รหัสโครงการ SUT 3-303-55-12-28

รายงานการวิจัย

การใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับส่าเหล้าเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับสุกร

(The use of cassava pulp in combination with distiller's soluble as feed ingredients for pigs)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT 3-303-55-12-28

รายงานการวิจัย

การใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับส่าเหล้าเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับสุกร

(The use of cassava pulp in combination with distiller's soluble as feed ingredients for pigs)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผศ. ดร. สุทิศา เข็มผะกา

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ผู้ร่วมวิจัย

ดร. วิทธวัช โมพี

นายจักร์ โนจากุล

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

สิงหาคม 2557

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีปีงบประมาณ 2555 ขอขอบคุณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่เพื่อใช้ในงานทดลอง ขอขอบคุณ คุณจักร์ โนจากุล เจ้าหน้าที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้อำนวยความสะดวกในระหว่างการทำงานทดลอง และสุดท้ายขอขอบคุณ คุณณรงค์ ไชยสิทธิ์ และคุณสุภัทรา โอกระโทก ได้ทำหน้าที่ผู้ช่วยวิจัยและจัดทำรายงานฉบับนี้ด้วย

สุทิศา เข็มผะกา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

กากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีปริมาณมากถึงปีละ 2-3 ล้านตัน กากมันสำปะหลังมีแป้งเป็นองค์ประกอบอยู่สูงประมาณ 50-60% แต่มีลักษณะฟ่ามเป็นฝุ่น และมีความน่ากินต่ำ ส่วนน้ำกากส่าเหล้า เป็นผลผลิตที่เหลือจากโรงงานผลิตสุรา ยังมีโภชนะที่หลงเหลือจากกระบวนการกลั่นแต่มีความชื้นสูง (น้ำหนักแห้ง 7%) เป็นของเสียที่ยากต่อการกำจัดและก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม หากมีวิจัยเพื่อนำวัตถุดิบทั้งสองชนิดมาใช้เป็นอาหารสำหรับสุกรน่าจะสามารถเพิ่มแนวทางการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือและลดต้นทุนค่าอาหารได้ ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า ต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ และการผลิตแอมโมเนีย ในสุกรเล็ก รุ่น และขุน

ใช้สุกรลูกผสม 3 สาย (แลนด์เรช x ลาร์จไวท์ x ดูร็อค) น้ำหนักเฉลี่ย 16.3±1.92 กิโลกรัม จำนวน 100 ตัว (เพศผู้ตอน 50 ตัว และเพศเมีย 50 ตัว) โดยทำการสุ่มสุกรออกเป็น 5 กลุ่ม แต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็น 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 ตัว ทำการเลี้ยงจนกระทั่งสุกรมีน้ำหนักส่งตลาด ใช้แผนงานทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) อาหารทดลองมี 5 สูตร คือ 1) สูตรควบคุม 2) กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว 3) กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว 4) กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว และ 5) กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว ให้อาหารและน้ำแบบเต็มที่ตลอดการทดลอง

ผลการทดลอง พบว่ากากมันสำปะหลังสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารสุกรได้ถึงระดับ 30% เมื่อใช้ร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า 3-6% น้ำหนักตัว โดยการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 30% ร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า 3-6% น้ำหนักตัว สามารถเพิ่มประชากรจุลินทรีย์ *Lactobacillus* spp. ($P<0.05$) ได้ แต่ไม่มีผลเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ก่อโรค *E. coli* และการผลิตแอมโมเนีย การใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้าทุกระดับในช่วงสุกรเล็ก - รุ่น มีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่เมื่อพิจารณาตลอดช่วงการเลี้ยง (สุกรเล็ก - ขุน) มีเพียงการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 15% ร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัวเท่านั้น ที่มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่ากลุ่มควบคุม

ABSTRACT

Cassava pulp is a solid moist by-product of cassava starch processing factories of which at least 2-3 million tons of pulp is generated annually. Dried cassava pulp (DCP) contains starch content, approximately 50-60%, however, this pulp is bulky, dusty and is low in palatability. Distiller's soluble (DS) is a waste product from liquor distillery factory, this waste still retain some of the nutrients. The high moisture content (7% dry matter) of DS is difficult to eliminate and a source of environmental pollution. If both of the DCP and DS are investigated and used as feedstuff for pigs, it would increase the utilization of waste and also reduce feed cost. Therefore, this study was aimed to investigate the optimum levels of DCP in combination with DS on growth performance, carcass quality, microbial population changes and ammonia production in starter, grower and finisher pigs.

A total of one hundred cross bred (LRxLWxD) pigs (50 castrated male and 50 females) with an average initial body weight (BW) 16.3±1.92 kg were randomly allocated to 5 groups with 4 replicates (5 pigs/replicate) using Randomized Complete Block Design (RCBD). All pigs were raised until they reached market weight. Five experimental diets were 1) control 2) 15% DCP + DS at 3% body weight (BW) 3) 15% DCP + DS at 6% BW 4) 30% DCP + DS at 3% BW and 5) 30% DCP + DS at 6% BW. All pigs were provided feed and water *ad libitum* throughout the experimental period.

The results showed that DCP can be used as part of the energy source in pig diets at up to 30% when incorporated with DS at levels of 3-6% BW. Feeding diet containing 30% DCP in combination with DS at 3-6% BW significantly increased *Lactobacillus* spp. ($P<0.05$) but did not affect *E. coli* and ammonia production. Feed cost of starter - grower pig groups fed DCP in combination with DS at all levels were lower than the control. When considered over the whole period (starter - finisher), only in pig group fed 15% DCP with DS at 3% BW had a lower feed cost than the control.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
2.1 สถานการณ์การผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทย	4
2.2 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	6
2.3 กากมันสำปะหลัง (cassava pulp)	7
2.4 การใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์	9
2.5 น้ำกากส่าเหล้า (distiller's soluble)	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	21
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	28
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 สรุปผลการวิจัย	37
5.2 ข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม	38
ประวัติผู้วิจัย	43

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เนื้อที่เพาะปลูกและปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทย 5
ตารางที่ 2.2 ปริมาณพื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตมันสำปะหลังในแต่ละจังหวัด 6
ตารางที่ 2.3 ปริมาณส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของประเทศไทยในแต่ละปี 6
ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางโภชนะของกากมันสำปะหลัง 9
ตารางที่ 2.5 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกร 11
ตารางที่ 2.6 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกรต่อคุณภาพซาก 12
ตารางที่ 2.7 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับสัตว์ปีก 13
ตารางที่ 2.8 องค์ประกอบทางโภชนะของน้ำกากส่าเหล้าที่ผลิตจากกากน้ำตาล 15
ตารางที่ 2.9 คุณค่าทางโภชนะของส่าเหล้าแห้งที่ได้จากแหล่งผลิตต่าง ๆ ในประเทศไทย 15
ตารางที่ 2.10 ผลการวิเคราะห์กรดอะมิโนในส่าเหล้าแห้ง น้ำกากส่าเหล้า และกากน้ำตาล 16
ตารางที่ 2.11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินเกลือแร่ในน้ำกากส่าเหล้าและกากน้ำตาล 17
ตารางที่ 2.12 ผลของการใช้ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแอลกอฮอล์ต่อสมรรถนะ
การเจริญเติบโตของสุกร และไก่เนื้อ 19
ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารสุกรเล็ก
(น้ำหนัก 15-30 กิโลกรัม) 24
ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของอาหารสุกรรุ่น
(น้ำหนัก 30-60 กิโลกรัม) 25
ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารสุกรขุน
(น้ำหนัก 60-100 กิโลกรัม) 26
ตารางที่ 4.1 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า
ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรเล็ก รุ่น และขุน 30
ตารางที่ 4.2 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้าต่อลักษณะซากของสุกร 32
ตารางที่ 4.3 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า ต่อการเปลี่ยนแปลง
ประชากรจุลินทรีย์ และปริมาณแอมโมเนีย ในลำไส้ส่วนซีกัม
และมูลของสุกรขุน (น้ำหนัก 100 กิโลกรัม) 34
ตารางที่ 4.4 ราคา และต้นทุนค่าอาหารที่ใช้เพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ในสุกรเล็ก รุ่น และขุน 36

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 เนื้อที่เพาะปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย 3
ภาพที่2.2 กรรมวิธีการผลิตแป้งมันสำปะหลัง 8
ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน 10

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกแป้งมันสำปะหลังเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก แต่ละปีจะมีกากมันสำปะหลังซึ่งเป็นเศษเหลือจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังประมาณ 2-3 ล้านตัน กากมันสำปะหลังที่ได้ส่วนใหญ่จะถูกนำไปตาก/ผึ่งแดด หรืออบให้แห้งแล้วนำไปเป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคเนื้อ และโคนม เนื่องจากกากมันสำปะหลังแห้งดังกล่าวยังมีโภชนะหลงเหลืออยู่ (แป้ง 53.55% เถ้า 2.83% เยื่อใย 13.59% และไขมัน 0.13% ของน้ำหนักแห้ง) (Khempaka et al., 2009) ส่วนน้ำกากส่าเหล้า หรือน้ำกากส่า (distiller's soluble) เป็นผลผลิตเหลือที่เกิดจากโรงงานผลิตสุรา น้ำกากส่าเหล้าถือว่าเป็นปัญหาหลักในการกำจัดของเสียจากอุตสาหกรรมดังกล่าว เนื่องจากน้ำกากส่าเหล้ามีความชื้นสูง มีวัตถุแห้งเพียงร้อยละ 7 แต่อย่างไรก็ตามน้ำกากส่าเหล้ายังมีโภชนะที่หลงเหลือจากกระบวนการกลั่น (โปรตีน 16.60% เถ้า 21.8% เยื่อใย 0.6% ไขมัน 0.20% และ NFE 60.8% ของน้ำหนักแห้ง) (อุทัย, 2526) รวมถึงยังมีเซลล์ยีสต์ที่ตายแล้วเป็นองค์ประกอบอยู่ หากมีการศึกษาและวิจัยเพื่อนำวัตถุดิบทั้งสองชนิดมาใช้เป็นอาหารสำหรับสุกรน่าจะสามารถเพิ่มแนวทางการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือ รวมถึงน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนค่าอาหารได้

อย่างไรก็ตามทั้งกากมันสำปะหลังและน้ำกากส่าเหล้า ต่างก็มีข้อจำกัดในการนำไปใช้ประโยชน์ โดยพบว่าในกากมันสำปะหลัง มีเยื่อใยเป็นองค์ประกอบสูง และมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่ต่ำ มีความฟ่าม และเป็นฝุ่นสูง ส่วนน้ำกากส่าเหล้ามีความชื้นที่สูง ยากต่อการกำจัดก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งทั้งกากมันสำปะหลังและน้ำกากส่าเหล้าเป็นของเสียที่เกิดขึ้นเป็นปริมาณมากในเขตจังหวัดนครราชสีมา โดยเฉพาะน้ำกากส่าเหล้าที่ได้จากโรงกลั่นสุราขนาดเล็กซึ่งมีจำนวนหลายโรงด้วยกันในเขตพื้นที่นี้ ส่วนใหญ่โรงงานสุราเหล่านี้ยังมีระบบกำจัดน้ำเสียที่ไม่ดีพอ ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะ รบกวนเพื่อนบ้าน และชุมชนข้างเคียง ถึงแม้ว่าน้ำกากส่าเหล้าบางส่วนจะนำไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับปลูกข้าวและมันสำปะหลัง แต่น้ำเสียเหล่านี้ยังมีอีกเป็นจำนวนมากที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ และรอการกำจัดอย่างถูกวิธี ดังนั้นหากมีการนำกากมันสำปะหลังและน้ำกากส่าเหล้ามาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับสุกรเพื่อเสริมข้อด้อยซึ่งกันและกัน ก็น่าจะเป็นการเพิ่มช่องทางการใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบทั้งสองชนิดได้มากขึ้น

จากการรวบรวมเอกสารการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกร วริยา และคณะ (2553) รายงานว่า กากมันสำปะหลังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบพลังงานในสูตรอาหารสุกรอนุบาลที่

ระดับ 15% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต ในขณะที่ นุจิรา และคณะ (2553) ซึ่งได้ศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังในรูปอาหารอัดเม็ดที่ระดับ 10% ในสูตรอาหารสุกรอนุบาล พบว่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ด้อยกว่ากลุ่มสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ส่วนนารีรัตน์ และคณะ (2552) รายงานว่ากากมันสำปะหลังสามารถใช้ในอาหารสุกรเล็ก รุ่น และขุน ได้ถึง 30% แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับของเยื่อใยรวมในอาหารด้วย อย่างไรก็ตามเยื่อใยในกากมันสำปะหลังอาจสามารถเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ และลดจุลินทรีย์ก่อโรคได้ (ลัดดาวัลย์, 2557) สำหรับการใช้ส่าเหล้าในอาหารสุกร พบว่ามีการนำมาใช้ทั้งในรูปของส่าเหล้าแห้ง และน้ำส่าเหล้า โดยอำนวยและคณะ (2551) รายงานว่า การใช้น้ำกากส่าเหล้าที่ระดับ 3% ของน้ำหนักสุกรสามารถเพิ่มสมรรถนะการผลิต และการเจริญของวิลไลได้ ส่วนอภิชัย (2527) รายงานว่า ส่าเหล้าแห้งสามารถใช้ได้ถึงระดับ 20% ในสูตรอาหารสุกร

ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาหาแนวทางการใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลัง และน้ำกากส่าเหล้า โดยทำการศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรหรือผู้ประกอบสูตรอาหารสัตว์ ในการตัดสินใจเลือกใช้วัตถุดิบทั้งสองชนิดที่เหมาะสมกับสภาพการผลิตของตน อีกทั้งยังเป็นการนำเศษเหลือที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของกากมันสำปะหลังและน้ำกากส่าเหล้าได้อีกแนวทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า ต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ และการผลิตแอมโมเนีย ในสุกรเล็ก รุ่น และขุน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะนำกากมันปะหลังมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารร่วมกับน้ำกากส่าเหล้าในสูตรอาหารสำหรับสุกรเล็ก รุ่น และขุน โดยศึกษาผลต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก ประชากรจุลินทรีย์ และการผลิตแอมโมเนีย

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของการวิจัย

เนื่องจากกากมันสำปะหลังยังมีโภชนะต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบอยู่ ดังนั้นกากมันสำปะหลังน่าจะสามารถนำมาใช้เลี้ยงสุกรได้ แต่อย่างไรก็ตาม กากมันสำปะหลังมีโปรตีนเป็น

องค์ประกอบที่ต่ำและมีเยื่อใยเป็นองค์ประกอบที่สูง นอกจากนี้ยังฟ่ามและเป็นฝุ่น ส่วนน้ำกากส่าเหล้าถึงแม้จะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่สูง แต่ในขณะเดียวกันก็มีความชื้นที่สูงยากต่อการทำให้แห้ง ดังนั้นการนำวัตถุดิบทั้งสองชนิดมาใช้ร่วมกัน น่าจะส่งเสริมและลดข้อด้อยซึ่งกันและได้ ซึ่งท้ายที่สุดน่าจะสามารถเพิ่มแนวทางการใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังและน้ำกากส่าเหล้าได้มากขึ้น

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้วัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใหม่ สำหรับใช้ในอาหารสุกร เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ หรือเมื่อวัตถุดิบหลักมีราคาแพง
2. ทราบถึงระดับที่เหมาะสมในการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้าเพื่อเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับสุกร
3. เพิ่มแนวทางการใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังและน้ำกากส่าเหล้าได้มากขึ้น ช่วยกำจัดของเสีย และลดมลภาวะสู่สิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์การผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทย

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยซึ่งในแต่ละปีมีปริมาณการผลิตจำนวนมาก จากพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังทั้งหมดของประเทศประมาณ 7 - 8 ล้านไร่ และสามารถผลิตหัวมันสำปะหลังสดได้ประมาณ 21 - 30 ล้านตันต่อปี มีผลผลิตเฉลี่ย 3.0 - 3.7 ตันต่อไร่ต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่สำหรับเพาะปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดในประเทศไทย (ภาพที่ 2.1) ในปี 2555 มีเนื้อที่เพาะปลูกมันสำปะหลัง 4,366,997 ไร่ คิดเป็น 55% ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด โดยเฉพาะจังหวัดนครราชสีมามีพื้นที่ในการเพาะปลูก และผลผลิตมันสำปะหลังมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับจังหวัดอื่น โดยปี 2556 มีการคาดการณ์ว่าจังหวัดนครราชสีมาจะมีพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังประมาณ 1,771,765 ไร่ สามารถผลิตหัวมันสำปะหลังสดได้ประมาณ 6,236,613 ตัน (ตารางที่ 2.2)

หัวมันสำปะหลังสดจะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น มันเส้น (cassava chips) มันอัดเม็ด (cassava pellets) แป้งมันสำปะหลัง (cassava flour) และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะนำมาใช้ประโยชน์ทั้งภายในประเทศ และส่งออกต่างประเทศในรูปแบบต่าง ๆ (ตารางที่ 2.3) โดยประเทศไทยนั้นมีการส่งออกผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลก และปริมาณการผลิตยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี นอกจากนี้ในแต่ละปีผลผลิตของมันสำปะหลังประมาณ 45% จะถูกนำมาผลิตแป้งมันสำปะหลัง และจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะมีเศษเหลือประมาณ 10 - 15% ของหัวมันสำปะหลังสด (Sriroth et al., 2000) มาจากการล้าง การปอกเปลือก และการสกัดแป้ง ซึ่งประกอบด้วย น้ำทิ้ง เศษดินและทราย เปลือกมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง (cassava pulp) ประมาณ 3 - 6% ของปริมาณเศษเหลือทั้งหมด

มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารที่เหมาะสมสำหรับการใช้เลี้ยงสัตว์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งคุณค่าทางโภชนะของมันสำปะหลังประกอบด้วย แป้ง 70 - 80% เถ้า 3 - 5% โปรตีน 2.5% เยื่อใย 3 - 3.5% และไขมัน 0.5% โดยมันสำปะหลังส่วนใหญ่มีสารประกอบจำพวกแป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายจึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานสำหรับสัตว์กระเพาะเดี่ยว แป้งในมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นแป้งอ่อน (soft starch) ทำให้สัตว์สามารถย่อยได้เร็ว เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งอ่อนจะดูดซับน้ำไว้ในโมเลกุลได้อย่างรวดเร็วทำให้เอนไซม์อะไมเลส (amylase) ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ย่อยแป้งได้เร็วขึ้นส่งผลดีต่อตัวสัตว์ เพราะสัตว์จะเกิดความเครียดจากการย่อยอาหารน้อยลง นอกจากนี้มันสำปะหลังมีการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรา เช่น อะฟลาทอกซิน และ

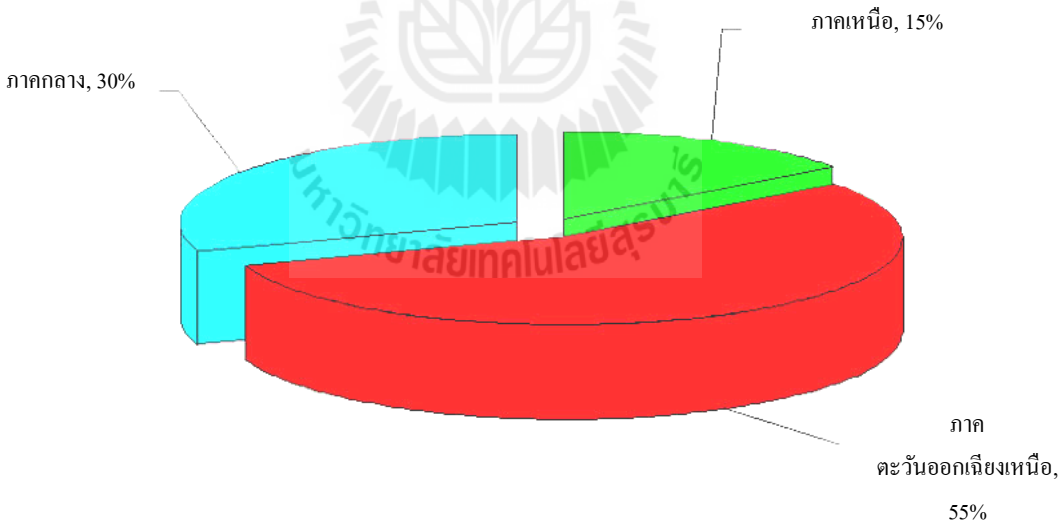
ซีรา ลีโนนในปริมาณที่น้อยหรือไม่มีเลยเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพด เนื่องจากมันสำปะหลังไม่เป็นอาหารที่ดีสำหรับเชื้อ *Aspergillus flavus* ทำให้มีโอกาสสร้างอะฟลาทอกซินน้อย (อุทัย และสุกัญญา, 2527; สาโรช, 2547)

ตารางที่ 2.1 พื้นที่ปลูกและปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทย

ประจำปี	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ (ตัน)	ผลผลิตหัวมันสด (ตัน)
2555/56*	7,905,056	3.485	27,547,242
2554/55	7,911,323	3.362	26,601,090
2553/54	7,096,173	3.088	21,912,416
2552/53	7,302,839	3.013	22,005,740
2551/52	8,292,146	3.628	30,088,024
2550/51	7.397,098	3.401	25,155,797
2549/50	7,201,243	3.668	26,411,233

หมายเหตุ : * ตัวเลขผลสำรวจของคณะสำรวจมันสำปะหลัง 4 สมาคม

ที่มา : มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย (2555)



ภาพที่ 2.1 เนื้อที่เพาะปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณพื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตมันสำปะหลังในแต่ละจังหวัด

จังหวัด	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)		ผลผลิตหัวมันสด (ตัน)	
	ปี 2554/55	ปี 2555/56	ปี 2554/55	ปี 2555/56
นครราชสีมา	1,759,167	1,771,765	5,982,857	6,236,613
บุรีรัมย์	200,978	199,308	683,524	665,689
ชัยภูมิ	368,864	393,574	1,227,857	1,358,617
สุรินทร์	58,812	59,519	184,906	188,497
ขอนแก่น	209,088	201,354	655,484	668,697
ศรีสะเกษ	108,584	108,366	365,921	392,285
อุบลราชธานี	209,828	222,949	677,736	755,797

ที่มา : มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย (2555)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของประเทศไทยในแต่ละปี

ประจำปี	มันเส้น (ตัน)	มันอัดเม็ด (ตัน)	แป้งมันสำปะหลัง (ตัน)
2549/50	3,867,625	1,365,622	1,961,096
2550/51	1,263,729	2,021,591	2,127,110
2551/52	2,887,275	300,818	2,120,408
2552/53	5,137,317	235,250	2,603,115
2553/54	3,268,213	31,224	2,493,412
2554/55	4,453,061	48,988	2,784,961

ที่มา : มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย (2555)

2.2 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้หลายชนิด เช่น แป้งมันสำปะหลัง มันเส้น และมันอัดเม็ด เป็นต้น โดยส่วนใหญ่หัวมันสำปะหลังสดที่ผลิตได้ในประเทศไทยจะนำมาแปรรูปเป็นแป้งมันสำปะหลัง จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะเกิดผลพลอยได้คือ เปลือก ราก และกากมันสำปะหลัง สำหรับกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสลัดแห้ง (ภาพที่ 2.2) มีขั้นตอนดังนี้ (กรมโรงงงานอุตสาหกรรม, 2551)

1. การเตรียมหัวมันสำปะหลังและการทำความสะอาด

การนำหัวมันสำปะหลังสดส่งไปยังเครื่องร่อนที่มีตะแกรงสำหรับร่อนดิน และทราย จากนั้นหัวมันสำปะหลังจะถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องล้าง (root washer) เพื่อทำความสะอาด ล้าง

ฝุ่นหรือดินที่ติดอยู่บนหัวมันออกด้วยการใช้น้ำฉีด หัวมันสำปะหลังที่สะอาดจะถูกส่งเข้าเครื่องสับเพื่อทำให้มีขนาดเล็กลง และหัวมันสำปะหลังขนาดเล็กจะผ่านไปยังเครื่องโม่ (rasper) ในระหว่างการโม่มีการเติมน้ำเพื่อให้การโม่ง่ายขึ้นซึ่งจะได้เป็นของเหลวที่ผสมแป้ง น้ำ กากมันสำปะหลัง และสิ่งเจือปน อื่น ๆ

2. การสกัดแป้ง

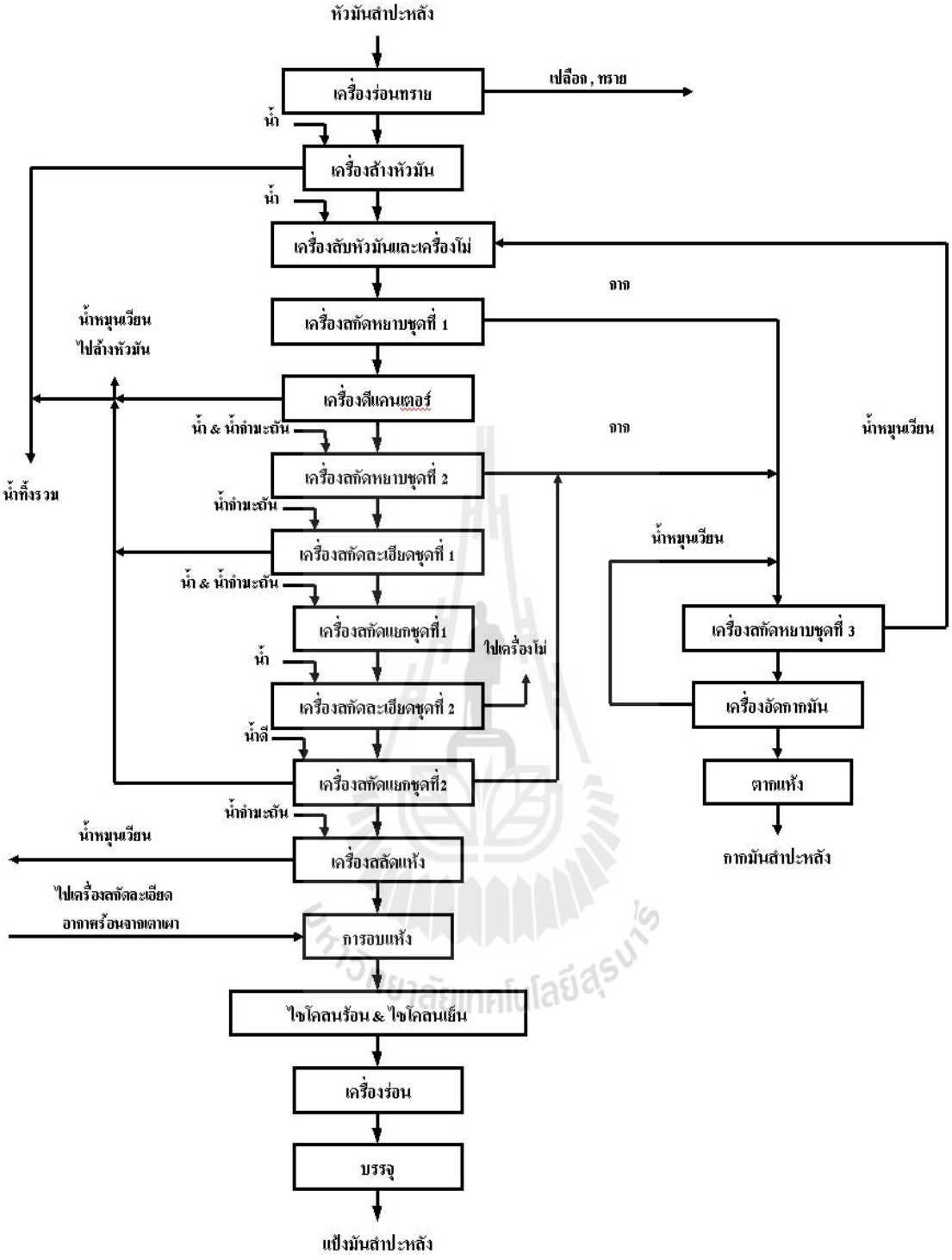
ของเหลวข้นที่ได้จะเข้าเครื่องดีแคนเตอร์ซึ่งเป็นการแยกน้ำที่มีโปรตีน และไขมันออกจากเนื้อแป้ง จากนั้นน้ำแป้งจะผ่านมาที่เครื่องสกัดแป้งที่แยกเป็น 2 ชุด คือ เครื่องแยกหยาบ (coarse extractor) และเครื่องแยกละเอียด (fine extractor) เพื่อแยกเอากากมันสำปะหลังออกจากน้ำแป้งจะได้น้ำแป้งที่ข้น

