราลีโนนไม่ควรเกิน 30,000 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม, ดีออกซีนิวาลีนอลไม่ควรเกิน 200 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม, ฟูโมนิซิน บี 1 ไม่ควรเกิน 4000 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และโอคราท็อกซินไม่ควรเกิน 100 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (Gimeno, 2009) เพราะฉะนั้นตัวอย่างกากมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาประกอบสูตรอาหารไก่ไข่ได้

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของตัวอย่างกากมันสำปะหลัง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
วัตถุแห้ง (%)	89.12
โปรตีน (%)	2.35
ไขมัน (%)	0.53
เถ้า (%)	5.32
เยื่อใย (%)	14.57
NDF (%)	39.77
ADF (%)	26.94
แคลเซียม (%)	0.79
ฟอสฟอรัส (%)	0.02
พลังงานรวม (กิโลแคลลอรีต่อกิโลกรัม)	4,095.75
แป้ง (%)	50.20
ไซยาไนด์ (พีพีเอ็ม)	16.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของตัวอย่างกากมันสำปะหลัง

องค์ประกอบทางกายภาพ	ปริมาณ
ความหนาแน่น (กรัมต่อลิตร)	330
ปริมาณทราย (%)	2.69

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์สารพิษจากเชื้อราของตัวอย่างกากมันสำปะหลัง

ชนิดของสารพิษจากเชื้อรา	ปริมาณ (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)
Aflatoxin B1	<1
Aflatoxin B2	<1
Aflatoxin G1	<1
Aflatoxin G2	<1
Zearalenone	<32
Deoxynivalenol	<50
Fumonisin B1	<100
Fumonisin B2	<100
Ochratoxin	<2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อลักษณะทางกายภาพของอาหาร สมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของโภชนะต่าง ๆ ในอาหารทดลองพบว่าสูตรอาหารที่มีการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีระดับโปรตีน พลังงานรวม ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัสที่ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมและมีค่าใกล้เคียงกับที่ได้จากการคำนวณ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนะของอาหารทดลอง (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบ	ระดับกากมันสำปะหลังแห้งที่ใช้ (เปอร์เซ็นต์)			
	0	5	10	15
วัตถุแห้ง	90.36	90.22	90.42	90.28
โปรตีน	17.13	17.15	17.07	17.19
ไขมัน	2.82	3.43	4.04	5.33
เยื่อใย	3.52	3.92	4.64	4.80
NDF	11.41	11.95	12.21	14.34
ADF	4.48	5.11	6.51	8.37
เถ้า	2.34	2.57	2.61	3.00
แคลเซียม	4.11	4.05	4.01	4.02
ฟอสฟอรัส	0.59	0.59	0.59	0.59
พลังงานรวม (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)	3,781.25	3,741.38	3,775.63	3,777.12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของอาหาร

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารไก่ไข่ที่ใช้ในการทดลอง (ตารางที่ 14) พบว่าอาหารทดลองสูตรที่มีกากมันสำปะหลัง 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มว่าค่าความหนาแน่นของอาหารลดลงตามการเพิ่มระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหาร (P=0.0656) เนื่องจากกากมันสำปะหลังที่ใช้เป็นวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง มีความฟ่ามและเป็นฝุ่นง่าย ซึ่งหากใช้ในปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อความหนาแน่นของอาหารได้ เมื่อเทียบกับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพด (สูตรควบคุม) จะเห็นได้ว่าข้าวโพดที่ใช้ในการผสมอาหารมีขนาดอนุภาคเล็ก และมีความหนาแน่นสูงคือมีค่าประมาณ 800-850 กรัมต่อลิตร ทำให้อนุภาคข้าวโพดมีการอัดตัวกันค่อนข้างแน่นกว่ากากมันสำปะหลัง เมื่อมีการนำกากมันสำปะหลังมาผสมในสูตรอาหารจะทำให้มีการใช้ข้าวโพดลดลงและส่งผลให้อาหารมีความหนาแน่นลดลงด้วย (เสกสม, 2550) ดังนั้นอาหารสูตรควบคุมจึงมีแนวโน้มความหนาแน่นของอาหารมากกว่าสูตรที่ใช้กากมันสำปะหลัง

ณัฐชนก (2548) กล่าวว่าวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคใหญ่และกลม จะสามารถเคลื่อนที่ได้ง่าย ทำให้มุมกองของวัตถุดิบราบ แต่วัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคเล็กและแบน จะเคลื่อนที่ได้ยาก ทำให้มุมกองของวัตถุดิบชัน กากมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองเป็นวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ สามารถเคลื่อนที่ได้ง่าย ส่งผลทำให้มีมุมกองที่ราบ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กและเคลื่อนที่ได้ยาก ซึ่งจะมีมุมกองที่ชันกว่า ดังนั้นหากใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารจะส่งผลให้อาหารมีมุมกองที่ราบหรือน้อยกว่าอาหารสูตรควบคุม Dirk (1995) รายงานว่าอาหารหรือวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีค่ามุมกองต่ำจะส่งผลให้อาหารมีอัตราการไหลที่ดีกว่าอาหารที่มีค่ามุมกองสูง (ตารางที่ 13) จากการวิเคราะห์ค่ามุมกองของตัวอย่างอาหารทดลองทุกสูตรไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งค่ามุมกองที่วิเคราะห์ได้นั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 33-35 องศา (ตารางที่ 14) ซึ่งถือว่าอาหารมีความสามารถในการไหลหรือเคลื่อนที่ได้ดี ดังนั้นจึงไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการผสมอาหารและการลำเลียงอาหารในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ค่ามุมกองยังมีประโยชน์ในการใช้คาดคะเนความสามารถในการแยกชั้นของอาหารขณะทำการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายอาหารในรูปแบบต่างๆ และความสูงของกองอาหารหรือวัตถุดิบได้อีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ประสิทธิภาพการไหลของอาหารและค่ามุมกองของอาหาร

