

การทดแทนปลายข้าว ด้วย กากมันสำปะหลัง ผสม กากตะกอนเบียร์ในสูตรอาหารสุกร รุ่น และขุน

Replacement of Broken Rice by the Combination of Cassava Pulp and Brewery Activated Sludge in Growing and Finishing Pigs Diets

คำนำ

สุกรเป็นสัตว์เลี้ยงทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทยที่มีความสำคัญและมีการเลี้ยงอย่างแพร่หลายในพื้นที่ต่าง ๆ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการเลี้ยงให้ก้าวหน้าจนกลายเป็นธุรกิจอุตสาหกรรม มีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาใช้ทำให้การเลี้ยงสุกรมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น สุกรมีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น ให้เนื้อแดงมากเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามเมื่อมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต นอกจากผลดีที่ได้ดังกล่าวแล้ว ในส่วนต้นทุนการผลิตจำเป็นต้องเพิ่มขึ้นด้วย จึงเป็นปัญหาหลักของผู้เลี้ยง โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนด้านค่าอาหารมีมากถึง 60-70 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด เนื่องจากการขยายตัวในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นทำให้ความต้องการใช้วัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์มีมากขึ้นและราคาวัตถุดิบมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้มีความพยายามที่จะหาแหล่งวัตถุดิบราคาถูกมาทดแทน เศษเหลือหรือผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากมีปริมาณมาก และราคาถูก ถ้าหากทิ้งไปจะเป็นปัญหาเกิดมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อมได้ แต่ถ้าสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จะทำให้การใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างสมบูรณ์ ผลพลอยได้จากโรงงานทางการเกษตรบางอย่างยังคงมีคุณค่าทางอาหารเหลืออยู่จนสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้

กากมันสำปะหลังเป็นผลิตผลที่เหลือจากการสกัดแป้งมันออกไปแล้ว มีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างต่ำ มีความชื้นสูงถึง 75-80 เปอร์เซ็นต์ ของกากมันสด (Grace, 1977) เป็นปัญหาต่อการกำจัดรวมทั้งการขนส่ง เนื่องจากการทิ้งไว้นานๆจะเกิดการหมักส่งกลิ่นเหม็นและยังมีความชื้นสูงทำให้มีน้ำหนักรวมมากยากแก่การขนส่ง ดังนั้นก่อนนำไปใช้จึงต้องทำให้แห้งโดยการนำไปตากแดด ส่วนใหญ่จะนำไปตากไว้บนลานซีเมนต์ร่วมกันกับลานมันเส้นและขายในราคาถูกหรือไม่ก็ปลอมปนไปกับมันเส้น ซึ่งเป็นปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพมันเส้นกับการส่งออกอยู่ในปัจจุบันกากมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้ผสมในอาหารสัตว์โดยใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตได้ เนื่องจากกากมัน

ลำปะหลังยังมีองค์ประกอบส่วนใหญ่ เป็นแป้งที่เหลืออกค้ำจากกระบวนการผลิตประมาณ 50 – 56 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง (จิรวรรณ, 2540 และ ทรงศักดิ์, 2543) การศึกษาวิจัยนำไปใช้ใน สุก รอุ้มท้องได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต และการสืบพันธุ์ ของสุกร (อุทัย และคณะ, 2548) นอกจากนี้กากมันลำปะหลังสามารถนำไปใช้ เป็น วัตถุดิบในการผลิต สารประกอบอื่น ๆ อีก โดยในปัจจุบันมีการนำเอากากมันลำปะหลังมาผลิตกรดซิตริกโดยใช้เชื้อรา *Aspergillus niger* (อุทัย และคณะ, 2539) และนำไปผลิตน้ำเชื่อมกลูโคสจากการย่อยกากมัน ลำปะหลังด้วยกรด และเอนไซม์ ซึ่งเป็นแนวทางการเพิ่มคุณค่า และราคาของกากมันลำปะหลังที่ มีอยู่ในปริมาณมากอีกด้วย (จิรวรรณ, 2540) ส่วนของคุณค่าทางโภชนาการของกากมันลำปะหลัง นั้นพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับมันเส้น

คุณภาพน้ำที่เสื่อมกำลังเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงในเกือบทุกประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะในเขตที่มีอุตสาหกรรมหนาแน่น ประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่กำลังประสบปัญหานี้ เนื่องจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่เป็นสิ่งเจือปนทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ แล้วแต่ชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นโรงงานจึงจำเป็นต้องมีระบบการบำบัดน้ำเสีย ซึ่ง โดยมากมักจะแยกสิ่งสกปรกออกมาในรูปตะกอน (sludge) ซึ่งตะกอนเหล่านี้จะต้องนำไปกำจัด ต่อไป หากนำไปทิ้งไม่ถูกที่เกิดการชะล้างลงสู่แม่น้ำทำให้เกิดมลภาวะได้อีก การบำบัดน้ำเสียก็ไม่ เกิดประโยชน์อันใด มีการศึกษาโดยนำตะกอนเหล่านี้มาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งพบว่ามีคุณค่า ทางอาหารสูง เช่นตะกอนนมจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตนม นำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนเลี้ยงไก่ กระทั่งได้ถึง 10% โดยไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิต (พรรณี, 2524) กากตะกอนเบียร์มีการ นำมาใช้เลี้ยงปลาอุก (ดวงรัตน์, 2540)

ดังนั้น การศึกษาการใช้กากมันลำปะหลัง กากตะกอนเบียร์ เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการหาแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ราคาถูก ที่สามารถให้ผลผลิตทางการ เลี้ยงสัตว์โดยไม่แตกต่างจากแหล่งวัตถุดิบอื่นๆ มากนัก นอกจากนี้ยังช่วยลดมลภาวะทาง สิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการย่อยได้ ของกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ ในสุกรรุ่น และขุน
2. ศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรรุ่น และขุน
3. เปรียบเทียบต้นทุนค่าอาหารและต้นทุนในการผลิตต่อน้ำหนักสุกรที่เพิ่มขึ้นของสูตรอาหารควบคุมกับสูตรอาหารทดลอง

การตรวจเอกสาร

1. มันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง (cassava and cassava pulp)