3. การทำให้แป้งแห้งและการบรรจุผลิตภัณฑ์

การส่งน้ำแป้งที่ได้เข้าสู่เครื่องเหวี่ยงเพื่อแยกน้ำออกจากแป้ง และพ่นแป้งเข้าสู่ท่อไอร้อน (ลมร้อนประมาณ 200 ºC) ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้แป้งแห้งเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อป้องกันการรวมตัวของแป้งเป็นเม็ดจะได้แป้งมัน และปล่อยลงสู่เครื่องร่อนแป้งก่อนทำการบรรจุต่อไป

2.3 กากมันสำปะหลัง (cassava pulp)

กากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตรที่ได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีปริมาณมากในแต่ละปี ในการผลิตแป้งมันสำปะหลังถ้าใช้หัวมันสำปะหลังสด 100% จะได้กากมันสำปะหลังประมาณ 11.1% (เยาวมาลย์ และสาโรช, 2543) องค์ประกอบทางโภชนะของกากมันสำปะหลังอาจมีความแตกต่างกัน เนื่องมาจากความผันแปรของคุณภาพของหัวมันสำปะหลังในแต่ละภูมิภาค สายพันธุ์ ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้เพาะปลูก อายุการเก็บเกี่ยว ฤดูกาล และวิธีการสกัดแป้ง จึงทำให้โภชนะของกากมันสำปะหลังมีสัดส่วนที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางโภชนะของกากมันสำปะหลังในแต่ละแหล่งมีความแตกต่างกันไม่มาก เนื่องจากแต่ละโรงงานมีเทคโนโลยีในการสกัดแป้งมันสำปะหลังที่ทันสมัยไม่ต่างกัน โดยกากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแป้งประมาณ 50 - 60% จึงสามารถนำกากมันสำปะหลังไปใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานสำหรับสัตว์ได้ ในกากมันสำปะหลังมีโปรตีนที่ต่ำประมาณ 2 - 3% และมีเยื่อใยสูงประมาณ 14% ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.4



ภาพที่ 2.2 กรรมวิธีการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

ที่มา : เสริมศักดิ์ (2546)

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางโภชนะของกากมันสำปะหลัง

Starch	Dry matter	Ash	Protein	Fat	Fiber	P	Ca	References
53.55	93.22	2.83	1.98	0.13	13.59	0.05	0.10	Khempaka et al. (2009)
47.96	88.66	4.50	2.69	0.39	14.75	0.02	0.57	ยุวเรศ และคณะ (2550)
47.97	88.66	5.73	3.42	0.50	14.75	-	-	ปรีดา และคณะ (2552)
50.20	89.12	5.32	2.35	0.53	14.57	-	-	สุเมธ และคณะ (2552)
-	89.51	4.91	2.68	0.25	14.38	0.33	0.24	*

หมายเหตุ : * วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3.1 โครงสร้างของแป้งในกากมันสำปะหลัง

กากมันสำปะหลังส่วนใหญ่จะนำมาทำให้แห้งแล้วนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เนื่องจากมีโภชนะหลงเหลืออยู่ซึ่งประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตหรือแป้งเป็นหลัก โครงสร้างของแป้งในกากมันสำปะหลังประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 2.3

1.อะไมโลส (amylose) เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นประกอบด้วยสายของกลูโคสขนาด 1,000 หน่วยที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4 glucosidic linkage โดยเกาะกันเป็นเส้นตรงไม่แตกกิ่งก้านสาขา และมีลักษณะเป็นเส้นเกลียว เมื่อทำปฏิกิริยากับไอโอดีนจะเกิดสีน้ำเงิน

2.อะไมโลเพคติน (amylopectin) เป็นพอลิแซคคาร์ไรด์ที่มีโครงสร้างแขนงประกอบด้วยพอลิเมอร์เชิงเส้นของกลูโคสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4 glucosidic linkage และจะแตกแขนงในทุก ๆ 20 - 30 หน่วยกลูโคส พอลิเมอร์เชิงเส้นของกลูโคส 12 - 23 หน่วยเชื่อมกันด้วยพันธะ α-1,6 glucosidic linkage เมื่อทำปฏิกิริยากับไอโอดีนจะเกิดสีแดงม่วง

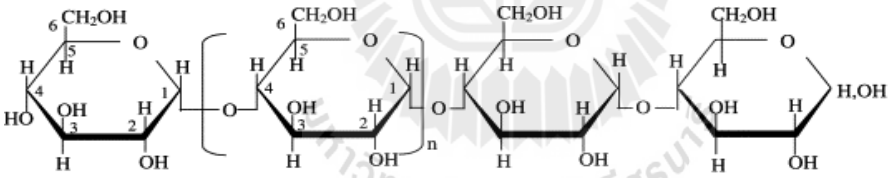
2.4 การใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์

2.4.1 การใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกร

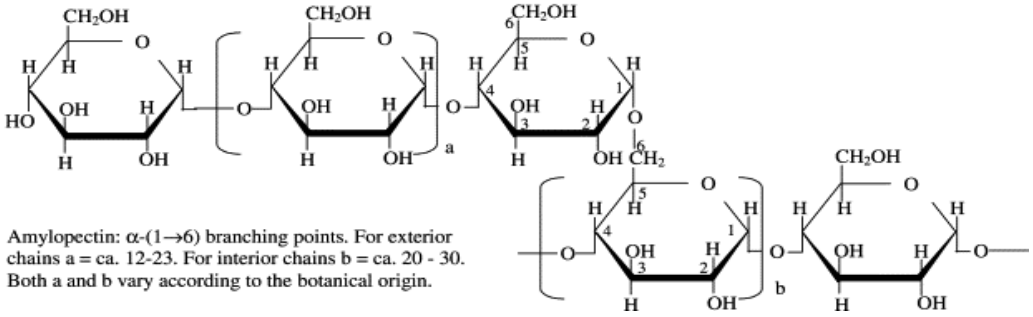
จากการรวบรวมเอกสาร พบว่ากากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบทางโภชนะที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ เนื่องจากมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตหรือแป้งเหลืออยู่ประมาณ 50-60% และมีปริมาณไซยาไนด์เท่ากับ 16.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นระดับที่ปลอดภัยในการนำมาใช้ประกอบสูตรอาหารสัตว์ (ยุวเรศ และคณะ, 2550) การใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกรได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.5 วริยา และคณะ (2552) รายงานว่า กากมันสำปะหลังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบพลังงานในสูตรอาหารสุกรอนุบาลที่ระดับ 15% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต ในขณะที่ นุจิรา และคณะ (2553) ซึ่งได้ศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังในรูปอาหารอัดเม็ดที่ระดับ 10% ในสูตรอาหารสุกรอนุบาล พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยกว่ากลุ่มสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ส่วนนารีรัตน์ และคณะ (2552) รายงานว่ากากมันสำปะหลังสามารถใช้ในอาหารสุกรเล็ก รุ่น และขุน ได้ถึง 30% แต่ทั้งนี้

ขึ้นอยู่กับระดับของเยื่อใยรวมในอาหาร นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้กากมันสำปะหลังไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพซาก แต่มีแนวโน้มเพิ่มเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และลดความหนาไขมันสันหลัง (ตารางที่ 2.5)

กากมันสำปะหลังประกอบด้วย neutral detergent fiber (NDF) 36.7%, acid detergent fiber (ADF) 9.8% และ acid detergent lignin (ADL) 3.9% โดยเยื่อใยจัดอยู่ในกลุ่มของเฮมิเซลลูโลส ซึ่งเป็นเยื่อใยชนิดไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) สัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ เยื่อใยชนิดนี้มีผลเร่งการเคลื่อนตัวของอาหารภายในลำไส้ โดยเยื่อใยจะเกิดการพองตัวในน้ำเหมือนฟองน้ำ ทำให้อาหารไม่มีความหนืดจึงเคลื่อนที่ผ่านลำไส้ได้เร็ว ดังนั้นสุกรที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบมากเกินไป อาจทำให้ digesta มีความหนืดต่ำ มีการไหลผ่านในทางเดินอาหารเร็ว ส่งผลให้อัตราการย่อย การดูดซึม และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะลดลง (Sarikhan et al., 2010; Tang et al., 2012) นอกจากนี้เยื่อใยในสูตรอาหารที่สูงเกินไปมีผลในการลดประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ในทางเดินอาหาร โดยไปขัดขวางการย่อย และการดูดซึมของโภชนะอื่น ๆ ด้วย (Jimenez – Moreno et al., 2010) อีกทั้งกากมันสำปะหลังมีลักษณะฟ่าม เบาฝุ่น ทำให้สัตว์รู้สึกอิ่มเร็ว และความเป็นฝุ่นของกากมันอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองแก่นัยน์ตาและระบบทางเดินหายใจได้ อีกทั้งสัตว์มีความจุของกระเพาะจำกัดจึงอาจได้รับโภชนะจากอาหารไม่เพียงพอกับความต้องการเพื่อการเจริญเติบโตที่ดีตามปกติได้ (สาโรช, 2547; Jordan, 1983)



Amylose: α-(1→4)-glucan; average n = ca. 1000. The linear molecule may carry a few occasional moderately long chains linked α-(1→6).



Amylopectin: α-(1→6) branching points. For exterior chains a = ca. 12-23. For interior chains b = ca. 20 - 30. Both a and b vary according to the botanical origin.

ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน

ที่มา : Tester et al. (2004)

ตารางที่ 2.5 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกร

Age (weeks)	Treatment	FI (g/d)	ADG (g/d)	FCR	References
4-9	0% Cassava pulp	685	376	1.83	วริยา และ คณะ (2553)
	10% Cassava pulp	663	360	1.84	
	20% Cassava pulp	659	361	1.83	
	30% Cassava pulp	654	354	1.86	
11-15	0% Cassava pulp	1790	707	2.53	นารีรัตน์ และ คณะ (2552)
	10% Cassava pulp	1776	721	2.46	
	20% Cassava pulp	1642	697	2.30	
	30% Cassava pulp	1644	686	2.32	
15-21	0% Cassava pulp	2813	804	3.50	
	10% Cassava pulp	2696	790	3.46	
	20% Cassava pulp	2656	726	3.65	
	30% Cassava pulp	2557	721	3.56	
21-24	0% Cassava pulp	3264	587	5.55	
	10% Cassava pulp	3056	546	5.59	
	20% Cassava pulp	2934	520	5.63	
	30% Cassava pulp	2952	514	5.74	
11-24	0% Cassava pulp	2,657	720	3.69	
	10% Cassava pulp	2,585	710	3.64	
	20% Cassava pulp	2,561	685	3.72	
	30% Cassava pulp	2,461	680	3.70	
4	0% Cassava pulp	586[a]	322[a]	1.83	นุจิรา และ คณะ (2553)
	10% Cassava pulp	540[b]	267[b]	2.03	

หมายเหตุ [a,b] อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 2.6 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกรต่อคุณภาพซาก

Ingredient	Cassava pulp levels (%)				P-value
	Control	10	20	30	
Final weight, kg	96.43	95.98	91.41	91.23	0.33
Back fat, mm	11.81	11.79	10.88	10.83	0.07
Lean, %	57.68	58.76	59.78	59.53	0.06

ที่มา : นารีรัตน์ และคณะ (2552)