อัตราการไหล	มุมกอง (องศา)
เคลื่อนที่ได้ดีมาก	25-30 (หรือน้อยกว่า)
เคลื่อนที่ได้ดี	31-35
เคลื่อนที่ได้ปานกลาง	36-40
เคลื่อนที่ได้	41-45
เคลื่อนที่ต่ำ	46-55
เคลื่อนที่ได้ต่ำมาก	56-65
แทบจะไม่เคลื่อนที่	66-90

ที่มา: Dirk (1995)

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นและมุมกองของอาหารทดลอง

กลุ่มทดลอง	ความหนาแน่น (กรัมต่อลิตร)	มุมกองของอาหาร (องศา)
ควบคุม	598.32	35.00
กากมันสำปะหลัง 5 เปอร์เซ็นต์	586.72	34.79
กากมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์	579.69	34.26
กากมันสำปะหลัง 15 เปอร์เซ็นต์	578.30	33.57
P-value	0.0656	0.2445
Pooled SE	17.8705	1.6757

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการบันทึกผลการทดลอง พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน (interaction) ระหว่างกลุ่มทดลอง (ระดับกากมันสำปะหลัง) และช่วงเวลาที่ทำการทดลอง ดังนั้นจึงนำข้อมูลของแต่ละช่วงเวลามาหาค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง เพื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลอง จากผลการทดลองพบว่าสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังในระดับ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง อัตราการตาย อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนไก่ไข่มีชีวิต อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนไก่ไข่เริ่มการทดลอง และปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล (ตารางที่ 15-16) ไม่แตกต่างจากสูตรอาหารควบคุม ($P>0.05$) เนื่องจากการศึกษาค่าการย่อยได้ของโภชนะของกากมันสำปะหลังในไก่เนื้อ ทำให้ทราบค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ค่าการย่อยได้ของโปรตีนและไขมัน ซึ่งนำไปใช้ในการคำนวณสูตรอาหาร และจากการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนะของอาหาร พบว่าอาหารทุกสูตรมีค่าพลังงานและโปรตีนเท่ากัน ประกอบกับการที่ไก่ไข่ทุกกลุ่มมีปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวันไม่แตกต่างกัน ดังนั้นไก่ไข่ทุกกลุ่มทดลองจึงได้รับโภชนะเท่ากัน ถึงแม้จะพบว่าความหนาแน่นของอาหารที่มีแนวโน้มลดลงตามระดับกากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น และการลดลงในระดับดังกล่าวไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่ไข่ จึงไม่พบผลกระทบในเชิงลบเมื่อใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับสูงถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร นอกจากนี้จากการทดลองสังเกตพบว่ามูลของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารสูตรที่ใช้กากมันสำปะหลังมีลักษณะที่ค่อนข้างเป็นก้อน โดยเฉพาะในกลุ่มที่ใช้ในระดับสูง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกากมันสำปะหลังมีเยื่อใยอยู่ในปริมาณที่สูง ซึ่งสัตว์ปีกไม่สามารถย่อยสารเยื่อใยเหล่านี้ได้ แต่ปริมาณสารเยื่อใยที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลกระตุ้นการเคลื่อนไหวของลำไส้ช่วยให้การขับถ่ายดีขึ้น ส่งผลให้มูลมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีไม่เหลวและมีกลิ่นเหม็น (อรวรรณ, 2547) สอดคล้องกับ สรัสนันท์ (2549) ที่ได้รายงานว่าเมื่อสัตว์ได้รับอาหารสูตรมันสำปะหลังจะทำให้กลิ่นเหม็นของมูลลดลง เนื่องมาจากสภาพความเป็นกรดและด่างในทางเดินอาหารสัตว์มีค่าต่ำลงและมีปริมาณ *E. coli* ในทางเดินอาหารส่วนปลายลดลง ส่งผลให้มีการผลิตสาร indole และ skatole (3-methyl indole) ซึ่งเป็นสารที่ส่งกลิ่นในมูลสัตว์ลดลง

การใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่ไข่ที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้คุณภาพไข่ ได้แก่ น้ำหนักฟองไข่ ความถ่วงจำเพาะของฟองไข่ ความหนาเปลือกไข่ และความสูงไข่ขาว (ตาราง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ 17-19) แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (P>0.05) แต่พบว่าการเพิ่มการใช้กากมันสำปะหลังทุกระดับในสูตรอาหารไก่ไข่ มีผลทำให้ระดับคะแนนสีของไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้มีการเสริมสารสีสังเคราะห์ตามสัดส่วนข้าวโพดที่ลดลง เมื่อมีการเพิ่มระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้การสะสมสารแซนโทฟิลล์ในไข่แดงน้อยลง (ตารางที่ 18) ทั้งนี้เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารที่ปราศจากสารให้สี (pigment) ประเภทแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ชนิดต่าง ๆ รวมทั้งสารแซนโทฟิลล์ (xanthophylls) แตกต่างจากข้าวโพดที่มีสารแซนโทฟิลล์ในปริมาณมากกว่า (สาโรช, 2547; วิภาสิริ, 2549) ดังนั้นการเพิ่มระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่ไข่จะส่งผลให้คะแนนสีไข่แดงลดลงเช่นเดียวกับการใช้มันสำปะหลัง ดังนั้นการใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารควรมีการเสริมสารให้สีเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค โดยปกติสัตว์ปีกไม่มีความสามารถในการสังเคราะห์สารแซนโทฟิลล์ขึ้นเองได้ กลไกในการเกิดสีในไข่แดงเกิดจากสารออกซีแคโรทีนนอยด์ หรือสารแซนโทฟิลล์ที่ได้จากอาหาร (Fox and Vevers, 1960) สารแซนโทฟิลล์มีอิทธิพลต่อการเกิดสีของไข่แดงคือสารแซนโทฟิลล์ที่ภายในโมเลกุลจะมีออกซิเจน (oxygen) ไฮดรอกซิล (hydroxyl) คีโต (keto) และหมู่เอสเทอร์ (ester group) ทำหน้าที่เป็นหมู่ฟังชั่นนอล (functional group) ที่ทำให้เกิดสีในไข่แดง ซึ่งการสะสมสารแซนโทฟิลล์ในไข่แดงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วตามปริมาณสารแซนโทฟิลล์ในอาหาร หลังจากที่ไก่ได้รับสารแซนโทฟิลล์จากอาหารเป็นระยะเวลาประมาณ 3 สัปดาห์จะเป็นระยะเวลาที่ทำให้สารแซนโทฟิลล์เกิดการตอบสนองและเกิดความคงตัวของสารสีในไข่แดง (Belyavin and Marangos, 1980) ด้วยเหตุนี้อาหารในกลุ่มควบคุมที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลักจึงมีระดับสีไข่แดงสูงกว่าไก่ไข่ในกลุ่มที่ใช้กากมันสำปะหลังในสูตรทุกกลุ่ม

กากมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองมีระดับโปรตีนและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ต่ำกล่าวคือ 2.35 เปอร์เซ็นต์ และ 2,363.04 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อมีการใช้กากมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นในสูตรอาหารจึงต้องมีการเพิ่มปริมาณของกากถั่วเหลืองซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนและกรดอะมิโน รวมทั้งเพิ่มการใช้น้ำมันพืชซึ่งเป็นแหล่งพลังงานลงในสูตรอาหาร เพื่อทำให้อาหารมีคุณค่าทางโภชนะที่เพียงพอกับความต้องการของไก่ไข่และเท่ากันในทุกกลุ่มทดลอง แต่เนื่องจากขณะทำการทดลองเป็นช่วงที่ราคาวัตถุดิบหลักในการประกอบอาหารสัตว์แทบทุกชนิดมีราคาค่อนข้างสูง โดยเฉพาะกากมันสำปะหลังในขณะทำการทดลองมีราคาที่สูงกว่าปกติ (5.80 บาทต่อกิโลกรัม) จึงเป็นเหตุให้อาหารทดลองมีราคาแพง ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มกากมันสำปะหลังทุกๆ 5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ราคาอาหารในแต่ละสูตรเพิ่มขึ้นและส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1 โหล เพิ่มขึ้นเป็น 1.13, 1.87 และ 2.41 บาท ในกลุ่มที่เสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 20) ดังนั้นหากมีความต้องการที่จะใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่ไข่จะต้องมีการพิจารณาถึงภาวะราคาวัตถุดิบหลักทุกชนิดในสูตรอาหาร ได้แก่ ข้าวโพด กากมันสำปะหลัง กากถั่วเหลือง และน้ำมันพืช หากวัตถุดิบชนิดใดมีราคาสูงมากๆ ก็อาจส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตอาหารสูงขึ้นได้ แต่ถ้าในอนาคตราคาวัตถุดิบหลักทุกชนิดโดยเฉพาะราคากากมันสำปะหลังมีราคาลดลง ต้นทุนในการผลิตอาหารสูตรที่เสริมกากมันสำปะหลังอาจน้อยกว่าอาหารสูตรควบคุมก็เป็นได้

ตารางที่ 15 ผลการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆต่อปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง และอัตราการตาย

กลุ่มทดลอง	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล (กิโลกรัม/ตัว)	น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (กรัม/ตัว)	อัตราการตาย (เปอร์เซ็นต์)
ควบคุม	122.67	1.77	48.17	0.52
กากมันสำปะหลัง 5 เปอร์เซ็นต์	122.39	1.76	46.08	0.52
กากมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์	121.77	1.76	45.29	0.52
กากมันสำปะหลัง 15 เปอร์เซ็นต์	121.36	1.75	44.43	0.26
P-value	0.4219	0.9771	0.9996	0.9205
Pooled SE	1.7043	0.0872	69.7711	0.9113

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 ผลการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ต่ออัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนไก่ไข่มีชีวิต และอัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนไก่ไข่เริ่มการทดลอง

กลุ่มทดลอง	อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนไก่ไข่มีชีวิต (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนไก่ไข่เริ่มการทดลอง (เปอร์เซ็นต์)
ควบคุม	83.86	83.42
กากมันสำปะหลัง 5 เปอร์เซ็นต์	84.02	83.58
กากมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์	83.72	83.28
กากมันสำปะหลัง 15 เปอร์เซ็นต์	84.03	83.80
P-value	0.9986	0.9953
Pooled SE	4.0846	4.1788

ตารางที่ 17 ผลการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ต่อน้ำหนักไข่เฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว เปอร์เซ็นต์ไข่แดง และเปอร์เซ็นต์เปลือก

กลุ่มทดลอง	น้ำหนักไข่เฉลี่ย (กรัมต่อฟอง)	ไข่ขาว (เปอร์เซ็นต์)	ไข่แดง (เปอร์เซ็นต์)	เปลือก (เปอร์เซ็นต์)
ควบคุม	69.55	65.50	25.23	9.27
กากมันสำปะหลัง 5 เปอร์เซ็นต์	69.66	65.51	25.32	9.17
กากมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์	69.74	65.79	25.06	9.15
กากมันสำปะหลัง 15 เปอร์เซ็นต์	69.47	65.85	25.04	9.11
P-value	0.9612	0.2114	0.5265	0.3318
Pooled SE	1.0991	0.4129	0.4393	0.1753