1.1 ความรู้ทั่วไป

มันสำปะหลังมีถิ่นกำเนิดอยู่ในอเมริกาใต้ บราซิล เม็กซิโก มีการเรียกชื่อตามรากศัพท์ภาษาต่าง ๆ เช่นในภาษาอังกฤษเรียกว่า cassava แลบลาดินอเมริกาที่พูดภาษาสเปนเรียกว่า yucca ภาษาโปรตุเกสในบราซิลเรียกว่า madioca ส่วนแถบแอฟริกาที่พูดภาษาฝรั่งเศสเรียกว่า manioc มันสำปะหลังในทางพฤกษศาสตร์เป็นพืชใน Subdivision Angiospermae; Class Dicotyledoneae; Order Geraniales; Family Euporbiaceae มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz. (Jones, 1959) แต่เดิมมีชื่อเรียกว่า *Manihot utilissima* Pohl. (Hunt et al., 1977)

มันสำปะหลังที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อใช้ในการผลิตแป้งและอาหารสัตว์นั้นเป็นมันสำปะหลังชนิดขม สายพันธุ์ *Manihot esculenta* Crantz. และมีชื่อสามัญว่า cassava เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันนิยมปลูกกันมากเนื่องจากเป็นพืชที่มีข้อดีเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมคือสามารถปลูกได้ง่ายต้องการการเอาใจใส่และมีศัตรูพืชน้อย โดย อุทัย (2546) ได้กล่าวว่า ประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังเชิงการค้าเป็นเวลานานกว่า 30 ปี พื้นที่ปลูกในประเทศไทยมีจำนวนประมาณ 6.25 ล้านไร่และมีผลผลิตหัวมันสด 18-22 ล้านตัน (อุทัยและสุกัญญา, 2547) โดยผลผลิตหัวมันสดที่ได้ส่วนหนึ่งจะถูกแปรรูปเป็นแป้งมันสำปะหลังประมาณ 2 ล้านตัน หัวมันสดอีกส่วนหนึ่งจะถูกแปรรูปเป็นมันเส้น และมันอัดเม็ดเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์

ในอดีตจนถึงปัจจุบัน ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกมันอัดเม็ดรายใหญ่ที่สุดของโลก ส่วนใหญ่นำไปใช้เป็นอาหารสัตว์โดยตลาดหลักได้แก่ สหภาพยุโรป (EU) ซึ่งเคยส่งออกได้ปีละ 4.5-6 ล้านตัน ในขณะที่การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทยในขณะนั้นยังน้อยมาก ทว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 เป็นต้นมาทางสหภาพยุโรป มีนโยบายลดการสนับสนุนทางการเกษตร (CAP reform policy) อย่างต่อเนื่องทำให้รัฐพืชในสหภาพยุโรปมีราคาลดลงและการใช้มันอัดเม็ดเป็นอาหารสัตว์ก็ลดลงด้วย (อุทัย, 2546) วิฤตการณ์ดังกล่าวทำให้ราคาหัวมันสำปะหลังในประเทศตกต่ำอย่างต่อเนื่องเช่นกัน ทางแก้ไขปัญหาวินัยหนึ่งคือการส่งเสริมการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ในประเทศให้มากขึ้นเพื่อลดการพึ่งพาตลาดส่งออกให้น้อยลง

จากสถิติปริมาณผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่ส่งออกในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา มี 3 ประเภท ได้แก่ แป้ง มันเส้น และมันอัดเม็ด ซึ่งให้เห็นแนวโน้มว่ามันอัดเม็ดมีปริมาณการส่งออกลดลงอย่างต่อเนื่องเป็นผลจากการที่สหภาพยุโรป มีการใช้มันอัดเม็ดในอาหารสัตว์ลดลงดังกล่าว ข้างต้นตรงกันข้ามกับมันเส้นและแป้งที่ยังคงมีปริมาณการส่งออกที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ตารางที่ 1) และในส่วนของผลิตภัณฑ์แป้ง ถ้าหากพิจารณาจากปริมาณการส่งออกประกอบกับการคาดคะเนปริมาณการใช้แป้งมันสำปะหลังในประเทศ (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2540) ทั้งที่ใช้ในภาคการบริโภคและอุตสาหกรรมอาหารหรืออุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหารที่มีแนวโน้มว่าจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน (ตารางที่ 2) ซึ่งเห็นว่าปริมาณการผลิตแป้งมันสำปะหลังในอนาคตจะเพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมาก

ตารางที่ 1 ปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของประเทศไทย ปี 2536-2546

(ปริมาณ: ตัน)			
ปี	แป้ง	มันเส้น	มันอัดเม็ด
2536 ¹	653,276	71,566	6,635,439
2537 ¹	923,561	9,909	4,782,643
2538 ¹	845,006	169,067	3,127,526
2539 ¹	893,365	2,700	3,604,411
2540 ¹	1,140,377	138,586	4,016,106
2541 ¹	770,096	237,162	2,961,486
2542 ¹	1,030,779	222,058	4,118,549
2543 ¹	1,409,658	95,170	3,819,514
2544 ²	1,284,724	1,163,332	3,661,016
2545 ²	1,307,825	1,369,032	1,534,998
2546 ² (ม.ค.-ธ.ค.)	1,045,118	1,380,789	1,052,712

¹สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (2544)

²กรมการค้าต่างประเทศ (2546)

ตารางที่ 2 การคาดคะเนปริมาณการใช้เป้งมันสำปะหลังในประเทศปี 2533-2553

ปี	ปริมาณทั้งหมด (ตัน)
2533	453,740
2537	656,078
2538	704,169
2539	757,947
2540	773,068
2541	858,171
2542	915,670
2543	977,554
2544	1,044,486
2548	1,364,249
2553	1,906,324

ที่มา: มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย (2540)