2.4.2 การใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสัตว์ปีก

ผลของการใช้กากมันสำปะหลังเพื่อเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสำหรับสัตว์ปีก ดังแสดงในตารางที่ 2.7 จากการศึกษาของยุวเรศ และคณะ (2550) และ Khempaka et al. (2009) พบว่ากากมันสำปะหลังสามารถใช้ในสูตรอาหารไก่เนื้อได้ 8 - 10% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต แต่การใช้กากมันสำปะหลังในระดับที่มากเกินไป อาจส่งผลกระทบต่อการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ เนื่องจากกากมันสำปะหลังมีปริมาณเยื่อใยที่สูง นอกจากนี้ผลการศึกษาของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ พบว่าสามารถใช้ได้ที่ระดับ 15-20% โดยไม่มีผลกระทบต่อการกินได้ ผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่ แต่มีผลต่อค่าคะแนนสีของไข่แดง โดยไข่แดงจะมีสีซีดลงตามระดับของกากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (ยุวเรศ และคณะ, 2550; ลัดดาวัลย์, 2557; Chauynarong et al., 2010) อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มระดับการใช้กากมันสำปะหลังที่สูงขึ้นเป็น 20 และ 30% ในสูตรอาหารไก่ไข่ พบว่าผลผลิตไข่ลดลง เนื่องจากที่ระดับนี้อาหารมีความหนาแน่นต่ำ สามารถไหลผ่านในทางเดินอาหารได้เร็ว จึงส่งผลกระทบต่อการกินได้ และผลผลิตไข่ (Chauynarong et al., 2010)

ตารางที่ 2.7 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับสัตว์ปีก

Treatment	BW (g)	FI (g/b/d)	FCR	Egg production (%)	Egg weight (g)	Yolk Color	References
Broilers (45 d)							ยุวเรศ และ
Control	2756	106.69	1.75	-	-	-	คณะ (2550)
5% Cassava pulp	2697	105.39	1.76	-	-	-	
10% Cassava pulp	2678	105.34	1.77	-	-	-	
Broilers (42 d)							Khempaka et
Control	2422[a]	108.71	2.03	-	-	-	al. (2009)
4% Cassava pulp	2411[a]	112.02	2.11	-	-	-	
8% Cassava pulp	2347[a]	113.93	2.23	-	-	-	
12% Cassava pulp	2149[b]	94.02	1.99	-	-	-	
16% Cassava pulp	2051[b]	89.36	1.99	-	-	-	
Laying hen (60 wk)							ยุวเรศ และ
Control	-	122.67	-	83.86	69.55	6.77[a]	คณะ (2550)
5% Cassava pulp	-	122.39	-	84.02	69.66	6.05[b]	
10% Cassava pulp	-	121.77	-	83.72	69.74	5.26[c]	
15% Cassava pulp	-	121.36	-	84.03	69.47	4.34[d]	

หมายเหตุ : [a - d] Means in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.5 น้ำกากส่าเหล้า (distiller's Soluble)

น้ำกากส่าเหล้า เป็นของเหลือจากกระบวนการกลั่นสุรา ซึ่งแต่เดิมการผลิตสุราจะใช้ข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบ อย่างไรก็ตามปัจจุบันนิยมใช้กากน้ำตาล (molasses) เป็นวัตถุดิบในการผลิตสุรา เนื่องจากว่าข้าวเหนียวมีราคาสูงกว่ากากน้ำตาล โดยกระบวนการผลิตจะนำเอากากน้ำตาล (molasses) ซึ่งเป็นผลิตผลเหลือจากโรงงานน้ำตาลมาเจือจางด้วยน้ำ 3 เท่าหรือเจือจางให้มีความหวานประมาณ 16-18% แล้วจึงใส่เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisise* โดยใช้เวลาหมักประมาณ 48-72 ชั่วโมง จากนั้นเข้าสู่กระบวนการกลั่น จะได้แอลกอฮอล์ประมาณ 8–10% โดยปริมาตรส่วนที่เหลือทิ้งจากกระบวนการกลั่น คือ น้ำกากส่าเหล้า ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวสีดำคล้ายกากน้ำตาลและเซลล์ยีสต์ที่ตายแล้ว ทำให้โรงงานผลิตสุราต้องบำบัดก่อนทิ้งไป หรือนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรต่าง ๆ เช่น นำไปใช้เป็นปุ๋ย เนื่องจากว่าน้ำกากส่ามีสารประกอบ N: P: K = 4: 1: 3 โดยน้ำกากส่าปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร จะให้กากส่าแห้ง 20-30 กิโลกรัม (สมหวัง, 2549) นอกจากนี้ยังสามารถใช้เลี้ยงสัตว์ เพราะมีความหวาน และกลิ่นหอมจากกากน้ำตาล แต่อย่างไรตามน้ำกากส่าเหล้ามีความชื้นสูงและการนำไปทำให้แห้งต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกากส่าได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.8 นอกจากนี้แล้วน้ำกากส่าที่ได้จากแหล่งผลิต หรือกระบวนการผลิตที่ต่างกันจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกันด้วยดังแสดงในตารางที่ 2.9-2.11 ซึ่งสิ่งเหล่านี้เกิดจากวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนผสม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.8 องค์ประกอบทางโภชนะของน้ำกากส่าเหล้าที่ผลิตจากกากน้ำตาล

	Nutrients (%, dry matter)								References
	DM	CP	CF	Ash	EE	NFE	Ca	P	
กากส่าเหล้า	88.68	16.27	2.01	12.38	-	69.34	1.24	0.23	อุทัย (2526)
ตะกอนก้นถังหมัก	10.60	25.70	0.80	12.10	0.30	61.10	-	-	อุทัย (2526)
น้ำกากส่าเหล้า	10.67	1.25	0.25	3.33	1.64	82.86	0.80	0.01	สุนทรีพร (2550)
น้ำกากส่าเหล้า	11.45	1.56	0.13	0.02	-	-	-	-	*

หมายเหตุ : * วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ (F3) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.9 คุณค่าทางโภชนะของส่าเหล้าแห้งที่ได้จากแหล่งผลิตต่าง ๆ ในประเทศไทย

Sources	Nutrients (%)								
	DM	CP	CF	Ash	Fat	NFE	Ca	P	GE (Kcal/Kg)
1. โรงงานบางยี่ขัน 2	25.00	17.79	1.15	1.87	15.02	64.17	0.90	0.35	4,282
2. โรงงานบางยี่ขัน 2	65.00	20.37	0.71	-	40.13	38.79	1.00	0.40	3,591
3. กากมันเอทานอล	84.15	23.01	1.73	29.89	10.08	34.89	0.40	0.72	4,333
4. สุวรรณฟาร์ม	90.99	9.53	1.11	5.57	23.01	60.78	1.16	0.34	3,343
5. สุวรรณฟาร์ม (โรงงานพืชผล)	85.56	12.20	0.48	2.02	18.12	67.18	0.74	0.26	4,137
6. ทงหยู	85.61	15.76	1.24	3.40	20.10	59.43	0.91	0.32	3,846

ที่มา: อภิชัย (2527)

ตารางที่ 2.10 ผลการวิเคราะห์กรดอะมิโนในส่าเหล้าแห้ง น้ำกากส่าเหล้า และกากน้ำตาล

กรดอะมิโน (%)	กากส่าเหล้า[1]	น้ำกากส่าเหล้า[2]	กากน้ำตาล[2]
Aspartic acid	1.035	0.033	0.552
Serine	0.415	0.008	0.042
Glutamine	1.457	0.011	0.209
Glycine	0.400	0.005	0.030
Histidine	0.143	-	0.012
Arginine	0.385	0.004	0.013
Threonine	0.395	0.006	0.020
Alanine	0.45	0.014	0.081
Cystine	-	0.006	0.003
Tyrosine	0.06	0.003	0.008
Valine	0.572	0.004	0.044
Methionine	0.211	0.001	0.006
Lysine	0.321	0.006	0.007
Isoleusine	0.444	0.004	0.019
Leusine	0.683	0.004	0.019
Phenylalanine	0.458	0.002	0.012
B-alanine	0.075	-	-
Proline	0.340	-	-

หมายเหตุ: [1]อภิชัย (2527); [2]สุนทรีพร (2550)

ตารางที่ 2.11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินเกลือแร่ในน้ำกากส่าเหล้าและกากน้ำตาล

สารอาหาร	น้ำกากส่าเหล้า	กากน้ำตาล
N (%)	0.08	0.55
P (%)	0.01	0.07
K (%)	0.81	1.69
Ca (%)	0.17	0.37
Cl (%)	0.71	1.90
Mg (%)	0.13	0.37
SO_4 (%)	0.12	0.98
Se (%)	2.02	0.39
Mn (mg/kg)	44.52	56.13
Fe (mg/kg)	71.89	112.62
Cu (mg/kg)	0.15	2.20
As (mg/kg)	6.95	21.56
Thiamine ,B1 (mg/kg)	3.00	0.80
Riboflavin, B2 (mg/kg)	1.40	2.50
Alcohol (%)	0.30	-
Total Sugar (%)	1.55	76.60

ที่มา: สุนทรีพร (2550)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลการใช้น้ำกากส่าเหล้าในอาหารสัตว์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสัตว์

จากการรวบรวมเอกสารการใช้ส่าเหล้าเลี้ยงสัตว์ (ตารางที่ 2.12) อภิชัย (2527) ได้ศึกษาหาระดับการใช้กากส่าเหล้าแห้งที่เหมาะสมในสูตรอาหารสำหรับสุกร (0, 10, 20 และ 30%) พบว่า สุกรที่ได้รับกากส่าเหล้าแห้งที่ระดับ 10 และ 20% มีอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ส่วนเอกณรินทร์ และคณะ (2550) ทำการศึกษาการทดแทนปลายข้าวด้วยส่วนผสมของกากมันสำปะหลังกับกากตะกอนเบียร์ในอาหารสุกรระยะรุ่น-ขุน พบว่ากากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์สามารถใช้แทนปลายข้าวได้ 100% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต อำนวยและคณะ (2551) ศึกษาหาระดับการใช้น้ำกากส่าเหล้าที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสุกร (น้ำกากส่าเหล้าระดับ 1, 2 และ 3% ของน้ำหนักตัว) พบว่าสามารถใช้น้ำกากส่าเหล้าได้ถึงระดับ 3% น้ำหนักตัว โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต นอกจากนี้สุนทรีพร (2550) ได้ศึกษาการใช้กากส่าเหล้าผสมกับมันสำปะหลังบด พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับมันสำปะหลัง 30% ร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า 3% มีน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด อย่างไรก็ตามน้ำกากส่าเหล้ามีความชื้นสูง และต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงในการทำให้แห้งก่อนนำไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นหากมีการนำวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น มันสำปะหลังหรือกากมันสำปะหลังมาใช้ร่วมกับน้ำกากส่า น่าจะสามารถเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.12 ผลของการใช้ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแอลกอฮอล์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกร และไก่เนื้อ

Treatment	Body weight (kg)	ADG (g/d)	FCR	FI (kg/d)	Reference
ควบคุม	15-60	656.0	2.29^{A}	1.49^{A}	อภิชัย
10% ส่าเหล้าแห้ง		681.0	2.34^{A}	1.59^{B}	(2527)
20% ส่าเหล้าแห้ง		651.0	2.44^{AC}	1.58^{B}	
30% ส่าเหล้าแห้ง		640.0	2.56^{BC}	1.64^{B}	
ควบคุม	60-90	758.0	2.81^{a}	2.08	
10% ส่าเหล้าแห้ง		741.0	2.89^{a}	2.12	
20% ส่าเหล้าแห้ง		769.0	2.83^{b}	2.16	
30% ส่าเหล้าแห้ง		714.0	3.06^{b}	2.21	
ควบคุม	15-90	684.0	2.51^{A}	1.71^{A}	
10% ส่าเหล้าแห้ง		701.0	2.56^{A}	1.79^{A}	
20% ส่าเหล้าแห้ง		693.0	2.60^{A}	1.80^{A}	
30% ส่าเหล้าแห้ง		665.0	2.77^{B}	1.84^{B}	
ควบคุม	40-100	944	2.34	2.200	เอกนรินทร์
กากมัน + กากตะกอนเบียร์แทนปลายข้าว 50%		1029	2.34	2.340	และคณะ (2550)
กากมัน + กากตะกอนเบียร์แทนปลายข้าว 75%		912	2.34	2.090	
กากมัน + กากตะกอนเบียร์แทนปลายข้าว 100%		922	2.36	2.160	

$^{A, B, C}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางที่ระดับความเชื่อมั่น ($p<0.01$)

$^{a, b, c}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางที่ระดับความเชื่อมั่น ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.12 ผลของการใช้ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแอลกอฮอล์ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรและไก่เนื้อ (ต่อ)

Treatment		ADG (g/d)	FCR	FI (g/d)	Reference
ควบคุม	สุกรขุน	643.33	3.03	1.971	อำนวยและ
น้ำส่าเหล้า 1% น้ำหนักตัว	เพศผู้ตอน	671.00	2.90	1.940	คณะ (2551)
น้ำส่าเหล้า 2% น้ำหนักตัว		650.66	3.17	2.082	
น้ำส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว		662.66	2.89	1.936	
ควบคุม		654.66[a]	2.99	1.982	
ควบคุม	สุกรขุน	632.00	3.09	1.839	
น้ำส่าเหล้า 1% น้ำหนักตัว	เพศเมีย	746.00	2.89	2.080	
น้ำส่าเหล้า 2% น้ำหนักตัว		682.66	3.01	2.012	
น้ำส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว		799.33	2.83	2.240	
เฉลี่ย		715.00[b]	2.95	2.043	
		Body weight (g)	FCR	FI (g/h)	
มันสำปะหลังบด 30 % + กากน้ำตาล 3%		1,600.59[b]	1.94[bc]	3,024.26[b]	สุนทรีพร (2550)
มันสำปะหลังบด 30% + น้ำกากส่าเหล้า 3%	ไก่เนื้อ (0-42 วัน)	1,864.47[a]	1.68[a]	3,015.96[b]	
อาหารผสมมันอัดส่า 15 %		1,563.45[b]	1.82[bc]	2,755.55[a]	
อาหารผสมมันอัดส่า 30 %		1,576.64[b]	1.94[bc]	2,965.50[b]	
อาหารผสมมันอัดส่า 45%		1,562.37[b]	2.06[c]	3,113.52[b]	