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ผลการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ต่อความสูงไข่ขาว ค่าฮอฟ์ยูนิต และสีไข่แดง

กลุ่มทดลอง	ความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร)	ค่าฮอฟ์ยูนิต	สีไข่แดง (คะแนน)
ควบคุม	6.66	77.74	6.77[a]
กากมันสำปะหลัง 5 เปอร์เซ็นต์	6.68	77.90	6.05[b]
กากมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์	6.75	78.34	5.26[c]
กากมันสำปะหลัง 15 เปอร์เซ็นต์	6.65	77.74	4.34[d]
P-value	0.7521	0.7823	<0.0001
Pooled SE	0.1858	1.3338	0.1196

หมายเหตุ [a, b, c, d] อักษรต่างกันบนค่าเฉลี่ยในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ 19 ผลการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ต่อความถ่วงจำเพาะ และความหนาเปลือกไข่

กลุ่มทดลอง	ความถ่วงจำเพาะ	ความหนาเปลือกไข่ (มิลลิเมตร)
ควบคุม	1.086	0.381
กากมันสำปะหลัง 5 เปอร์เซ็นต์	1.086	0.379
กากมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์	1.086	0.378
กากมันสำปะหลัง 15 เปอร์เซ็นต์	1.085	0.374
P-value	0.1460	0.2053
Pooled SE	0.0009	0.0061

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 ผลการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ต่อราคาอาหาร และ ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล

กลุ่มทดลอง	ราคาอาหาร (บาท/กิโลกรัม)	ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล (บาท/โหล)
ควบคุม	14.36	24.86
กากมันสำปะหลัง 5 เปอร์เซ็นต์	14.73	25.99
กากมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์	15.16	26.73
กากมันสำปะหลัง 15 เปอร์เซ็นต์	15.60	27.29

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. กากมันสำปะหลังจัดเป็นวัตถุดิบที่มีโปรตีนและไขมันต่ำ แต่มีปริมาณแป้งและปริมาณเยื่อใยอยู่สูงจึงทำให้เป็นวัตถุดิบที่มีความหนาแน่นต่ำ ส่วนปริมาณสารพิษไซยาไนด์ที่ตรวจพบมีค่าต่ำกว่า 50 พีพีเอ็ม ซึ่งเป็นระดับที่ไม่เป็นพิษ และไม่พบว่ามีการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราชนิดต่างๆ จึงปลอดภัยในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานทางเลือกในการเลี้ยงไก่ไข่ได้

2. อาหารที่ใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ มีแนวโน้มความหนาแน่นลดลงแต่ไม่พบความแตกต่างของค่ามุมกองของอาหาร ดังนั้นจึงไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผสมและการลำเลียงอาหารในกระบวนการผลิต

3. กากมันสำปะหลังสามารถใช้ในสูตรอาหารไก่ไข่ได้สูงถึง 15 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่ แต่พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารทุกระดับมีระดับคะแนนสีไข่แดงลดลง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการตรวจสอบคุณภาพของกากมันสำปะหลัง ก่อนที่จะนำมาใช้ในอาหารสัตว์ โดยเฉพาะการตรวจสอบการปนเปื้อนของดิน ทราย ของกากมันมันสำปะหลัง เนื่องจากสิ่งเหล่านี้ล้วนมีผลทำให้คุณภาพของอาหารต่ำลงและทำให้คุณค่าทางโภชนะคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่คำนวณได้ นอกจากนี้ควรมีการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์แป้งด้วย เพื่อจะได้เป็นประโยชน์ในการประมาณค่าระดับพลังงานของวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรอาหารได้

2. หากต้องการให้ไก่ไข่ที่ใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารมีระดับคะแนนสีไข่แดงสูงขึ้น ควรมีการเสริมสารแซนโทฟิลล์จากแหล่งต่างๆ เช่น ดอกดาวเรือง ฟักทองแห้ง ใบกระถิน ใบมันสำปะหลัง เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กานดา พันสุรินทร์, อุทัย คันโธ และ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ อรุณี อิงคากุล. 2546. การศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ธรรมชาติบนข้าวโพด มันสำปะหลัง และผลกระทบต่อพีเอชและจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารของสุกรระยะรุ่น, น. 194-202. *ใน* **เรื่องเต็มการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 41 (สาขาสัตว์ สัตวแพทยศาสตร์และประมง)** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2542. **เทคโนโลยีของแป้ง.** บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับริเคชัน จำกัด, กรุงเทพฯ.

_____. และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีการผลิตแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ ฯ.

จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และ อัจฉรา ลิ่มศิลา. 2547. ประวัติและความสำคัญ, น. 1-3. *ใน* **เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2532. **มันสำปะหลัง การปลูก อุตสาหกรรมแปรรูป และการใช้ประโยชน์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลดา ซื่อสัตย์. 2546. **การใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังเพื่อผลิตเอทานอล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐชนก อมรเทวภัทร. 2548. **เอกสารประกอบวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์**. โครงการจัดตั้งภาควิชาเทคโนโลยีทางกระบวนการเคมีและฟิสิกส์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดนัย ศุภาหาร. 2537. พฤกษศาสตร์และพันธุศาสตร์มันสำปะหลัง, น. 14-30. *ใน* **เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง.** ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นารีรัตน์ เจริญวัฒนสกุล. 2552. ผลของระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารสุกรเล็กรุ่น และขุน ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

แน่งน้อย อัมรามร. 2531. **รายงานการศึกษาเรื่องอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง.** สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