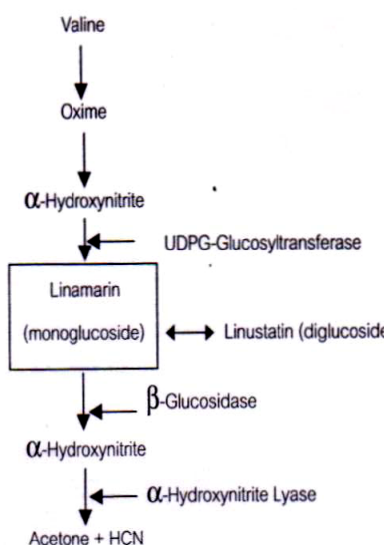
1.2 ความเป็นพิษของมันสำปะหลัง

ในหัวและใบมันสำปะหลังมีสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า ไซยาโนจีนิก กลูโคไซด์ (cyanogenicglucoside) สามารถเปลี่ยนรูปเป็นกรดไฮโดรไซยานิก (HCN) ซึ่งมีความเป็นพิษ หากได้รับเข้าสู่ร่างกายของคนและสัตว์จะเป็นโทษได้ โดยพิษของกรดไฮโดรไซยานิกจะมีผลต่อการทำงานของระบบการทำงานของเอนไซม์ไซโตโครมออกซิเดส (cytochrom oxidase) ในขั้นตอนสุดท้ายของขบวนการขนส่งอิเล็กตรอน (electron transport system) ซึ่งสารไซยาไนด์ (CN-) มีผลยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในไซโตโครมออกซิเดส โดยไซยาไนด์เข้าทำปฏิกิริยากับเหล็กสถานะ Fe^{3+} ของฮีโมโกลบินไปอยู่ในรูป Fe^{2+} ที่ไม่สามารถจับกับออกซิเจนได้ ทำให้ไม่เกิดการสร้าง ATP นอกจากนี้การที่ได้รับไซยาไนด์เข้าไป ทำให้ร่างกายมีขบวนการขจัดพิษออกจากร่างกาย โดยเปลี่ยนเป็นสารไทโอไซยาเนต (thiocyanate) ซึ่งสารไทโอไซยาเนตเป็นตัวแทนที่ทำให้เกิดคoughพอก แต่ความเป็นพิษนี้สามารถลดได้โดย การปอกเปลือก การล้างน้ำ การหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ การตากให้แห้ง การใช้ความร้อน (เจริญศักดิ์, 2532)

ไซยาไนด์เป็นสารพิษที่พบในพืชกว่า 3000 ชนิด รวมทั้งมันสำปะหลังด้วยไซยาไนด์ในมันสำปะหลังถูกสร้างจากกรดอะมิโน 2 ตัว คือ แวลีน (valine) และไอโซลิวซีน (isoleucine) ซึ่งสามารถสังเคราะห์ได้เป็นลินามาริน (linamarin หรือ 2-hydroxy isobutyronitrile- β -D-glycoside) และโลทอสตราลิน (lotaustralin หรือ 2-hydroxy-2-methybutyronitrile- β -D-glycoside) ในมันสำปะหลังจะมีลินามารินอยู่ 93 ส่วนและโลทอสตราลินอยู่ 7 ส่วน สารประกอบที่สังเคราะห์ได้นี้จะอยู่ในเนื้อเยื่อ เมื่อเนื้อเยื่อถูกทำลาย จะมีการสลายตัวของสารประกอบเหล่านี้โดยกระบวนการไฮโดรไลซิสกับน้ำย่อย เกิดการย่อยสลายจนได้กรดอะมิโนและกรดไฮโดรไซยานิกซึ่งปรากฏการณ์ที่พืชสามารถปล่อยกรดไฮโดรไซยานิกออกมาเรียกว่า ไซยาโนเจนESIS (cyanogenesis) ซึ่งเป็นที่เข้าใจว่าเป็นกระบวนการเพื่อป้องกันตัวเองของพืชจากการทำลายโดยสัตว์และแมลง ดังภาพที่ 1 (Poulton, 1990; Hughes *et al.*, 1994) ในปัจจุบันยังไม่มีรายงานว่ามีมันสำปะหลังพันธุ์ที่ปราศจากกรดไฮโดรไซยานิกเลย โดยทั่วไปปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก ในมันสำปะหลังที่ปลูกเปลือกมีตั้งแต่ 14-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมแบ่งเป็น 3 กลุ่ม (Coursey, 1973) ดังนี้

1. Innocuous (ไม่มีพิษ) คือมันสำปะหลังที่มีกรดไฮโดรไซยานิกอยู่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
2. Moderately poisonous คือมันสำปะหลังที่มีกรดไฮโดรไซยานิกอยู่ตั้งแต่ 50-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
3. Dangerous poisonous คือมันสำปะหลังที่มีกรดไฮโดรไซยานิกอยู่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

จากการวิจัยพบว่า อายุการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังมีผลต่อปริมาณไซยาไนด์ มันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวในช่วงอายุ 8-10 เดือนจะมีปริมาณไซยาไนด์สูงถึง 210 ไมโครกรัมต่อกรัม แต่มันสำปะหลังที่เก็บในช่วง 12 เดือน จะมีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ คือ 16 ไมโครกรัมต่อกรัม (วิไล และคณะ, 2541) ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างในระหว่างการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยว โดยมีรายงานว่า ปริมาณไซยาไนด์ในมันสำปะหลังที่ปลูกในสภาวะแล้งจะมีมากกว่าในมันสำปะหลังที่ปลูกในสภาวะที่มีน้ำเพียงพอ ความสมบูรณ์ของแร่ธาตุในดินโดยเฉพาะปริมาณโพแทสเซียมจะส่งผลต่อปริมาณไซยาไนด์ในมันสำปะหลังด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 1 การสร้างและย่อยสลายสารประกอบ cyanoglucoside (linamarin)

ที่มา : Hughes *et al.* (1994)

1.3 การแปรรูปมันสำปะหลังเป็นผลิตภัณฑ์

มันสำปะหลังสดไม่สามารถเก็บไว้ได้นานเพราะว่าหัวมันสำปะหลังจะเกิดการเน่าเสีย ซึ่งชาญ, 2537 ได้รายงานว่ามันสำปะหลังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.3.1 มันเส้น (chip) ได้จากการนำหัวมันสำปะหลังสดเข้าเครื่องหั่นที่เรียกว่าเครื่องโม่ มันเส้นซึ่งจะหั่นหัวมันสดให้เป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำไปตากแดดบนลานซีเมนต์ 2-3 วัน

1.3.2 มันอัดเม็ด (cassava pellet) เป็นการแปรรูปมันเส้นให้มีปริมาตรลดลงทำให้ประหยัดค่าขนส่ง

1.3.3 แป้งมันสำปะหลัง (cassava flour) หัวมันสำปะหลังสด มีแป้งเป็นส่วนประกอบประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ แป้งมันสำปะหลังที่สกัดจากมันสำปะหลังและยังไม่ได้แปรรูปเรียกว่า แป้งดิบ (tapioca starch หรือ native starch) อย่างไรก็ตาม สุรพงษ์ (2526) ได้รายงานว่าการแปรรูปมันสำปะหลังให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์นอกจาก มันเส้น มันอัดเม็ดและแป้งมันสำปะหลังแล้ว ยังสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นได้อีกได้แก่ มันสำปะหลังป่นหรือมันป่น (cassava meal) โดยการนำมันเส้นมาบดป่นด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ (hammer mill) และกากมันสำปะหลัง (cassava pulp or cassava refuse) คือส่วนของหัวมันสำปะหลังที่เหลือเป็นกากจากการทำแป้งมันสำปะหลัง โดยอัตราการแปรรูปมันสำปะหลังเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆมีดังนี้