[a-c] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางที่ระดับความเชื่อมั่น ($p<0.05$)

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าในอาหารสุกร ยังมีข้อมูลการศึกษาน้อย จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาเพื่อเพิ่มทางเลือกของผู้เลี้ยงสัตว์ในการเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้งสองชนิด รวมทั้งยังเป็นการนำเศษเหลือที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพิ่มการพึ่งพาตนเองของคนในท้องถิ่น และเป็นการประยุกต์ใช้เศรษฐกิจพอเพียงได้อีกแนวทางหนึ่ง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลัง ร่วมกับน้ำกากส่าเหล้าในสูตรอาหารสุกรเล็ก รุ่น และขุน โดยทำการวัดผลจากสมรรถนะการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก นอกจากนี้จากการรวบรวมเอกสาร พบว่าเยื่อใยจากวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิด เช่น เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง รำข้าวสาลี และกากข้าวโพดที่ได้จากการผลิตเอทานอล สามารถเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ในลำไส้ และลดแอมโมเนียในมูลของไก่ไข่ได้ (Roberts et al., 2007) กากมันสำปะหลังต่างก็มีเยื่อใยที่สูงเช่นเดียวกับวัตถุดิบดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงทำการวัดผลของการใช้กากสำปะหลังร่วมกับน้ำกากน้ำกากส่าเหล้าต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ เช่น *E. coli* และ *Lactobacillus* spp. และการผลิตแอมโมเนียในมูลด้วย เพื่อหวังผลว่าการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้าอาจมีบทบาทสำคัญในการลดกลิ่นแอมโมเนียจากโรงเรือนสุกร ซึ่งเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในปัจจุบัน

3.1 สัตว์ทดลอง

ใช้ลูกสุกรลูกผสม 3 สาย (แลนด์เรช x ลาร์ช์ไวท์ x ดูร็อค) น้ำหนักเฉลี่ย 16.3±1.92 กิโลกรัม จำนวน 100 ตัว (เพศผู้ 50 ตัว และเพศเมีย 50 ตัว) โดยทำการสุ่มสุกรออกเป็น 5 กลุ่ม แต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็น 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 ตัว เลี้ยงแบบแยกเพศ ทำการเลี้ยงจนกระทั่งสุกรมีน้ำหนักส่งตลาดคือที่ประมาณ 90-100 กิโลกรัม ใช้แผนงานทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยให้อาหารและน้ำแบบเต็มที่

3.2. อาหารทดลอง

เป็นการทดสอบการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า ในสูตรอาหารสุกร อาหารทดลองทั้งหมดคำนวณให้มีระดับของโปรตีนและพลังงานเท่ากัน ตามคำแนะนำของ NRC (1998) อาหารทดลองที่ใช้มีการปรับเปลี่ยนตามการเจริญเติบโตของสุกรซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 อาหารสำหรับสุกรในระยะเล็ก (อายุ 7-10 สัปดาห์) ระยะที่ 2 อาหารสำหรับสุกรในระยะรุ่น (10-17 สัปดาห์) และระยะที่ 3 อาหารสำหรับสุกรในระยะขุน (16-25 สัปดาห์) (ตารางที่ 3.1-3.3) ซึ่งอาหารทดลองแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ประกอบด้วย

สูตรที่ 1 อาหารสูตรพื้นฐาน (ควบคุม)

สูตรที่ 2 กากมันสำปะหลัง 15% ในสูตรอาหาร + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว

สูตรที่ 3 กากมันสำปะหลัง 15% ในสูตรอาหาร + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว

สูตรที่ 4 กากมันสำปะหลัง 30% ในสูตรอาหาร + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว
สูตรที่ 5 กากมันสำปะหลัง 30% ในสูตรอาหาร + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว

3.3 การเก็บข้อมูล

1) ศึกษาสมรรถนะการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก

ชั่งน้ำหนักและปริมาณอาหารที่กินเมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละระยะ เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองในระยะสุดท้ายของการทดลอง ทำการสุ่มสุกรซ้ำละ 1 ตัว เพื่อวัดคุณภาพซากสุกร และความความหนาของไขมันสันหลัง โดยตำแหน่งวัดไขมันสันหลัง มี 3 จุด กระดูกซี่โครงซี่แรก กระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย และกระดูกสันหลังช่วงบั้นเอว (lumbar vertebra) ข้อสุดท้าย แล้วหาค่าเฉลี่ยของความหนาไขมันทั้ง 3 จุด

อัตราการเจริญเติบโต (Average daily gain, ADG

$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}}$$

ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (Average daily feed intake; ADFI)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

น้ำหนักที่เพิ่มต่อปริมาณอาหารที่กิน (Gain per feed; G:F)

$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}$$

เปอร์เซ็นต์ซาก

$$= \frac{\text{น้ำหนักซากตัดหัวและเอาอวัยวะภายในออกทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักสุกรมีชีวิตก่อนชำแหละ}} \times 100$$

2) ศึกษาปริมาณการผลิตแอมโมเนีย และการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในซีกัม

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการสุ่มเก็บมูลสดจากสุกรทุกกลุ่มการทดลอง บรรจุในถุงพลาสติกเพื่อนำไปวัดหาปริมาณแอมโมเนียตามวิธีการของ Willis et al. (1996)

ส่วนประชากรจุลินทรีย์ *E. coli* และ *Lactobacillus spp.* จากซีกัม จะเก็บตัวอย่างจากสุกรชุดเดียวกันกับที่ใช้ในการวัดคุณภาพซาก การเก็บตัวอย่างทุกขั้นตอนต้องทำอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์จากในอากาศ แช่ตัวอย่างทั้งหมดในน้ำแข็ง นำเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ โดยชั่งตัวอย่างมูล 1 กรัม เจือจางตัวอย่างด้วยน้ำเกลือ 0.85% ปริมาณ 9 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้ความเจือจาง (Dilution) เบื้องต้น 1:10 และทำการเจือจางลงลำดับละ 10 เท่าจนได้ระดับที่ต้องการ แล้วทำไปเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อคัดเลือกเฉพาะ (Selective medium) เพื่อคัดเลือกจุลินทรีย์ที่ต้องการให้เจริญได้เท่านั้นโดยนำตัวอย่างของเหลวมาตรวจนับเชื้อต่างๆ ในอาหารดังต่อไปนี้

E. coli เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Mac CONKEY – Agar (MCK agar) บ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

Lactobacillus spp. เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Lactobacillus MRS Broth (MRS Broth) บ่มในสภาพไร้ออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

เมื่อได้ระยะเวลาการบ่มเชื้อตามที่กล่าวมาแล้ว จากนั้นจึงนำเชื้อจากจานเลี้ยงเชื้อมานับจำนวนประชากรจุลินทรีย์ โดยจำนวนโคโลนีที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี

3.4 การวิเคราะห์ทางเคมี

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในวัตถุดิบและอาหารสัตว์ (ความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมันเยื่อใย แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ตามวิธีการของ AOAC (1990)

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ตามการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan' new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (2010)

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารสุกรเล็ก (น้ำหนัก 15-30 กิโลกรัม)

Ingredients and analyses, %	Experimental diets[1]				
	Control	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4
Broken rice	46.67	26.71	25.80	7.62	6.68
Full fat soybean	31.00	34.58	34.75	38.00	38.20
Fish meal (60% CP)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Cassava pulp	0	15.00	15.00	30.00	30.00
Rice bran	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Distiller's soluble	0	0.45	0.90	0.45	0.90
Skimmed milk	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Palm oil	0	0.93	1.22	1.59	1.87
Salt	0.20	0.22	0.22	0.24	0.24
DL-Methionine	0.08	0.09	0.09	0.1	0.11
L-Lysine	0.15	0.12	0.12	0.10	0.10
Monocalcium phosphate (P21)	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
Premix	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Mycotoxin binder	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Antibiotic (amoxy)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Calculated composition (%)					
ME, kcal/ kg	3,348	3,347	3,347	3,347	3,347
Methionine + Cystine	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
Lysine	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Available Phosphorus	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Analyzed composition (%)					
Dry matter	90.48	86.08	89.27	88.48	86.32
Crude protein	20.13	21.81	21.24	21.35	21.71
Crude fiber	4.28	5.66	5.64	7.06	7.04

[1] Control = อาหารสูตรควบคุม; Diet 1 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำส่ากากเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 2 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว; Diet 3 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 4 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของอาหารสุกรรุ่น (น้ำหนัก 30-60 กิโลกรัม)

Ingredients and analyses, %	Experimental diets[1]				
	Control	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4
Broken rice	57.22	36.72	34.90	18.05	16.25
Soybean meal (44% CP)	21.00	23.98	24.26	26.65	26.92
Fish meal (60% CP)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Cassava pulp	0	15.00	15.00	30.00	30.00
Rice bran	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Distiller's soluble	0	0.90	1.80	0.90	1.80
Palm oil	0	1.63	2.26	2.63	3.26
Salt	0.20	0.22	0.23	0.25	0.25
DL-Methionine	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
L- Lysine	0.09	0.06	0.06	0.04	0.04
Dicalcium phosphate	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Premixes	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Antibiotic (amoxy)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Calculated composition (%)					
ME, kcal/ kg	3,221	3,221	3,221	3,221	3,221
Methionine + Cystine	0.73	0.74	0.74	0.73	0.73
Lysine	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Available phosphorus	0.63	0.64	0.64	0.65	0.65
Analyzed composition (%)					
Dry matter	90.27	86.82	86.71	86.85	86.21
Crude protein	19.59	19.95	20.33	19.95	20.66
Fiber	4.44	6.27	6.33	7.68	7.80

[1] Control = อาหารสูตรควบคุม; Diet 1 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำส่ากากเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 2 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว; Diet 3 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 4 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารสุกรขุน (น้ำหนัก 60-100 กิโลกรัม)

Ingredients and analyses, %	Experimental diets[1]				
	Control	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4
Broken rice	57.34	35.05	31.43	16.43	12.79
Soybean meal (44% CP)	15.50	18.75	19.34	21.40	22.00
Fish meal (60% CP)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Cassava pulp	0	15.00	15.00	30.00	30.00
Rice bran	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Distiller's soluble	0	1.80	3.60	1.80	3.60
Palm oil	0	2.25	3.50	3.23	4.48
Salt	0.45	0.48	0.48	0.50	0.50
DL-Methionine	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04
L-Lysine	0.15	0.12	0.11	0.1	0.09
Dicalcium phosphate	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Premixes	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Calculated composition (%)					
ME (kcal/kg)	3,222	3,222	3,222	3,221	3,221
Met + Cys	0.68	0.68	0.67	0.68	0.67
Lysine	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Available phosphorus	0.63	0.64	0.64	0.65	0.65
Analyzed composition					
Dry matter	90.74	87.18	86.69	89.23	88.59
Crude protein	17.67	18.43	18.46	18.12	17.34
Fiber	5.06	6.56	6.73	7.81	7.74

[1] Control = อาหารสูตรควบคุม; Diet 1 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำส่ากากเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 2 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว; Diet 3 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 4 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว

3.6 สถานที่ทำการทดลอง

1. ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์อาคารเครื่องมือ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. งานสัตว์ปีก ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.7 ระยะเวลาทำการทดลอง

ใช้ระยะเวลาในการศึกษา 1 ปี โดยเริ่มจากเดือนพฤษภาคม 2555 – กันยายน 2556 ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ (F3) อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรเล็ก รุ่น และขุน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยสุกรที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร คือ 1) สูตรควบคุม 2) กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว 3) กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว 4) กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว และ 5) กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว มีอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงอายุ ($P>0.05$) โดยสุกรเล็ก มีค่าเท่ากับ 0.60, 0.66, 0.66, 0.59 และ 0.62 กิโลกรัมต่อวัน; 0.95, 1.03, 1.01, 0.92 และ 0.97 กิโลกรัมต่อวัน และ 0.63, 0.64, 0.65, 0.64 และ 0.64 ตามลำดับ สุกรรุ่น มีค่าเท่ากับ 0.67, 0.66, 0.61, 0.63 และ 0.63 กิโลกรัมต่อวัน; 1.67, 1.72, 1.65, 1.76 และ 1.82 กิโลกรัมต่อวัน และ 0.40, 0.37, 0.37, 0.36 และ 0.35 ตามลำดับ สำหรับสุกรระยะขุน มีค่าเท่ากับ 0.89, 0.86, 0.84, 0.89 และ 0.78 กิโลกรัมต่อวัน; 2.12, 2.06, 2.11, 2.19 และ 2.19 กิโลกรัมต่อวัน และ 0.44, 0.42, 0.39, 0.40 และ 0.36 ตามลำดับ โดยสมรรถนะการผลิตตั้งแต่สุกรระยะเล็กถึงขุน พบว่ามีค่า 0.74, 0.73, 0.71, 0.71 และ 0.69 กิโลกรัมต่อวัน; 4.74, 4.81, 4.76, 4.87 และ 4.97 กิโลกรัมต่อวัน และ 0.44, 0.42, 0.41, 0.40 และ 0.38 ตามลำดับ