นันทวัน ธนะศรีสุธารัตน์, สุจิตตรา มูลชัยสุข และ สุพรรษา ตาถาวรรณ. 2545. **ผลการใช้มันสำปะหลังเปรียบเทียบกับข้าวโพดในอาหารไก่กระทงที่มีการเสริมและไม่เสริมยาปฏิชีวนะ.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

บุญญฤทธิ์ มุ่งจองกลาง. 2544. **การศึกษาการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมักเพื่อใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งในประเทศไทย** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ปิตุนาถ หนูเสน. 2547. **การใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานในอาหารข้นต่อการให้ผลผลิตของโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ปรีดา คำศรี. 2552. **ผลการใช้กากมันสำปะหลังต่อลักษณะทางกายภาพของอาหารสมรรถภาพการผลิต และลักษณะซากของไก่เนื้อ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรทิมล ตนสิงห์. 2551. **ผลการใช้กากมันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พวงเพชร นรินทราพร. 2547. การแปรรูปและการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง, น. 91-110. *ใน* **เอกสารวิชาการ มันสำปะหลัง.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พาพร ตันตระรัตนะ, อุทัย คันโธ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ วิไล สันติโสภาศรี. 2546. การใช้มันสำปะหลังเปรียบเทียบกับข้าวโพดเป็นอาหารสุกรระยะรุ่น และระยะขุน ทั้งที่มีการเสริมและไม่เสริมยาปฏิชีวนะ, น. 317-322. *ใน* **เรื่องเต็มการประชุมวิชาการครั้งที่ 41 (สาขาสัตว์ สัตวแพทยศาสตร์และประมง)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีรพจน์ นิติพจน์. 2547. **ผลของการใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารทดแทนมันสำปะหลังเส้นในสูตรอาหารข้น ต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมักความสามารถในการย่อยได้และการเจริญเติบโตในโคนมรุ่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไพรัตน์ แซ่ลิ้ม, อุทัย คันโธ และ เนรมิต สุขมณี. 2534. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารแม่สุกรอุ้มท้องและเลี้ยงลูก, น. 101-110. *ใน* เรื่อง**เต็มการประชุมวิชาการครั้งที่ 29 (สาขาสัตว์ สัตวแพทยศาสตร์และประมง)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วริยา โกสุม. 2552. **ผลของระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารสุกรอนุบาล ต่อสมรรถภาพการผลิต.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิภาสิริ เสภารัตนานันท์. 2549. **การใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพและปริมาณโปรตีนในไก่ไข่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิรชัย พลโรม, อุษา กลิ่นหอม และ ชูศรี ตลับมุข. 2536. การใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตแอลกอฮอล์ในอาหารไก่ไข่. **ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย์.)** 27 (2): 177-185.

สรัสนันท์ สว่างคำ. 2549. **ผลของการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อระบบภูมิคุ้มกันในไก่กระทง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย. 2550. **ปีทองมันสำปะหลัง**. มันสำปะหลัง. แหล่งที่มา: www.afet.or.th/thai/corporate/commodityshow, 9 พฤศจิกายน 2550.

สาโรจ ค้าเจริญ. 2547. **อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง** ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สาโรจ ค้าเจริญ และ เยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2531. **การใช้มันสำปะหลังในอาหารสุกร เป็ด และไก่.** ชุมนุมสหกรณ์ผู้เลี้ยงสุกร จำกัด, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. **สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2550**. ศูนย์สารสนเทศ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพ ฯ.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2539. **การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์.** ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

_____. และ วราพันธุ์ จินตณวิชญ์. 2548. การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในกากมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในอาหารสัตว์ (โปรไบโอติก), น. 86-100. *ใน* **รายงานผลการดำเนินงานโครงการส่งเสริมใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทย ปี 2548.** ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

_____. 2550. กากแป้งมันสำปะหลังตัวช่วย ลดต้นทุน. **สุกรสาส์น** 33 (131): 31-34.

สุกัญญา ทิมทอง. 2546. ผลของกากมันสำปะหลังในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากของสุกรรุ่น-ขุน. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,** มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุนีย์ โชตินีรนาถ. 2539. การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากกากมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์และอัลทราฟิลเทรชัน. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท**, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เสกสม อาตมางกูร. 2550. ดร.เสกสม แนะคนเลี้ยง เร่งลดต้นทุน ช่วงข้าวโพดราคาแพง. **สัตว์เศรษฐกิจ** 24 (559): 14-17.

เสาวนิตย์ คูประเสริฐ. 2527. **อาหารสัตว์เบื้องต้น**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรวรรณ ชินราศรี. 2547. **เทคโนโลยีการผลิตสัตว์ปีก.** ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

อังคณา หาญบรรจง และ ดวงสมร สินเจิมศิริ. 2532. **การวิเคราะห์และการประเมินคุณภาพอาหารสัตว์.** ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุทัย คันโธ. 2529. **อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก.** ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

_____. และ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2545. **การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสุกรและสัตว์ปีก.** มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ และ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

_____. 2547. **การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ : ผลของการใช้และข้อมูลการวิจัยในประเทศไทย.** ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

_____, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ วิไลลักษณ์ ชาวอุทัย. 2540. **การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์.** มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ และ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

_____, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ วิภาสิริ เสตะรัตนานันต์. 2546. การใช้มันสำปะหลังและใบมันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพ และปริมาณโปรตีนในไก่ไข่. น. 192-202. *ใน* **รายงานผลการดำเนินงานโครงการส่งเสริมใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทย ปี 2546.** ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุทัย คันโธ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ ไพฑูรย์ มูลจิตร. 2548ก. การใช้กากแป้งมันสำปะหลังเป็นอาหารแม่สุกรอุ้มท้องและเลี้ยงลูก. น. 53-58. *ใน* **เรื่องเต็มการประชุมวิชาการครั้งที่ 43 (สาขาสัตว์ และอุตสาหกรรมการเกษตร)** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