หัวมันสด 1 กิโลกรัม ได้มันเส้นเฉลี่ย 0.4 กิโลกรัม

หัวมันสด 1 กิโลกรัม ได้มันอัดเม็ดเฉลี่ย 0.37 กิโลกรัม

หัวมันสด 1 กิโลกรัม ได้แป้งมันสำปะหลังเฉลี่ย 0.2 กิโลกรัม

การใช้ประโยชน์มันสำปะหลังในต่างประเทศในรูปของมันเส้น และมันอัดเม็ด ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารพลังงานสัตว์ ในขณะที่มีการใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ในประเทศกลับมีน้อย โดยมีการเลือกใช้แหล่งวัตถุดิบอาหารพลังงานจากรั้วพืช เช่น ปลายข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา ได้รับความสนใจ และมีการวิจัยในการนำไปใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ภายในประเทศเพิ่มมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะได้รับการยอมรับเป็นอย่างดีในกลุ่มอุตสาหกรรมสัตว์เคี้ยวเอื้อง ที่มีการใช้ประโยชน์ได้ในระดับที่เหมาะสมสูงถึง 24-40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร (Sommart *et al.*, 1996) นอกเหนือจากนี้แล้ว ในช่วงเวลาไม่หลายปีที่ผ่านมา กลุ่มผู้เลี้ยงและอุตสาหกรรมผลิตสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง ได้มีความพยายามที่จะให้มีการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารพลังงานให้มากยิ่งขึ้น และพบว่ามีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาทดแทนวัตถุดิบอาหารธัญพืช ซึ่งถ้าหากมีการใช้อย่างถูกต้อง จะสามารถใช้ได้ในระดับสูงสุด ในอาหารสุกร 50-60% ไก่เนื้อ ไก่ไข่ 30-50% เป็ดเนื้อ เป็ดไข่ 40-50% (อุทัย, 2540 และ สุกัญญา, 2543) สามารถที่จะนำมันสำปะหลังไปเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารพลังงานในสัตว์กระเพาะเดียวได้ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง จากเดิมที่มีความนิยมใช้เฉพาะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงอาจเกิดปัญหาการแย่งแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ในอนาคต

สำหรับมันสำปะหลังที่ถูกแปรรูปเป็นแป้งมันสำปะหลังนั้น ตามขั้นตอนการผลิตแล้วเนื้อแป้งถูกนำไปใช้ประโยชน์ทั้งนำไปเป็นอาหารคนและในอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร แต่อย่างไรก็ตามจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังนี้เอง มีผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นอยู่หลายอย่าง และมีปริมาณมากตามปริมาณผลิตภัณฑ์ และการใช้ประโยชน์จากแป้งมันสำปะหลัง ดังที่ได้เสนอข้อมูลข้างต้น

1.4 องค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์แปรรูปของมันสำปะหลัง

หัวมันสำปะหลังสด (fresh cassava) เป็นส่วนของรากที่มีการสะสมแป้ง หัวมันสดมีน้ำอยู่ประมาณ 60-65 เปอร์เซ็นต์ และมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ แต่มีปริมาณโปรตีนและไขมันน้อยมาก คือเท่ากับ 1.18 และ 0.08 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าสถานที่ปลูกและ คุณภาพของมันสำปะหลังนั้นมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แปรรูปของมันสำปะหลัง (เจริญศักดิ์,2532) และ Ochetim (1993) กล่าวว่า หัวมันสำปะหลังสดมีปริมาณแป้งมากเหมาะที่จะเป็นแหล่งอาหารพลังงานแก่มนุษย์และสัตว์ โดยพบว่าหัวมันสำปะหลังสดมีน้ำอยู่ 65 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 0.8 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.2 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.3 เปอร์เซ็นต์ และ มีแป้ง 32.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ Gomez (1979) และสาโรชและคณะ (2527) ที่รายงานว่า หัวมันสดมีน้ำเท่ากับ 60-65 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแป้ง 30-35 เปอร์เซ็นต์ และ โปรตีน 1-2 เปอร์เซ็นต์ เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Balogopalan *et al.* (1988) ที่ได้แสดงองค์ประกอบทางเคมีของหัวมันสด โดยประกอบด้วน้ำเป็นส่วนใหญ่ คือ 59.10 เปอร์เซ็นต์ แป้งรวม 38.10 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 0.70 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.2 เปอร์เซ็นต์และเยื่อใย 0.60 เปอร์เซ็นต์ สำหรับมันเส้น (cassava chip) ที่ได้จากการนำมันสำปะหลังสดไปตากแดดจนแห้งนั้นพบว่ามีวัตถุแห้ง 91.1 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 2.9 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 0.6 เปอร์เซ็นต์ (Le and Noblet, 2001) สอดคล้องกับรายงานของ Lim (1968) ที่รายงานว่ามันเส้นมีส่วนประกอบที่เป็นแป้งรวม 64.04 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1.8 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 5.0 เปอร์เซ็นต์ และรายงานของ Chakrit (2000) ที่กล่าวว่า มันเส้นมีองค์ประกอบของโภชนะในส่วนของโปรตีน 2.0 เปอร์เซ็นต์เยื่อใย 4.0 เปอร์เซ็นต์ แป้งรวม 70.0 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 3,200 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งใกล้เคียงกับ อุทัยและคณะ (2540) ที่รายงานว่า มันเส้นมีโปรตีน 2.0เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 4.0 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.75 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 3,260 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 3 คุณค่าทางอาหารของมันสำปะหลัง ข้าวโพด และปลายข้าว

โภชนะ	มันสำปะหลัง ¹	มันสำปะหลัง ²	ข้าวโพด ²	ปลายข้าว ²
วัตถุแห้ง (%)	87.00	-	-	-
โปรตีน (%)	2.20	2.00	8.00	8.00
ไขมัน (%)	0.30	0.75	4.00	0.90
เยื่อใย (%)	3.00	4.00	2.50	1.00
พลังงานรวม (กิโลแคลอรี/ กก.)	3,560	-	-	-
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ใน				
สุกร (กิโลแคลอรี/ กก.)	3,360	3,260	3,330	3,596
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ใน				
สัตว์ปีก (กิโลแคลอรี/ กก.)	-	3,500	3,370	3,500
แคลเซียม (%)	0.20	0.12	0.01	0.03
ฟอสฟอรัส (%)	0.15	0.05	0.10	0.04
ไลซีน (%)	0.08	0.09	0.25	0.27
เมทไธโอนีน (%)	0.03	-	-	-
เมทไธโอนีน+ซิสตีน (%)	-	0.06	0.39	0.32
ทริปโตเฟน (%)	0.02	0.02	0.09	0.10
ทรีโอนีน (%)	0.06	0.07	0.32	0.36