โดยภาพรวม การใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 15 และ 30% ร่วมกับน้ำกากส่าเหล้าที่ระดับ 3 และ 6% ของน้ำหนักตัว มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรเล็ก รุ่น และขุน ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นโดยเบื้องต้นว่าทั้งกากมันสำปะหลังและน้ำกากส่าเหล้าซึ่งเป็นผลพลอยได้จากท้องถิ่นสามารถใช้ทดแทนปลายข้าวได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตลอดช่วงการเลี้ยง อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารตลอดช่วงการเลี้ยง มีค่าลดลงตามระดับกากมันสำปะหลังและน้ำกากส่าเหล้าที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากกากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง จึงส่งผลให้อาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ มีลักษณะฟ่ามเบา เป็นฝุ่นฟุ้ง และมีความน่ากินลดลง ถึงแม้ว่าการเสริมน้ำกากส่าเหล้าเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยจะเห็นได้จากปริมาณการกินอาหารของสุกรในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณการกินได้ยังมีข้อจำกัดจากความจุของกระเพาะอาหาร จึงอาจส่งผลให้สุกรได้รับสารอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เพื่อการเจริญเติบโตที่ดีตามปกติได้ ดังนั้นการใช้กากมันสำปะหลังควรพิจารณาระดับเยื่อใยทั้งหมดในสูตรอาหารสุกรด้วย เพราะเยื่อใยในอาหารที่สูงมากเกินไปจะกระทบต่อการย่อยได้ของโภชนะ

เยื่อใยในกากมันสำปะหลัง ส่วนใหญ่เป็นเยื่อใยชนิดไม่ละลายน้ำ เยื่อใยดังกล่าวมีคุณสมบัติดูดน้ำระหว่างที่อยู่ในทางเดินอาหาร ทำให้อาหารมีความถ่วงจำเพาะสูง และไม่มีความหนืด อาหารมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้น เอนไซม์ที่คัดหลั่งจากทางเดินอาหารของสัตว์ย่อยอาหารได้ไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้การย่อยได้ของโภชนะลดลง (Rangilal et al., 1995) Jorgensen et al. (1996) รายงานว่า อาหารที่มีเยื่อใยระดับสูง จะส่งผลให้การย่อยได้ และค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ลดลงตามปริมาณเยื่อใยที่เพิ่มสูง ทั้งนี้ปริมาณเยื่อใยในอาหารสำหรับสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่ควรเกิน 5% (Pond et al., 2005) นอกจากนี้ Bowland (1972) รายงานว่าการเลี้ยงสุกรด้วยอาหารที่มีเยื่อใยเกิน 5% จะส่งผลให้การย่อยได้ของโภชนะลดลง นารีรัตน์ และคณะ (2552) รายงานว่าการเพิ่มระดับของกากมันสำปะหลังในอาหาร ทำให้เยื่อใยในอาหารสูงขึ้นจากอาหารกลุ่มควบคุม 1-1.5% ในทุกระยะการทดลอง ส่งผลให้สุกรมีแนวโน้มที่จะกินอาหารได้ลดลง และมีอัตราการเจริญเติบโตที่มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ในไก่เนื้อสามารถใช้กากมันสำปะหลังได้ประมาณ 8% การใช้ในระดับที่สูงขึ้น มีผลทำให้การย่อยได้และใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะลดลง ซึ่งปัจจัยหลักมาจากเยื่อใยในกากมันปะหลัง (Khempaka et al., 2009) ในขณะที่ Suriyawong et al. (2012) รายงานว่าการใช้กากมันสำปะหลังเสริมด้วยเอนไซม์ไซลาเนส สามารถเพิ่มระดับการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารไก่เนื้อได้ถึง 16% สอดคล้องกับ Khempaka et al. (2014) รายงานว่า การหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* สามารถเพิ่มระดับการใช้ในอาหารไก่เนื้อได้ถึง 16% ทั้งนี้เนื่องจากทั้งเอนไซม์ไซลาเนสและกระบวนการหมักกากมันด้วยสำปะหลังด้วยเชื้อจุลินทรีย์ ต่างก็มีบทบาทสำคัญในย่อยสลายเยื่อใย ส่งผลให้อาหารมีความฟ่ามลดลง มีความน่ากินเพิ่มขึ้น รวมถึงยังสามารถปลดปล่อยสารอาหารต่างๆ ที่อยู่ภายในผนังเซลล์ออกมาได้ด้วย ดังนั้นถึงแม้ว่าการใช้น้ำกากส่าเหล้าจะช่วยเพิ่มความน่ากินของกากมันสำปะหลังได้ระดับหนึ่ง แต่ยังมีปัจจัยที่สำคัญ คือ เยื่อใยที่ยังขัดขวางการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะอยู่ โดยการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 15 และ 30% ส่งผลให้มีเยื่อในอาหารสุกรเล็ก รุ่น และขุน มีเยื่อใยใยประมาณ 7 และ 10% ตามลำดับ อีกทั้งจะเห็นได้ว่าการใช้น้ำกากส่าเหล้าในระดับ 6% น้ำหนักตัว มีแนวโน้มลดสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ที่ระดับ 3% น้ำหนักตัว

ตารางที่ 4.1 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรเล็ก รุ่น และขุน

Performance	Treatments[1]					Pooled SEM	P -value
	Control	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4		
Number of pens	4	4	4	4	4		
Initial weight, kg	15.87	15.92	15.88	15.98	15.91	0.339	0.999
Final weight, kg	102.50	100.91	98.11	93.34	95.96	4.334	0.848
Starter period (15-30 kg)							
FI, kg/d	0.95	1.03	1.01	0.92	0.97	0.100	0.208
ADG, kg/d	0.60	0.66	0.66	0.59	0.62	0.032	0.205
G:F	0.63	0.64	0.65	0.64	0.64	0.022	0.950
Growing period (30-60 kg)							
FI, kg/d	1.67	1.72	1.65	1.76	1.82	0.141	0.520
ADG, kg/d	0.67	0.66	0.61	0.63	0.63	0.022	0.847
G:F	0.40	0.37	0.37	0.36	0.35	0.022	0.118
Finishing period (60-100 kg)							
FI, kg/d	2.12	2.06	2.11	2.19	2.19	0.055	0.975
ADG, kg/d	0.89	0.86	0.84	0.89	0.78	0.045	0.723
G:F	0.44	0.42	0.39	0.40	0.36	0.032	0.399
Over all (15-100 kg)							
FI, kg/d	4.74	4.81	4.76	4.87	4.97	0.091	0.959
ADG, kg/d	0.74	0.73	0.71	0.71	0.69	0.022	0.847
G:F	0.44	0.42	0.41	0.40	0.38	0.022	0.073
Mortality rate (%)	2.50	2.50	1.25	1.25	2.50	1.369	0.905

หมายเหตุ: [a,b] ตัวอักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[1] Control = อาหารสูตรควบคุม; Diet 1 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำส่ากากเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 2 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว; Diet 3 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 4 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว

การศึกษาคุณภาพซาก พบว่าลักษณะที่เกี่ยวกับคุณภาพซาก คือ เปอร์เซ็นต์ซาก และความหนาไขมันสันหลัง (ตารางที่ 4.2) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยสุกรที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร คือ 1) สูตรควบคุม 2) กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว 3) กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว 4) กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว และ 5) กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว มีเปอร์เซ็นต์ซาก เท่ากับ 77.70, 76.41, 75.19, 75.22 และ 72.17% ตามลำดับ ความหนาไขมันสันหลังเท่ากับ 18.36, 17.84, 20.34, 16.93 และ 20.40 มิลลิเมตร ตามลำดับ

จากการรวบรวมเอกสารงานวิจัยอื่น ๆ สุกัญญา (2546) รายงานว่าการทดลองใช้กากมันสำปะหลังในอาหารระดับ 0, 10, 25 และ 30% พบว่าคุณภาพซากในส่วนของเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ความยาวซาก และ ความหนาไขมันสันหลังไม่แตกต่างกัน ซึ่งให้ผลในทางเดียวกันกับนารีรัตน์และคณะ (2552) ซึ่งได้ทำการศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารเล็ก รุ่น และขุน ที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30% พบว่าสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซากในส่วนของเปอร์เซ็นต์ซาก ความหนาไขมันสันหลัง และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงในแต่ละสูตรการทดลองไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน นอกจากนี้อนุชา (2544) รายงานว่าการใช้มันสำปะหลังที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100% ในสูตรอาหารเพื่อทดแทนข้าวโพดในสุกรระยะรุ่น-ขุน พบว่าคุณภาพซากในส่วนของเปอร์เซ็นต์ซาก ความยาวซาก ความหนาไขมันสันหลัง และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงไม่มีความแตกต่างกัน

อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้ ถึงแม้ว่าการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำส่าเหล้าไม่มีความแตกต่างทั้งในด้านสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากในทุกกลุ่มการทดลอง (P>0.05) แต่จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการใช้อาหารและเปอร์เซ็นต์ซากของสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลัง 30% ร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว มีแนวโน้มค่อนข้างต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ๆ ซึ่งสาเหตุยังไม่ทราบแน่ชัด อาจเป็นได้ว่าน้ำกากส่าเหล้ามีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างต่ำ และมีความชื้นสูง อาจมีผลเจือจางโภชนะในสูตรอาหาร ถึงแม้สุกรจะเพิ่มการกินอาหารให้สูงขึ้นเพื่อให้ได้รับโภชนะตามที่ร่างกายต้องการ แต่ปริมาณการกินได้ยังมีปัจจัยจำกัดมาจากความจุของกระเพาะอาหาร

ตารางที่ 4.2 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้าต่อลักษณะซากของสุกร

Carcass characteristic	Treatments[1]					Pooled SEM	P-value
	Control	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4		
Final weight, kg	97.15	95.70	103.00	94.55	98.38	3.0531	0.2265
Carcass, %	77.70	76.41	75.19	75.22	72.17	3.4994	0.5017
Back fat thickness, mm	18.36	17.84	20.34	16.93	20.40	1.9039	0.6310

[1] Control = อาหารสูตรควบคุม; Diet 1 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 2 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว; Diet 3 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 4 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว

ผลของการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า ต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนซีกัมของสุกรขุน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 พบว่าการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 30% ร่วมกับน้ำกากส่าเหล้าที่ระดับ 3% และ 6% น้ำหนักตัว สามารถเพิ่มประชากรจุลินทรีย์ *Lactobacillus* spp. ในซีกัมได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้าทุกระดับไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ก่อโรค *E. coli* ($P>0.05$) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับลัดดาวัลย์ (2557) ที่รายงานว่ากากมันสำปะหลังสามารถเพิ่มประชากรจุลินทรีย์ *Lactobacillus* spp. และ *Bifidobacerium* spp. ได้ แต่ไม่มีผลต่อจุลินทรีย์ *E. coli* นอกจากนี้สุวรรณา (2548) รายงานว่า มันสำปะหลังสามารถเพิ่มประชากรจุลินทรีย์ *Lactobacillus* spp.ในทางเดินอาหารได้มากกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับข้าวโพด ($P<0.05$)) ซึ่งแป้งในมันสำปะหลังมีอะไมโลเพคตินเป็นองค์ประกอบ 83% เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดที่มีเพียง 72% (Food-Info, 2014) โดยอะไมโลเพคตินจะย่อยได้ง่ายกว่าอะไมโลส (Insel et al., 2004)

กลไกในการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ ยังไม่ทราบเด่นชัด อาจเกิดจากการหมักย่อยของเยื่อใยที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในกากมันสำปะหลัง ตามปกติเอนไซม์ที่คัดหลั่งจากทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถย่อยเยื่อใยได้ เยื่อใยดังกล่าวจึงไหลผ่านเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ เกิดการหมักย่อยโดยเอนไซม์ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ (microbial enzymes) โดยผลผลิต (end products) ที่เกิดขึ้นจากการหมักย่อยเยื่อใยหลัก ๆ คือ กรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid) เช่น กรดอะซิติค กรดโพรพิโอนิค และกรดบิวทิริ ซึ่งผลผลิตเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ เช่น *Lactobacillus* spp. และ *Bifidobacterium*s spp. (Kaplan and Hutkin, 2000) ลัดดาวัลย์ (2557) รายงานว่า การใช้กากมันสำปะหลังในไก่ไข่ สามารถเพิ่มการผลิตกรดโพรพิโอนิคและกรดอะซิติคได้ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการเพิ่มจำนวนประชากรจุลินทรีย์

Lactobacillus spp. และ *Bifidobacterium*s spp. โดย Tsukahara and Ushida (2000) รายงานว่าในไก่ที่ได้รับแหล่งโปรตีนจากพืชซึ่งมีเยื่อใยสูง จะเพิ่มการผลิตกรดไขมันระเหยได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับโปรตีนจากสัตว์ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่า กากมันสำปะหลังมีศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ได้ และผลิตผลผลิตที่เกิดจากจุลินทรีย์เหล่านี้ก่อเกิดให้ประโยชน์แก่ร่างกายของสัตว์

การใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้าในสูตรอาหารสุกรที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการผลิตแอมโมเนีย บริเวณลำไส้ใหญ่บริเวณซีกัมและในมูล (ตารางที่ 4.3) ซึ่งการผลิตแอมโมเนียในลำไส้และในมูลของสัตว์นั้นเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ยูรีเอส (urease enzyme) ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *Micrococus, Clostridia spp.* และ *E. coli* (Cole et al., 1994) เป็นต้น Vince and Burridge (1980) พบว่าจุลินทรีย์ชนิด *Clostridia spp.* และ *E. coli* มีการผลิตแอมโมเนียในปริมาณสูงบริเวณลำไส้ใหญ่ส่วนซีกัม สอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ ที่พบว่าการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้าในอาหารสุกรทุกระดับไม่พบความแตกต่างของปริมาณประชากรจุลินทรีย์ชนิด *E. coli* ดังนั้นเมื่อไม่พบความแตกต่างของจุลินทรีย์ให้โทษดังกล่าวเป็นผลทำให้ปริมาณแอมโมเนียในลำไส้ใหญ่ส่วนซีกัมและในมูลไม่พบความแตกต่างด้วยเช่นกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ผลของการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า ต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ และปริมาณแอมโมเนีย ในลำไส้ส่วนซีกัม และมูลของสุกรขุน (น้ำหนัก 100 กิโลกรัม)

	Treatments					Pooled	P-value
	Control	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4	SEM	
Microbial population (cfu/ml)							
E. coli	5.98	5.51	6.02	5.54	6.08	0.960	0.848
Lactobacillus spp.	6.48[b]	6.66[b]	6.91[ab]	8.46[a]	8.36[a]	0.988	0.033
Ammonia production							
Digesta (g/100 g fresh basis)							
	0.16	0.16	0.15	0.11	0.13	0.06	0.508
Excreta (g/100 g fresh basis)							
	0.27	0.28	0.27	0.26	0.26	0.03	0.594

หมายเหตุ: [a,b] ตัวอักษรที่อยู่ในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[1] Control = อาหารสูตรควบคุม; Diet 1 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำส่ากากเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 2 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว; Diet 3 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 4 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว

ราคา และต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ที่เพิ่มน้ำหนักสุกร 1 กิโลกรัม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 โดยราคาค่าอาหารลดลงตามระดับกากมันสำปะหลังและน้ำกากส่าเหล้าที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสูตรควบคุม ส่วนต้นทุนค่าอาหารที่ใช้เพิ่มน้ำหนักสุกร 1 กิโลกรัมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยในช่วงสุกรเล็ก เท่ากับ 33.51, 32.20, 31.02, 31.20 และ 31.36 บาทต่อกิโลกรัม สุกรรุ่นเท่ากับ 27.02, 25.75, 24.88, 24.64, 24.81 บาทต่อกิโลกรัม สุกรขุน เท่ากับ 38.06, 36.92, 39.44, 36.19 และ 42.15 บาทต่อกิโลกรัม และสุกรเล็ก-ขุน เท่ากับ 41.22, 41.13, 41.83, 41.24 และ 44.44 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อได้รับอาหารทดลอง คือ 1) สูตรควบคุม 2) กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว 3) กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว 4) กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว และ 5) กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำส่ากากเหล้า 6% น้ำหนักตัว ตามลำดับ

ถึงแม้ว่าต้นทุนค่าอาหารที่ใช้เพิ่มน้ำหนักสุกร 1 กิโลกรัม มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า ค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้นตามระดับกากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร โดยเฉพาะในสุกรระยะขุน โดยปกติกากมันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบที่มีพลังงานเป็นส่วนประกอบในระดับปานกลาง และมีโปรตีนในระดับที่ต่ำ ดังนั้นการใช้กากมันสำปะหลังในระดับที่สูง จำเป็นต้อง

เสริมแหล่งพลังงานและแหล่งโปรตีนอื่นเพิ่มเติม เพื่อปรับระดับพลังงานและโปรตีนให้ได้ตามที่สุกรต้องการ โดยการทดลองครั้งนี้ได้ใช้น้ำมันถั่วเหลือง ถั่วเหลืองไขมันต่ำ และกากถั่วเหลือง ในการปรับโภชนะทั้งสองประเภท ถึงแม้โดยภาพรวมต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัมในอาหารที่มีกากมันสำปะหลังและน้ำกากส่าเหล้ายังต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอยู่ประมาณ 3.90% แต่เมื่อนำไปใช้เลี้ยงสุกร พบว่าต้นทุนในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม สูงกว่ากลุ่มควบคุมประมาณ 2.28% ตลอดช่วงการเลี้ยง โดยสุกรระยะเล็ก และรุ่น ยังมีต้นทุนที่ใช้เพิ่มน้ำหนักสุกร 1 กิโลกรัม ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ในสุกรระยะขุนโดยเฉพาะกลุ่มสุกรที่ได้รับกากมันสำปะหลัง 15 และ 30% เสริมด้วยน้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว มีค่าที่สูงกว่ากลุ่มควบคุม ส่งผลให้ต้นทุนตลอดช่วงการเลี้ยงสูงตามไปด้วย ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าการใช้น้ำกากส่าเหล้าถึงแม้จะช่วยเพิ่มความน่ากินของกากมันสำปะหลังได้สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามกากมันสำปะหลังมีเยื่อใยเป็นส่วนประกอบที่สูง เยื่อใยดังกล่าวจึงเป็นตัวจำกัดทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง ดังนั้นการตัดสินใจเลือกใช้กากมันปะหลังและน้ำกากส่าเหล้าต้องอยู่บนพื้นฐานของราคาวัตถุดิบในแต่ละฤดูกาลด้วยว่ามีความคุ้มทุนมากน้อยเพียงใด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 ราคา และต้นทุนค่าอาหารที่ใช้เพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ในสุกรเล็ก รุ่น และขุน

	Treatment[1]					Pooled SEM	P-value
	Control	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4		
Feed cost (baht/kg)							
Starter (15-30 kg)	20.40	19.96	20.00	19.49	19.55	-	-
Grower (30-60 kg)	16.45	15.96	16.04	15.39	15.47	-	-
Finisher (60-100 kg)	15.44	15.00	15.14	14.43	14.57	-	-
Starter – Finisher	17.43	16.97	17.06	16.44	16.53	-	-
Feed cost per gain (baht/kg BW gain)[2]							
Starter (15-30 kg)	33.51	32.20 *(+3.91%)*[2]	31.02 *(+7.43%)*	31.20 *(+6.89%)*	31.36 *(+6.42%)*	1.179	0.566
Grower (30-60 kg)	27.02	25.75 *(+4.70%)*	24.88 *(+7.92%)*	24.64 *(+8.81%)*	24.81 *(+8.18%)*	0.938	0.384
Finisher (60-100 kg)	38.06	36.92 *(+3.00%)*	39.44 *(-3.63%)*	36.19 *(+4.91%)*	42.15 *(-10.75%)*	3.040	0.668
Starter – Finisher	41.22	41.13 *(+0.22%)*	41.83 *(-1.48%)*	41.24 *(-0.05%)*	44.44 *(-7.81%)*	1.598	0.557

[1] Control = อาหารสูตรควบคุม; Diet 1 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 2 = กากมันสำปะหลัง 15% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว; Diet 3 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัว; Diet 4 = กากมันสำปะหลัง 30% + น้ำกากส่าเหล้า 6% น้ำหนักตัว

[2] Feed cost per gain = Feed cost per kilogram x Feed conversion ratio

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเพื่อหาระดับที่เหมาะสมของการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า ต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ และการผลิตแอมโมเนีย ในสุกรเล็ก รุ่น และขุน สรุปได้ดังนี้

1. กากมันสำปะหลังสามารถใช้ในสูตรอาหารสุกรได้ถึงระดับ 30% เมื่อใช้ร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า 3-6% น้ำหนักตัว โดยไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ปริมาณการกินอาหารได้ และคุณภาพซาก

2. การใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 30% ร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า 3-6% สามารถเพิ่มประชากรจุลินทรีย์ *Lactobacillus* spp. ได้

3. การใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำกากส่าเหล้าทุกระดับในช่วงสุกรเล็ก – รุ่น มีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่เมื่อพิจารณาตลอดช่วงการเลี้ยง (สุกรเล็ก-ขุน) มีเพียงการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 15% ร่วมกับน้ำกากส่าเหล้า 3% น้ำหนักตัวเท่านั้น ที่มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่ากลุ่มควบคุม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่มีพลังงานปานกลางและโปรตีนต่ำ การใช้กากมันสำปะหลังทดแทนข้าวโพด จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบแหล่งพลังงานและโปรตีนอื่นร่วมด้วย เช่น ไขมัน และกากถั่วเหลือง เป็นต้น ดังนั้นระดับของกากมันสำปะหลังจะใช้ได้มากน้อยเพียงใดในสูตรอาหารสุกร ต้องพิจารณาราคาวัตถุดิบเหล่านี้ร่วมด้วย

2. กากมันสำปะหลัง และน้ำกากส่าเหล้าจากแหล่งการผลิตที่ต่างกัน อาจมีคุณภาพที่แตกต่างกันได้ ควรมีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะก่อนการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมโรงงงานอุตสาหกรรม. (2551). กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.thailandtapiocastarch.net

นารีรัตน์ เจริญวัฒนากุล, ยุวเรศ เรืองพานิช, สุกัญญา รัตนทับทิมทอง และเสกสม อาตมางกูร. (2552). ผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกรเล็ก รุ่น และขุนต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซาก. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 47 (หน้า 148-155). กรุงเทพฯ.

นุจิรา ทักษิณานันต์, เสกสม อาตมางกูร, ยุวเรศเรือง พานิช และณัฐชนก อมรเทวภัทร. (2553). ผลของกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อกระบวนการอัดเม็ด คุณภาพเม็ดอาหาร และสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะอนุบาล. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 48 (หน้า 85-92). กรุงเทพฯ.

ปรีดา คำศรี, ยุวเรศ เรืองพานิช, เสกสม อาตมางกูร, อรประพันธ์ ส่งเสริม และ ณัฐชนก อมรเทวภัทร. (2552). ผลของระดับกากมันสำปะหลังและรูปแบบอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตในไก่เนื้อ. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 (หน้า 132-140). กรุงเทพฯ.

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. (2555). ผลสำรวจมันสำปะหลัง. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.tapiocathai.org/Mainpage.html

ยุวเรศ เรืองพานิช, อรประพันธ์ ส่งเสริม, สุกัญญา รัตนทับทิมทอง, ณัฐชนก อมรเทวภัท, สุชาติ สงวนพันธุ์, อรทัย ไตรวุฒานนท์ และ อรรถวุฒิ พลายบุญ. (2550). การใช้ประโยชน์ของกากมันสำปะหลังในการนำมาเป็นอาหารสัตว์ปีก. รายงานการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ. (2543). คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวโพดเทียบกับการผลิตข้าวโพดวิทยาศาสตร์จากมันสำปะหลัง. สาส์นไก่และการเกษตร. 48(8): 44-51.

ลัดดาวัลย์ หอกกิ่ง. (2557). ผลของการใช้กากมันสำปะหลังต่อการย่อยได้ของโภชนะ สมรรถนะการผลิต คุณภาพไข่ คอเลสเตอรอลในไข่แดง และการเปลี่ยนแปลประชากรจุลินทรีย์ของไก่ไข่. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วริยา โกสุม, ยุวเรศ เรืองพานิช, สุกัญญา รัตนทับทิมทอง และเสกสม อาตมางกูร. (2553). ผลของระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารสุกรอนุบาลต่อสมรรถภาพการผลิต. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 (หน้า 125-131). กรุงเทพฯ.

สมหวัง วิทยาปัญญานนท์. (2549). การใช้ประโยชน์จากน้ำกากส่า และการประชาสัมพันธ์. [Online]. ได้จาก: http://www.budmgt.com/

สาโรช ค้าเจริญ. (2547). อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2550). เนื้อที่เพาะปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.oae.go.th/main.php

สุกัญญา ทิมทอง. (2546). ผลของกากมันสำปะหลังในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากของสุกรรุ่น-ขุน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุนทรีพร ดวนใหญ่. (2550). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ มันอัดส่า เพื่อเป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ปีก. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

สุเมธ ไตรพฤกษชาติ, ยุวเรศ เรืองพานิช, เสกสม อาตมางกูร, อรประพันธ์ ส่งเสริม และสุกัญญา รัตนทับทิมทอง. (2552). ผลของระดับกากมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 (หน้า 165-173). กรุงเทพฯ.

สุวรรณา พรหมทอง. (2548). การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางสรีรวิทยาจุลกายวิภาคและจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรมันสำปะหลังกับอาหารสูตรข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ ดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสริมศักดิ์ มานะเลิศสกุล. (2546). การผลิตอาหารสัตว์จากกากมันสำปะหลังและกากน้ำตาลโดยการหมักแบบแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนุชา ชะลอกลาง. (2544). การใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารสุกรรุ่น-ขุน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิชัย เมฆบังวัน. 2527. ผลการใช้ส่าเหล้าแห้งในอาหารสุกรระยะการเจริญเติบโตเป็นหนุ่มสาว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุทัย คันโธ. (2526). อาหารและการคำนวณสูตรอาหารสัตว์. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุทัย คันโท และสุกัญญา จัตตุพรพงษ์. (2547). การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์: ผลการใช้และข้อมูลวิจัยในประเทศไทย. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจฯ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน.