_____, ชนินทร์ ติรวัฒนวานิช, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ ยอดขวัญ โค้วเจริญทรัพย์. 2548ข. การศึกษาผลการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารลูกสุกรหย่านม ต่อสรีรวิทยาทางเดินอาหารของลูกสุกร และต่อลักษณะสิ่งย่อยในระบบทางเดินอาหาร. น. 76-85. *ใน* **รายงานผลการดำเนินงานโครงการส่งเสริมใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทย ปี 2548.** ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

_____, ชนินทร์ ติรวัฒนวานิช, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ สรัสนันท์ สว่างคำ. 2548ค. การศึกษาผลการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารไก่ต่อการเพิ่มขึ้นของระบบภูมิต้านทานโรคแบบต่างๆ และภูมิต้านทานไข้หวัดนกของร่างกายไก่. น. 59-75. *ใน* **รายงานผลการดำเนินงานโครงการส่งเสริมใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทย ปี2548.** ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis.** 15th ed. Association of Official; Analytical Chemists, Inc., Virginia.

Belyavin, C.G. and A.G. Marangos. 1980. Natural products for egg yolk pigmentation, pp. 47-68. *In* W. Haresign and D.J.A. Cole, eds. **Recent Advance in Animal Nutrition**. Butterworths, London.

Bolhius, C.G. 1954. The toxicity of cassava roots. **Netherland J. Agric. Sci.** 2: 176-185.

Bruijn, B.H. 1973. The cyanogenic character of cassava (*Manihot esculenta*) , pp. 25-33. *In* **Proceeding of an Interdisciplinary Workshop**, Internatonal Development Research Center IDRC, Ottawa.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dirk, E. A. 1995. **Manufacturing Feed in 21st Century**. IMC-Agrico Feed Ingredients Bannockburn, Illinois.

Fox, H. M. and G. Vevers. 1960. **The Nature of Animal Colours.** Sidgwick and Jackson Ltd., London.

Gimeno, A. 2009 **Maximun tolerable concentrations of some mycotoxins.** 2009. Avialable Source: http://en.engormix.com/MA-mycotoxins/articles/maximun-tolerable-concentrations-some_1412.htm**,** February 4 , 2010.

Hughes, M. A., J. hughes, S. Liddle and Z.Keresztessy. 1994. Biochemistry and molecular biology of cyanogenesis, pp. 70. *In* กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีของแป้ง**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Khajarern, J., S. Khajarern, A. Sivapraphagon and L. Nandhapipat. 1982. A survey on the changes in chemical composition of cassava root products in Khon Kean region in 1980, pp. 22-29. *In* **KKU-IDRC cassava/Nutrition Project 1982.** Annual Report, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.

Lancaster, P.A., J.S. Ingram, M.Y. Lim and D.G. Coursey. 1982. Tradition cassava based food: survey of processing techniques. **Econ. Bot.** 36 (1): 12-45.

Nartey, F. 1973. Biosynthesis of cyanogenic glucosides in cassava (*Manihot* spp.), pp. 73-87. *In* **Chronic Cassava Toxicity. Proceeding of an Interdisciplinary Workshop**. London, England.

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, Khon Kaen.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Onwueme I.C. and W.B. Charles. 1994. **Tropical Root and Tuber Crops: Production, Perspectives and Future Prospects**. FAO Plant Production and Protection Paper. Rome, Italy.

Preston, R. L. 2002. **Typical composition of commonly used feeds for sheep and cattle. 2002**. Available Source: http:// www. vcn. vnn, November 24, 2007.

Stadelman, W.J. and O.J. Cotterill. 1995. **Egg Science and Technology**. 4th ed. The Haworth Press, Inc, New York.

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.

Voet, D. and J.G. Voet. 1995. **Biochemistry.** 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc, New York.

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.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์แป้ง

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง
2. กระดาษกรองเบอร์ 1 และ เบอร์ 40
3. กรวย (Funnel)
4. flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. HCl 25 เปอร์เซ็นต์
2. HCl 1.128 เปอร์เซ็นต์
3. Sodium Phosphotumgstate 4 เปอร์เซ็นต์

วิธีการหาค่า Blank

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ flask ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำ ประมาณครึ่ง flask เขย่าแรงๆ ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง
3. ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน
4. นำสารละลายที่ตกตะกอนมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ไปเปตสารละลายที่กรองได้ 50 มิลลิลิตร ใส่ flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

6. เติม HCl 25 เปอร์เซ็นต์ 2 มิลลิลิตร เขย่าแรงๆ

7. นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 15 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นให้ตัวอย่างเย็น ประมาณ 20 องศาเซลเซียส

8. เติม Sodium Phosphotumgstate 4 เปอร์เซ็นต์ 5 มิลลิลิตร

9. ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

10. กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

11. นำส่วนใส มาวัดค่า α'

การย่อยตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ flask 100 มิลลิลิตร

2. เติม HCl 1.128 เปอร์เซ็นต์ 25 มิลลิลิตร เขย่าแรงๆ และเติม HCl 1.128 เปอร์เซ็นต์ อีก 25 มิลลิลิตร เขย่าแรงๆ

3. นำไปต้มในน้ำเดือด 15 นาที (ทำเหมือนขั้นตอนที่ต้ม Blank ทุกประการ)

4. นำส่วนใสมาวัดค่า α

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคำนวณ

$$C = \frac{\alpha - \alpha'}{[\alpha]\ D\ 20° \times L} \times 100$$

α = ค่าที่วัดได้จากตัวอย่าง

α' = ค่าที่วัดได้จาก Blank

$[\alpha]\ D\ 20°$ = 184.0 (ใช้ค่าทั่วไป)