ที่มา: ¹ดัดแปลงจาก Wiseman (1986)

²อุทัย และคณะ (2540)

มันสำปะหลังอัดเม็ด (cassava pellets) ผลิตโดยใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังอัดเม็ด สาโรชและคณะ (2521) รายงานว่ามีความชื้น 13.45 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.45 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 2.25 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 3.94 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 5.09 เปอร์เซ็นต์และแป้งรวม 74.81 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้น 11.93 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 3.2 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 5.3 เปอร์เซ็นต์ และแป้งรวม 76.75 เปอร์เซ็นต์ (สาโรชและคณะ, 2527) สำหรับมันสำปะหลังป่น (cassava meal) ที่ได้จากการนำมันเส้นมาบดมีคุณค่าทางโภชนาการในส่วน of โปรตีนเท่ากับ 2.6

เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 5.6 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.55 เปอร์เซ็นต์ เกล็ด 6.1 เปอร์เซ็นต์ และมีแป้งรวม 73.9 เปอร์เซ็นต์ (Lim, 1967) ซึ่งสอดคล้องกับ Gomez (1979) ที่รายงานว่ามันสำปะหลังป่น มีโปรตีน เท่ากับ 3-4 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 3-4 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.6-1.0 เปอร์เซ็นต์ เกล็ด 2-4 เปอร์เซ็นต์ และมี แป้งรวม 70-80 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Sonaiya and Omole (1983) รายงานว่ามันสำปะหลังป่นมี ความชื้น 12.2 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 2.1 เปอร์เซ็นต์ และแป้งรวม 79.5 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของแป้งมัน สำปะหลังที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมัน พบว่ามีความชื้น 14.90 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 0.3 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 0.1 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.1 เปอร์เซ็นต์ เกล็ด 0.2 เปอร์เซ็นต์ และมีแป้งรวม 84.4 เปอร์เซ็นต์ (Lim, 1967)

กากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้จากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งในอดีตเป็นการระ ในการกำจัดทิ้งคล้ายๆกับผลพลอยได้ทางการเกษตรจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารอีกหลายชนิด อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ประโยชน์สำหรับเป็นอาหารสัตว์ แต่ยังไม่แพร่หลายนัก ทั้งที่เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการแล้วกากมันสำปะหลังมีคุณค่าที่ดีในแง่ของ แหล่งอาหารคาร์โบไฮเดรต ดังรายงานของ Pinuliar (1993) ได้รายงานว่า กากมันสำปะหลังมี ปริมาณแป้งรวมเท่ากับ 81.91 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.62 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 4.6 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1.03 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 1.22 เปอร์เซ็นต์ และ Lim (1967) ที่รายงานว่ากากมันสำปะหลังแห้งมีความชื้น 10 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1.8 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 5.0 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.2 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 18.4 เปอร์เซ็นต์ และแป้งรวม 64.6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ จีวรธรรม (2540) รายงานว่า กากมันสำปะหลัง มีธาตุทองแดง สังกะสี แมงกานีส เหล็ก และแมกนีเซียมในปริมาณเท่ากับ 4 21 40 155 และ 1,100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

1.5 แหล่งที่มาของกากมันสำปะหลัง

ดังที่ได้กล่าวถึงการใช้ประโยชน์ของมันสำปะหลังไปแล้ว จะเห็นได้ว่าการนำไปใช้ เป็นอาหารสัตว์โดยตรงในรูปของมันเส้นและมันอัดเม็ด (อุทัย, 2540 และ สุกัญญา, 2543) แต่มีส่วน หนึ่งที่ถูกนำไปแปรรูปเพื่อแยกส่วนของเนื้อแป้งออกไปเป็นแป้งมันสำปะหลัง และเกิดผลพลอยได้

กากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้จากการผลิตแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีปริมาณมากและ ถูกนำไปขายเพื่อทำอาหารสัตว์ในราคาถูก ซึ่งคิดเป็น 6-8 % ของมันสำปะหลังสดที่นำมาผลิตเป็น แป้งมันสำปะหลังประมาณ 1.6 ล้านตันต่อปี คาดว่าในช่วง 5 ปี คือ พ.ศ. 2538-2542 จะมีกากมัน

ลำปะหลังที่ผลิตออกมาประมาณ 1.8-2.0 ล้านตันต่อปี เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ และอุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์ เป็นต้น

กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

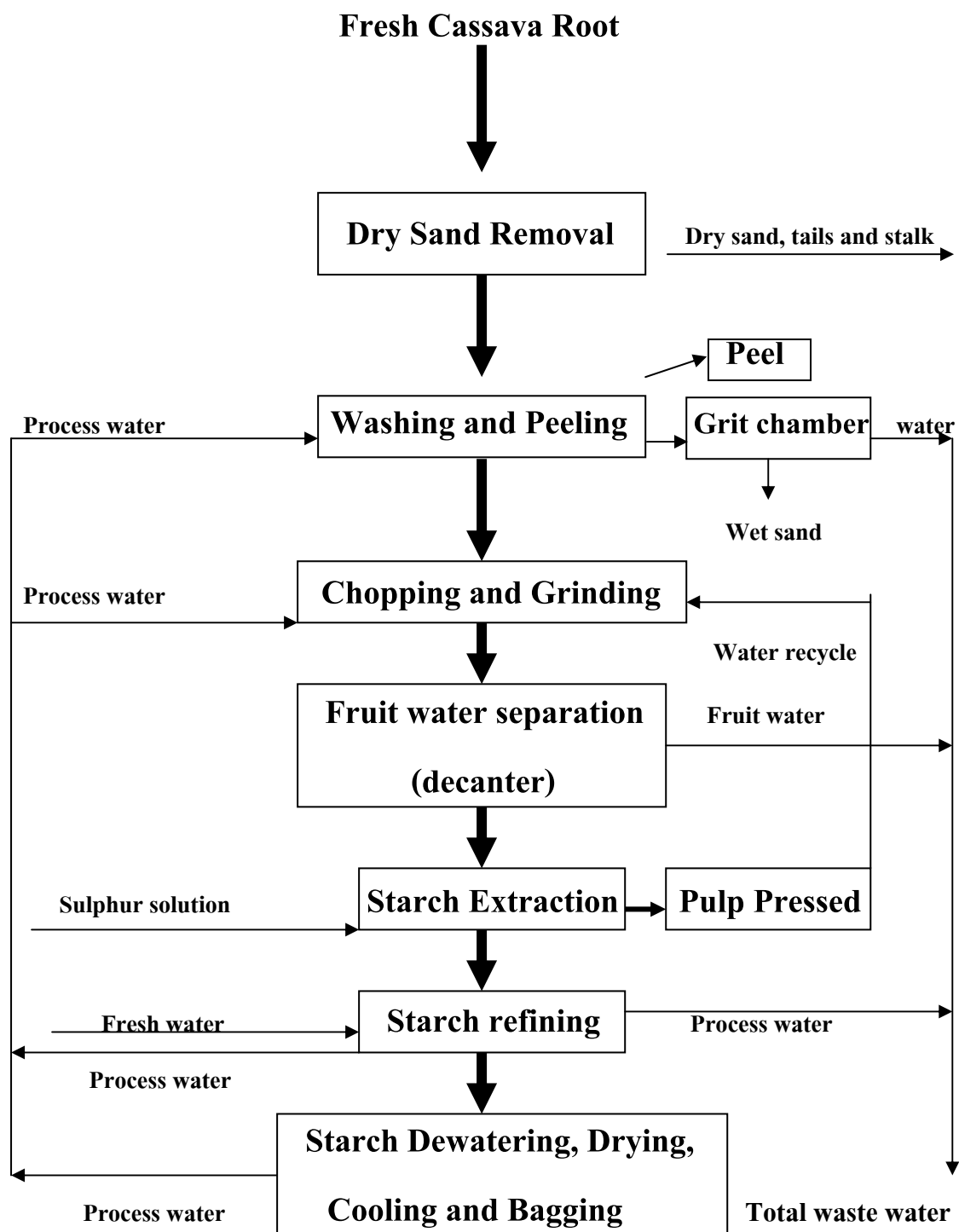
มันสำปะหลังที่ได้ทำการเก็บเกี่ยวแล้ว จะถูกนำเข้าสู่โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง และผ่านกระบวนการผลิต ปัจจุบันกรรมวิธีการผลิตแบบใหม่ เป็นกรรมวิธีการผลิตแป้งมันสำปะหลังที่โรงงานขนาดใหญ่ และขนาดกลางที่ใช้กันอยู่เป็นการใช้แบบระบบหมุนเหวี่ยง มีการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ทันสมัย มีการโม่ด้วยลูกโม่ และแยกโปรตีนโดยเครื่อง Decanter จากนั้นแยกน้ำแป้งด้วยเครื่องเหวี่ยงใส (centrifuge) และอบแห้งด้วยเตาน้ำมันได้แป้งบริสุทธิ์ คุณภาพดี และใช้เวลาในการผลิตน้อย แป้งที่ได้เรียกว่า “Tapioca Starch” หรือ “Raw Starch” หรือ “Native Starch” ทั้งหมดจะมีขั้นตอนการผลิต 9 ขั้นตอนตามลำดับดังต่อไปนี้ (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2546) (ดูแผนภาพการผลิตและผลพลอยได้ที่เกิดขึ้น ดังแสดงใน รูปที่ 2

1. ชั่งน้ำหนักและวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง
2. ส่งเข้าเครื่องร่อนดินทรายออก
3. ส่งเข้าเครื่องปอกเปลือกและล้างในเครื่องเดียวกัน
4. นำหัวมันสดที่ล้างสะอาดแล้วนำเข้าเครื่องโม่ละเอียด ส่งเข้าเครื่องแยกกากออกจากน้ำแป้ง กากของหัวมันที่ได้จะถูกส่งไปยังลานตาก
5. นำน้ำแป้งที่ได้มาฟอกด้วยน้ำกำมะถัน เพื่อฟอกและขจัดยางมันให้น้ำแป้งบริสุทธิ์
6. แยกน้ำแป้งออกจากแป้งโดยใช้เครื่องสกัดแห้งระบบแรงเหวี่ยง
7. อบให้แห้งด้วยความร้อนโดยใช้ท่อลมร้อน
8. แป้งที่อบแห้งแล้วจะถูกนำมาตีให้แตกตัวออกเป็นผง
9. นำแป้งที่แห้งสนิทและแตกตัวเป็นผงแล้ว เข้าเครื่องร่อนเอาส่วนที่หยาบออกไปและบรรจุถุง

1.6 ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง และการนำใช้ประโยชน์

จากกระบวนการผลิตดังกล่าว ทำให้เกิดผลพลอยได้ในขั้นตอนต่างๆ ขึ้น ได้แก่

- 1) เปลือกดิน (tails and stalk) เป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการนำหัวมันสดเข้าสู่เครื่องร่อนทรายออก ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนของดิน เปลือกผิวนอก หัวมันที่หัก เศษขนาดเล็ก และเหง้าหรือข้อของมัน ที่มีความแข็งที่ถูกตัดออกโดยอาศัยแรงงานคน
- 2) เปลือกล้าง (cassava peel) ได้จากขั้นตอนที่หัวมันเข้าสู่เครื่องล้าง ที่ทำหน้าที่ในการปอกเปลือกมัน โดยส่วนนี้จะเป็นส่วนที่มีเนื้อมันติดมาบ้างในปริมาณเล็กน้อย และมีดินปะปนอยู่
- 3) กากมันสำปะหลัง (cassava pulp) เกิดขึ้นจากขั้นตอนที่หัวมันที่ผ่านการล้างและปอกเปลือกแล้ว ผ่านเข้าสู่เครื่องโม่ละเอียด ส่งเข้าเครื่องแยกกากออกจากน้ำแป้ง กากของหัวมันที่ได้จะถูกส่งออกไปยังลานตาก ส่วนของกากมันนี้ประกอบไปด้วย ส่วนของเยื่อใยและแป้งที่ไม่สามารถสกัดให้ออกไปจากหัวมันได้หมด

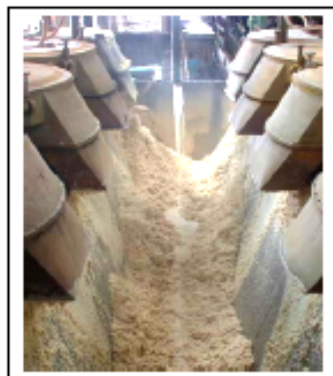


ภาพที่ 2 แสดงกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

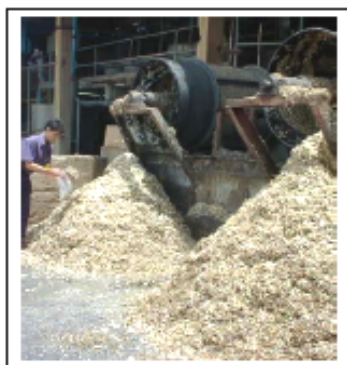
ที่มา : Rakshit (2003)