อำนวย อินทนนท์, สุนทรีพร ดวนใหญ่ และดำรงชัย โสกัณทัต. (2551). ผลของการเสริมน้ำกากส่าเหล้าในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรขุน. ใน การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 4 (หน้า 187-191). คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เอกณรินทร์ รองงาม, อังคณา หาญบรรจง และจำเริญ เที่ยงธรรม. (2550). การทดแทนปลายข้าวด้วยกากมันสำปะหลัง และกากตะกอนเบียร์ในสูตรอาหารสุกรรุ่น-ขุน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 (หน้า 103-110). กรุงเทพฯ.

AOAC. (1990). Offcial Methods of Analysis. 17th ed. Assoc. Anal.Chem., Arlington, VA.

Bowland, J.P. (1972). Unprocessed rapeseed treated with propionic acid in diet of growing pig: performance, energy and protein, digestibility and nitrogen retention, carcass measurement, and fatty acid composition of back fat. Can. J. Anim. Sci. 52: 553.

Chauynarong, N., Iji, P.A., and Kanto, U. (2010). Optimum of cassava pulp in diets for layers. Aust. Poult. Sci. Symp. 12: 136-139.

Cole, D.J., Wiseman, A.J. and Varley, M.A. (1994). Principle of pig science. Nottingham University Press, London.

Food-Info. (2014). Starch. [Online]. Available: http://www.food-info.net/uk/carbs/starch.htm

Insel, P., Turner, R.E., and Ross, D. (2004). Nutrition, 2nd ed. American Dietetic Association, USA.

Jimenez-Moreno, E., Gonzalez-Alvarado, J.M., Gonzalez-Sanchez, D., Lazaro, R., and Mateos, G.G. (2010). Effect of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of ages. Poult. Sci. 89: 2197-2212.

Jordan, K. 1983. Manioc in livestock. Feed Comp. (Jan): 6-11.

Jorgensen, H., Zhao, X., Knudsen, K.E.B., and Eggum, B.O. (1996). The influence of dietary fiber source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. J. Nutr. 75: 379-395.

Kaplan, H., and Hutkinsmm, R.W. (2000). Fermentation of fructooligosaccharides by lactic acid bacteria and bifidobacteriak. Appl. and Environ. Microbiol. 66: 2682-2684.

Khempaka, S., Molee, W., and Guillaume, M. (2009). Dried cassava pulp as an alternative feedstuff for broilers: effect on growth performance, carcass traits, digestive organs, and nutrient. J. Poult. Sci. Res. 18: 487-493.

Khempaka, S., Thongkratok, R. Okrathok, S., and Molee, W. (2014). An evaluation of cassava pulp feedstuff fermented with *A. oryzae,* on growth performance, nutrient digestibility and carcass quality of broilers. J. Poult. Sci. 50: 71-79.

Pond, W.G., Pond, K.R., Church, D.C., and Schoknecht, P.A. (2005). Basic animal nutrition and feeding. 5th ed. United States of America, USA.

Rangilal, D.S., Dinorkar, C.V., and Kaikani, A.S. (1995). Studies on the partial replacement of maize by tapioca meal in broiler ration. Poultry – adviser. 28(4): 49-52.

Roberts, S.A., Xin, H., Kerr, B.J., Russell, J.R., and Bregendahl, K. (2007). Effects of dietary fiber and reduced crude protein on ammonia emission from laying-hen manure. Poult. Sci. 86: 1625-1632.

Sarikhan, M., Shahryar, A.H., Gholizadeh, B., Hosseinzadeh, M.H., Beheshti, B., and Mahnoodnejad, A. (2010). Effects of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chick males. Int. J. Agri. & Biol. 10: 531-536.

SPSS. (2010). User's Guide. Version 18.0 SPSS Inc., Chicago, IL.

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

Suriyawong, T., Khempaka, K. and Molee, W. (2012). The effects of xylanase enzyme supplementation in diets containing dried cassava pulp on nutrient digestibility and growth performance of broilers. In APE 2012: International Conference on Animal Production and Environment (13-14 December 2012), Cantho, Vietnam.

Tang, D.F., Ru, Y.J., Song, S.Y., Choct, M., and Iji, P.A. (2012). The effect of cassava chips, pellets, pulp and maize based diets on performance, digestion and metabolism of nutrients for broilers. J. Anim. Veterinary Advances. 11(9): 1332-1337.

Tester, R.F., Karkalas, J., and Qi, X. (2004). Starch-composition, fine structure and architecture. Elsevier Science. 39: 151-165.

Tsukahara, T., and Ushida, K. (2000). Effects of animal or plant protein diets on cecal fermentation in guinea pigs (*Caviaporcellus*), rats (*Rattusnorvegicus*) and chickens (*Gallus gallusdomesticus*). Comp. Biochem. Physiol A. 127: 139-146.

Vince, A.J., and Burridge, S.M. (1980). Ammonia production by intestinal bacteria: the effects of lactose, lactulose and glucose. J. Med. Microbiol. 13: 177-191.

Willis, C.E., Montgomery, M.E., and Allen, P.R. (1996). Improved method for manual, colorimetric determination of total Kjeldahl nitrogen using salicylate. J. Agric. Food Chem. 1804-1807.

ประวัตินักวิจัย

Name : Sutisa Khempaka (Ph.D.)

Position : Lecturer

Address : School of Animal Production Technology
Institute of Agricultural Technology
Suranaree University of Technology
Nakhon Ratchasima 300000, Thailand
Tel. (66 44) 224572 Fax (66 44) 224150
E- mail: khampaka@sut.ac.th

Date of Birth : September 14, 1975

Place of Birth : Surin

Education :

B.Sc. (1998) Animal Science (First Honor), Ubon Ratchathanee University, Thailand

M.Sc. (2002) Animal Nutrition, Khon Kaen University, Thailand

Ph.D. (2006) Animal Nutrition and Feed Science, Gifu University, Japan

Work Experience :

2002 - present : Lecturer, School of Animal Production Technology, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology, Thailand

Papers published in international and national journals

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2006. Effect of shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers. J. Poult. Sci. 43: 250-254.

Khempaka, S., M. Mochizuki, K. Koh, and Y. Karasawa. 2006. Effect of chitin in shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers. J. Poult. Sci. 43: 339-343.

Khempaka, S., W. Molee, and M. Guillaume. 2009. Dried cassava pulp as an alternative feedstuffs for broilers: effect on growth performance, carcass traits, digestive organs and nutrient digestibility. J. Appl. Poult. Res. 18: 487-493.

Thongkratok, R., **S. Khempaka**, and W. Molee. 2010. Protein enrichment of cassava pulp using microorganisms fermentation techniques for use as an alternative animal feedstuff. J. Anim. Vet. Adv. 9(22): 2859-2862.

Khempaka, S., C. Chitsatchapong, and W. Molee. 2011. Evaluation of chitin and protein constituents in shrimp meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids and ammonia production in broilers. J. Appl. Poult. Res. 20: 1-11.

Pudpila, U., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Hormta. 2011. Comparison of distillation methods of *Mentha cordifolia* Opiz. essential oil on antibacterial activity for application use in animal feeds. J. Agri. Sci. and Tech A. 1336-1340.

Khempaka, S., U. Pudpila and W. Molee. 2013. The effect of dried peppermint (*Mentha cordifolia*) on growth performance, nutrient digestibility, carcass traits, antioxidant properties and ammonia production in broilers. J. Appl. Poult. 22(4): 904-912.

Khempaka, S., R. Thongkratok, S. Okrathok and W. Molee. 2014. An evaluation of cassava pulp feedstuff fermented with *A. oryzae,* on growth performance, nutrient digestibility and carcass quality of broilers. J. Poult. Sci. 50: 71-79.

จรณี จิตสัจจพงศ์ วิทธวัช โมพี และ**สุทิศา เข็มผะกา**. 2552. ผลของการเสริมเปลือกกุ้งป่นในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และการตอบสนองภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อ. วารสารแก่นเกษตร. 37 (4): 331-338.

เอกพล พูนชัย **สุทิศา เข็มผะกา** วิทธวัช โมพี และจักร์ โนจากุล. 2553. บทบาทของกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การตอบสนองต่อภูมิคุ้มกัน และการพัฒนาระบบทางเดินอาหารสุกรหย่านม. วารสารแก่นเกษตร. 38 (1): 39-46.

Papers published in international conferences

Khempaka, S., M. Mochizuki, K. Koh, and Y. Karasawa. 2005. Effects of shrimp meal on growth performance, digestibility, nitrogen retention and meat color in growing broilers. Japanese Poultry Science Association, Spring Meeting 2005. Tokyo, Japan.

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2005. Growth performance, digestibility and nitrogen retention in growing broiler given diets containing 4 to 16% of shrimp meal. Japanese Poultry Science Association, Autumn Meeting 2005. Kumamoto, Japan.

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2006. High calcium content in shrimp meal had little effect on growth performance in growing broilers. Japanese Poultry Science Association, Spring Meeting 2006. Fukuoka, Japan.

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2007. The *in vitro* measurement of dry matter and crude protein digestibilities of shrimp meal. First International Conference on Sustainable Animal Agriculture in Developing Countries, Kunming Yunnan, China.

Khempaka, S., W. Molee, R. Thongkratoke, C. Chitsatchapong, and E. Poonchai. 2008. Fermentation of cassava pulp with *Aspergillus oryzae* and *Candida utilis* for improved nutrients as an alternative feedstuff for animals. The 13th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. September 22-26, 2008. Hanoi, Vietnam.

Khempaka, S., and W. Molee. 2008. Effect of cassava pulp on growth performance and digestibility in broilers. The 13th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. September 22-26, 2008. Hanoi, Vietnam.

Khempaka, S., C. Chitsatchapong, and W. Molee. 2009. Measurement of chitin efficiencies on growth performance and ammonia production in broilers. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries, November 8-11, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia.

Chisatchapong, C., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Homta. 2009. Effect of chitin constituent in shrimp meal on nutrient digestibility, hematology and immune response in broilers. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. November 8-11, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia.

Thongkratok, R., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Homta. 2009. Evaluation of fermented cassava pulp on growth performance and nutrient digestibility in broilers. 2009. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. November 8-11, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia.

Poonchai, E., **S. Khempaka**, W. Molee, and J. Nojakul. 2009. Effect of glutamine supplementation on growth performance and intestinal microbial population of weaned pigs. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. November 8-11, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia.

Khempaka, S., N. Chaiyasit, and W. Molee. 2010. Effect of dietary shrimp meal on microbial populations and ammonia production in broilers administered with *Lactobacillus* spp. and *Bacillus* spp. The 14th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. August 23-27, 2010. Pingtung, Taiwan, Republic of China.

Molee, W., S. Khempaka, C. Chitsatchapong and P. Puttaraksa**.** Effects of dietary Tuna Oil on growth performance and fatty acid composition of meat in Thai Native Chickens**.** The 14th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. August 23-27, 2010. Pingtung, Taiwan, Republic of China.

Pudpila, U., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Hormta. 2011. Comparison of distillation methods of *Mentha cordifolia* Opiz. essential oil on antibacterial activity for application use in animal feeds. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Suriyawong, T., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Hormta. 2011. The *In Vitro* evaluation of non-starch polysaccharide digestibility of cassava pulp using xylanase enzyme. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Khempaka, S., and K. Koh. 2011. Effect of covering with acidified sawdust on ammonia volatilization during composting of poultry manure. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Chaokaur, A., **S. Khempaka**, T. Matsumoto, J. Takahashi. and T. Nishida. 2011. Effect of ruminal dosing of mechanical stimulating brush on methane emission from rumen in dry cows. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Khempaka, S., S. Okrathok, L. Hokking, B. Thuhanon, and W. Molee. 2011. Influence of supplemental glutamine on nutrient digestibility and utilization, small intestinal morphology and gastrointestinal tract and immune organ developments of broiler chickens. World Academy of Science, Engineering and Technology. August 24-26, 2011. Paris, France.

Khempaka, S. and W. Molee. 2012. An evaluation of glutamine feed supplementation on the immune response, intestinal morphology and growth performance of broilers, at various

stages of development. ADSA®-AMPA-ASAS –CSAS-WSASAS Joint Annual Meeting. July 15-19, 2011, Phoenix, Arizona, USA.

Khempaka, S., Poonchai, E. & Molee, W. (2012). Efficacy of glutamine enriched diet on the growth performance, hematology and blood urea nitrogen of weaned pigs. In *APE 2012*: *International Conference on Animal Production and Environment*, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Suriyawong, T., **Khempaka, K**. & Molee, W. (2012). The effects of xylanase enzyme supplementation in diets containing dried cassava pulp on nutrient digestibility and growth performance of broilers. In *APE 2012*: *International Conference on Animal Production and Environment*, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Okrathok, S., Khempaka, K. & Molee, W. (2012). Effects on cassava pulp fermented with *A. oryzae* on nutrient digestibility and ammonia production of laying hens. In *APE 2012*: *International Conference on Animal Production and Environment*, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Hokking, L., Khempaka, K. & Molee, W. (2012). An evaluation of the metabolizable energy and nutrient digestibility of dried cassava pulp in layers. In *APE 2012*: *International Conference on Animal Production and Environment*, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Maliwan, P., Sripaoraya, C., Nuansritong, P. & Khempaka, S. (2012). Effect of pineapple bran on the growth performance and carcass quality of brolilers. In *APE 2012*: *International Conference on Animal Production and Environment*, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Khempaka, S., S. Terapuntuwat, W. Wongsrikeao, and P. Pakdee. 2013. Responses of broiler chicks to methionine hydroxyl analog and DL-methionine using fish meal or full fat soybean meal as the sole source of protein. World Academy of Science, Engineering and Technology. January 14-15, 2013. Zurich, Switzerland.