L = ความยาวหลอดวัด (dm.)

$$\text{เปอร์เซ็นต์แป้ง} = \frac{C \times 100}{W}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ปริมาณทราย

อุปกรณ์

1. เตาเผา (Muffle Furnance)
2. โถดูดความชื้น (Desiccator)
3. ถ้วยเผา (Crucible)
4. ตู้อบ (Oven)
5. เครื่องชั่ง
6. กรวย (Funnel)
7. Erlenmeyer flask
8. กระดาษกรองเบอร์ 40

สารเคมี

1. HCl 10 N
2. HCl 2 N

วิธีการ

1. หาน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยเผา (ล้างถ้วยเผาให้สะอาดนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550°-600°C นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก ทำจนได้น้ำหนักคงที่)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ชั่งตัวอย่างอาหารที่บดละเอียด ประมาณ 2-5 กรัม ใส่ลงในถ้วยเผา (ที่รู้น้ำหนักแน่นนอน)

3. นำไปเผาให้หมดควันบน Hot plate ในตู้ดูดควัน (Hood)

4. นำถ้วยเผาเข้าเผาต่อในเตาเผาที่มีอุณหภูมิ 550°-600°C นานประมาณ 5-12 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะได้เถ้าที่สมบูรณ์ ไม่มีส่วนที่เป็นสีดำเหลืออยู่ (ระยะเวลาที่ใช้เผาขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณตัวอย่าง)

5. นำถ้วยเผาใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

6. เติม HCl 10 N จำนวน 3-4 ml ลงไปในเถ้า นำไประเหยให้แห้งบน Hot plate โดยใช้ไฟอ่อนๆ (เพื่อกันการกระเด็นของกรด) นานประมาณ 1 ชั่วโมง

7. เติม HCl 2 N จำนวน 20-25 ml ต้มต่อไปนานประมาณ 5-10 นาที

8. นำมากรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 40 ใช้น้ำกลั่นที่ต้มให้ร้อนล้างตะกอนจนหมดกรด (ทดสอบดูโดยใช้กระดาษลิทมัส)

9. นำกระดาษกรองใส่ลงในถ้วยเผาใบเดิม อบให้แห้งในถ้วย และเผาให้หมดควันก่อนแล้วจึงนำไปเผาในเตาเผา 550°-600°C นาน 30 นาที นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก

ขั้นตอนการคำนวณ

$$\%AIA = \frac{(C - B) \times 100}{W}$$

C = น้ำหนักถ้วยเผา+AIA

B = น้ำหนักถ้วยเผา

W = น้ำหนักตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์หาความหนาแน่น

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง
2. Cylinder ขนาด 100 ml.
3. กระดาษทำเป็นกรวย

วิธีการ

1. นำ cylinder ขนาด 100 ml. มาวางบนเครื่องชั่ง
2. Set เครื่องชั่งให้มีค่าเท่ากับศูนย์
3. เทวัตถุดิบลงใน cylinder ขนาด 100 ml. จนได้ปริมาตร 100 ml. (ห้ามเขย่า)
4. ทำซ้ำ 2 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่างแล้วบันทึกค่าน้ำหนักที่ได้

ขั้นตอนคำนวณ

$$D\ (g/cm^3) = \frac{M}{V}$$

D = ความหนาแน่น
M = น้ำหนักตัวอย่าง
V = ปริมาตรของ cylinder

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์หามุมกอง

อุปกรณ์

ชุดอุปกรณ์สำหรับวัดค่ามุมกอง (แผ่นไม้อัดที่มีสเกลทั้งแนวตั้งและแนวนอน รอก เชือก แก้วหรือภาชนะทรงกระบอก)

วิธีการ

1. บรรจุตัวอย่างใส่ในแก้ว ที่ติดตั้งมากับอุปกรณ์
2. คว่ำแก้วลงบนพื้นของแผ่นไม้ ตรงตำแหน่งที่กำหนด
3. ดึงเชือกเพื่อให้รอกดึงแก้วขึ้น จนกระทั่งตัวอย่างกองอย่างอิสระบนพื้นไม้
4. วัดความสูงของกอง และมุมกองของตัวอย่าง

ขั้นตอนคำนวณ

$$\text{มุมกอง (องศา)} = \tan^{-1} \frac{\text{(ความสูงของกองตัวอย่าง)}}{\text{(เส้นผ่านศูนย์กลางของกองอาหาร/2)}}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนตลอดการทดลอง

วัน/เดือน/ปี	เช้า (7.00 น.)			เย็น (15.00 น.)		
	ตุ้มแห้ง (°C)	ตุ้มเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ตุ้มแห้ง (°C)	ตุ้มเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
9/6/2551	24	22	84	28	27	93
10/6/2551	25	24	92	27	25	85.5
11/6/2551	23	21	83.5	27	26	92.5
12/6/2551	24	23	92	30	29	93
13/6/2551	21	20	91.5	30	29	93
14/6/2551	23	22	92	30	28	86
15/6/2551	24	23	92	31	29	86
16/6/2551	24	23	92	29	28	93
17/6/2551	25	24	92	30	29	93
18/6/2551	24	23	92	32	31	93
19/6/2551	23	22	92	32	30	86
20/6/2551	25	24	92	30	29	93
21/6/2551	25	24	92	29	28	93
22/6/2551	23	21	83.5	29	28	93
23/6/2551	25	22	76	28	27	93
24/6/2551	24	22	84	28	26	86
25/6/2551	24	23	92	27	26	92.5
26/6/2551	23	22	92	29	28	93
27/6/2551	24	23	92	28	26	86
28/6/2551	25	24	92	29	27	86
29/6/2551	22	21	92	30	29	93
30/6/2551	21	20	91.5	28	27	93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	เช้า (7.00 น.)			เย็น (15.00 น.)		
	ตุ้มแห้ง (°C)	ตุ้มเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ตุ้มแห้ง (°C)	ตุ้มเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
1/7/2551	24	22	84	27	26	92
2/7/2551	25	23	84.5	26	24	85
3/7/2551	24	23	92	27	26	92
4/7/2551	25	24	92	27	26	92
5/7/2551	26	25	92	28	27	93
6/7/2551	24	23	92	27	26	92.5
7/7/2551	25	24	92	31	30	93
8/7/2551	25	24	92	30	29	93
9/7/2551	23	22	92	29	28	93
10/7/2551	24	23	92	29	27	86
11/7/2551	25	24	92	27	26	92.5
12/7/2551	25	24	92	28	27	93
13/7/2551	25	24	92	29	28	93
14/7/2551	24	23	92	27	26	92.5
15/7/2551	26	25	92	30	29	93
16/7/2551	23	21	83.5	31	29	86
17/7/2551	24	23	92	29	27	86
18/7/2551	22	21	92	29	28	93
19/7/2551	22	20	83	29	28	93
20/7/2551	21	20	91.5	30	29	93
21/7/2551	21	19	83.5	28	26	86
22/7/2551	22	20	83	30	29	93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	เช้า (7.00 น.)			เย็น (15.00 น.)		
	ตุ้มแห้ง (°C)	ตุ้มเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ตุ้มแห้ง (°C)	ตุ้มเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
23/7/2551	23	22	92	27	26	92.5
24/7/2551	24	23	92	27	26	92.5
25/7/2551	20	19	91	28	27	93
26/7/2551	22	21	92	31	29	86
27/7/2551	23	22	92	30	28	86
28/7/2551	25	24	92	30	29	93
29/7/2551	22	21	92	29	28	93
30/7/2551	21	20	91.5	29	27	86
31/7/2551	24	23	92	29	28	93
1/8/2551	25	24	92	29	28	93
2/8/2551	22	21	92	30	29	93
3/8/2551	21	20	91.5	27	26	92
4/8/2551	21	19	83.5	28	27	93
5/8/2551	21	20	91.5	27	26	92.5
6/8/2551	23	21	83.5	29	28	93
7/8/2551	24	23	92	29	28	93
8/8/2551	22	21	92	30	29	93
9/8/2551	25	24	92	28	27	93
10/8/2551	23	22	92	30	29	93
11/8/2551	23	22	92	29	28	93
12/8/2551	21	20	91.5	31	30	93
13/8/2551	24	23	92	28	27	93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	เช้า (7.00 น.)			เย็น (15.00 น.)		
	ตุ้มแห้ง (°C)	ตุ้มเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ตุ้มแห้ง (°C)	ตุ้มเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
14/8/2551	22	20	83	30	29	93
15/8/2551	22	21	92	31	30	93
16/8/2551	24	23	92	27	26	92
17/8/2551	23	21	83.5	30	29	93
18/8/2551	25	24	92	31	29	86
19/8/2551	22	21	92	28	27	93
20/8/2551	23	21	83.5	27	26	92
21/8/2551	21	20	91.5	29	28	93
22/8/2551	22	20	83	27	26	92.5
23/8/2551	21	20	91.5	28	27	93
24/8/2551	23	22	92	31	30	93
25/8/2551	23	22	92	30	29	93
26/8/2551	22	21	92	31	30	93
27/8/2551	20	19	91	30	29	93
28/8/2551	25	24	92	28	27	93
29/8/2551	22	21	92	31	30	93
30/8/2551	22	21	92	27	26	92
31/8/2551	25	23	84.5	28	27	93
1/9/2551	20	19	91	32	31	93
2/9/2551	22	21	92	31	30	93
3/9/2551	24	23	92	32	30	86
4/9/2551	20	19	91	32	31	93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	เช้า (7.00 น.)			เย็น (15.00 น.)		
	ตุ้มแห้ง (°C)	ตุ้มเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ตุ้มแห้ง (°C)	ตุ้มเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
5/9/2551	24	22	84	31	30	93
6/9/2551	22	21	92	29	28	93
7/9/2551	23	22	92	28	27	93
8/9/2551	20	19	91	27	26	92.5
9/9/2551	22	21	92	28	27	93
10/9/2551	23	22	92	27	26	92
11/9/2551	25	23	84.5	29	28	93
12/9/2551	24	22	84	31	30	93
13/9/2551	22	20	83	30	29	93
14/9/2551	20	19	91	28	27	93
15/9/2551	22	21	92	27	26	92.5
16/9/2551	23	21	83.5	29	28	93
17/9/2551	22	21	92	30	29	93
18/9/2551	24	23	92	28	27	93
19/9/2551	23	22	92	27	26	92.5
20/9/2551	22	21	92	29	28	93
21/9/2551	20	19	91	28	27	93
22/9/2551	22	21	92	27	26	92.5
23/9/2551	22	21	92	29	28	93
24/9/2551	24	23	92	30	29	93
25/9/2551	25	24	92	27	26	92.5
26/9/2551	22	21	92	28	27	93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	เช้า (7.00 น.)			เย็น (15.00 น.)		
	ตุ้มแห้ง (°C)	ตุ้มเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ตุ้มแห้ง (°C)	ตุ้มเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
27/9/2551	20	19	91	30	29	93
28/9/2551	22	21	92	31	30	93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นายสุเมธ ไตรพฤกษชาติ
เกิดวันที่	12 มิถุนายน พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดราชบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์)
	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
	ปี พ.ศ. 2549

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์