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพที่ 3 ภาพแสดงห้วมันสำปะหลังสด (ก) มันสำปะหลังที่ถูกโม้และแยกกาก (ข) ผลพลอยได้ที่
เป็นเปลือกส้าง (ค) ผลพลอยได้ที่เป็นกากมันสด (ง) ลักษณะของเปลือกส้าง (จ) ลักษณะ
ของกากมันสด (ฉ)

1.7 ปริมาณและมูลค่าของกากมันสำปะหลัง

จากปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังที่ออกจากไร่ของเกษตรกรเป็นจำนวนมาก และโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นเป้าหมายหนึ่งสำหรับการจำหน่าย จึงมีผลโดยตรงต่อปริมาณผลพลอยได้ที่เกิดขึ้น ตามที่ อมรเดช และ เพ็ญจิตร (2542) ได้กล่าวว่า เมื่อใช้หัวมันสด 47.8 ตัน จะได้กากมันสำปะหลังถึง 12.86 ตัน หรือคิดเป็น 26.90 เปอร์เซ็นต์ของหัวมันสด สอดคล้องกับ กฤตพล (2544) ที่ทำการสำรวจโรงงานซึ่งมีกำลังการผลิต 200-2,000 ตันต่อวัน พบว่ามีผลพลอยได้ 40-50 ตันต่อวัน คิดเป็นกากมันสำปะหลังสูงสุด 23.39 เปอร์เซ็นต์ และทางโรงงานต้องหากรรมวิธีการกำจัดทิ้งหรือหาแนวทางการใช้ประโยชน์ ประกอบกับการสำรวจของชไมพร และ สุกัญญา (2545) ที่พบว่ากากมันสำปะหลังสดในช่วงฤดูกาลที่มันสำปะหลังเข้าสู่โรงงานเป็นปริมาณมาก (พฤษภาคม – กันยายน) ราคาเพียง 0.25 บาทต่อกิโลกรัม

1.8 องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง

องค์ประกอบทางเคมี เป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาเพื่อชี้ให้เห็นเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ จากการตรวจเอกสารพบว่ากากมันสำปะหลังแห้ง มีองค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 4) มีวัตถุแห้ง (dry matter, DM) 86-95% เถ้า (ash) 1-11% โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) 1-3.5 % เยื่อใยหยาบ (crude fiber, CF) 5-28% ไขมัน (ether extract) 0.1-0.8% และแป้ง (starch) 65-90% (ทรงศักดิ์, 2543; อมรเดช และ เพ็ญจิตร, 2542; Sriroth *et al.*, 2000) และองค์ประกอบในการวิเคราะห์เยื่อใย (detergent fiber analysis) มีเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกเป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) 25.65% และ 17.79% ตามลำดับ (พิรพจน์ และ กฤตพล, 2546) ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 3027 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (นภาพร, 2538)

เมื่อเปรียบเทียบกากมันสำปะหลังแห้งกับแหล่งวัตถุดิบอาหารพลังงานชนิดอื่น เช่น มันเส้น ข้าวโพดบด และปลายข้าว (พิรพจน์ และ กฤตพล, 2546) พบว่า กากมันสำปะหลังแห้งมีเยื่อใย สูงกว่าแหล่งวัตถุดิบอาหารพลังงานที่ใช้โดยทั่วไป ในขณะที่โปรตีนหยาบมีปริมาณต่ำกว่า แต่อย่างไรก็ตามมีองค์ประกอบที่สามารถละลายได้ในสารฟอกเป็นกลาง (neutral detergent soluble; NDS= 100-%NDF) สำหรับกากมันสำปะหลังแล้วองค์ประกอบส่วนนี้เป็นแป้งเป็นส่วนใหญ่ (ตารางที่ 5) จากผลผลิตแป้งมันสำปะหลังที่มีมาก ราคาถูก และมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีปริมาณ

แป้งอยู่ในระดับสูง ซึ่งให้เห็นว่ากากมันสำปะหลังมีศักยภาพสูงสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์เป็น แหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ แต่อย่างไรก็ตามกากมันสำปะหลังก็มีเชื้อใยอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง จึง ควรมีการศึกษาวิธีการใช้ที่เหมาะสมและผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงกับตัวสัตว์ต่อไป

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังแห้ง (%)

วัตถุแห้ง	เถ้า	โปรตีน	เยื่อใย	ไขมัน	แป้ง	NDF	NDS	ADF	ที่มา
86.53	6.20	2.30	9.80	0.70	67.50	-	-	-	ชวณิศนดากร (2500) ¹
86.80	1.80	1.04	5.30	0.80	90.80	-	-	-	ทวี (2527) ¹
87.26	10.76	1.75	9.24	0.48	65.03	-	-	-	เสวนิตย์ (2527) ¹
87.76	2.65	3.39	15.26	0.24	66.22	-	-	-	สุนีย์ (2539) ²
94.21	1.79	1.64	-	-	-	25.65	74.35	17.79	พิรพจน์และกฤตพล,(2546)
-	1.70	1.55	27.75	0.12	68.89	-	-	-	Sriroth <i>et al.</i> (2000)
88.73	3.64	1.83	10.08	0.48	-	-	-	-	อุทัยและคณะ (2548)

¹อ้างอิง โดย ทรงศักดิ์ (2543), ²อ้างอิงโดย อมรเดช และเพ็ญจิตร (2542)

NDF= Neutral detergent fiber, NDS= Neutral detergent solution, ADF= Acid detergent fiber

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังแห้งกับแหล่งวัตถุดิบอาหาร พลังงานชนิดอื่น

องค์ประกอบ(%)	กากมันสำปะหลัง	มันเส้น	ข้าวโพด	ปลายข้าว
วัตถุแห้ง	94.21	90.58	93.68	93.58
โปรตีน	1.64	1.49	7.90	7.68
เถ้า	1.79	6.98	1.56	0.82
NDF	25.65	8.83	10.49	1.44
NDS	74.35	91.17	89.51	98.56
ADF	17.79	8.04	4.09	0.63

NDF= Neutral detergent fiber, NDS= Neutral detergent solution, ADF= Acid detergent fiber

ที่มา : พิรพจน์ และ กฤตพล (2546)

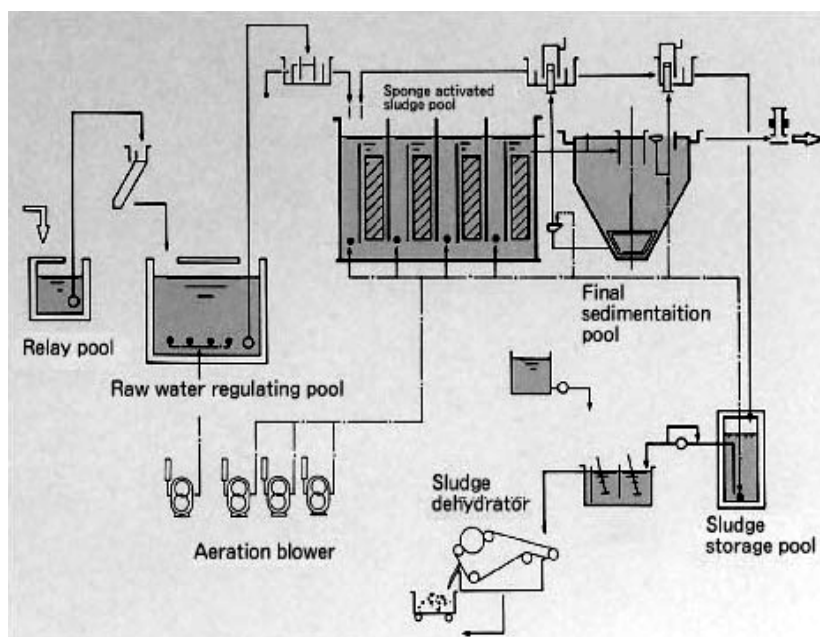
อุทัย และคณะ (2548) ได้ทดลองใช้กากมันสำปะหลังแห้งเป็นวัตถุดิบอาหารในสูตรอาหารแม่สุกรอ้วนท้อง โดยใช้ได้เต็มที่ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร เพื่อเป็นการทดแทนรำละเอียดโดยไม่มีผลทำให้สมรรถภาพการสืบพันธุ์และสมรรถภาพการผลิตของแม่สุกรแตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ใช้รำละเอียดเป็นหลักแต่ประการใด

2. กากตะกอนเบียร์ (brewery activated sludge)

กากตะกอนเป็นของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเกิดจากระบบการบำบัดน้ำเสีย โดยมากแยกสิ่งสกปรกออกมาในรูปตะกอน (sludge) ตะกอนเหล่านี้จะต้องนำไปกำจัด ถ้าหากทิ้งลงลำน้ำจะทำให้ลำน้ำเน่าเสีย

ตะกอนของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเรียกว่า (sludge) นั้นเกิดจากระบบการจัดการน้ำเสียโดยวิธีที่เรียกว่า ระบบเลี้ยงตะกอน (activated sludge process) โดยหลักการบำบัดน้ำเสียใช้ จุลินทรีย์ในสภาพที่มีออกซิเจน ซึ่งจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นพวกแบคทีเรีย นอกจากนั้นยังพบ ยีสต์และรา แต่มีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับแบคทีเรีย การบำบัดโดยวิธีนี้เป็นวิธีการกำจัดน้ำเสีย โดยการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียให้เกิดเป็นตะกอนและ ใช้ตะกอนแบคทีเรียที่เกิดขึ้นทำการย่อยสลาย สารอินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้น้ำเสียแบคทีเรียจะอยู่ในสภาพเป็นกลุ่มเล็ก ๆ (Floc) และลอยหมุนเวียนอยู่ในถังโดยมีลมพ่นกวนอยู่ตลอดเวลา เมื่อหยุดลมพ่นในน้ำกลุ่มแบคทีเรียจะจมลงก้นถังรวมเป็นตะกอน (ประกาย, 2522 อ้างโดย พรณี, 2524) กลุ่มของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศในการหายใจหมุนเวียนอยู่ในถังแบคทีเรียส่วนหนึ่งมีชีวิตอีกส่วนหนึ่งจะตาย ถ้ามีแบคทีเรียที่ยังมีชีวิตอยู่เป็นส่วนใหญ่ น้ำหลังการบำบัดจะไม่ใสเพราะแบคทีเรียที่มีชีวิตจะไม่ยอมตกตะกอน แต่ถ้ามีแบคทีเรียที่ตายเป็นส่วนมากตะกอนจะตกเร็วแต่ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียจะไม่มีประสิทธิภาพ และถ้าสัดส่วนแบคทีเรียที่ตายและมีชีวิตพอเหมาะตะกอนจะตกดี ส่วนแบคทีเรียที่ยังมีชีวิตอยู่จะกำจัดอินทรีย์วัตถุในน้ำเสียให้หมดไปโดยเร็วทำให้น้ำหลังการบำบัดที่ออกมาเป็นน้ำที่ใสสามารถระบายออกไปได้โดยไม่เป็นมลภาวะ

การบำบัดน้ำเสียโดยผสมจุลินทรีย์ในถังให้อากาศเพื่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสารประกอบของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส คาร์บอน และธาตุอาหารอื่น ๆ เกิดเป็นมวลชีวภาพนั้น จะแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบของน้ำเสียในแต่ละแหล่งส่วนกากตะกอนที่ได้ลักษณะเป็นของแข็งแยกออกมาจากน้ำ



ภาพที่ 4 แสดงระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอน (activated sludge process)

ที่มา : Japanese Advanced Environment Equipment (2005)

กากเบียร์เป็นผลพลอยได้จากการสกัดเบียร์และน้ำตาลส่วนใหญ่ออกจากข้าวมอลท์ในการผลิตเบียร์ ส่วนกากตะกอนเบียร์ประกอบไปด้วยสารต่าง ๆ ทั้งสารแขวนลอยและสารที่ละลายน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และเศษเหลืออื่น ๆ ซึ่งจะถูกบำบัดและได้เป็นกากตะกอน

ส่วนไขมันในกากตะกอนมีปริมาณต่ำ (Tacon, 1979) ซึ่งจะมาจากการเสียดังที่ยังไม่ถูกย่อยและเซลล์ของจุลินทรีย์ ประกอบด้วยสเตอรอล (โคเลสเตอรอล) อนุพันธ์ของกรดน้ำดี แคลโรทีนอยด์ คิวโนน วิตามินที่ละลายในน้ำมัน เป็นต้น (Viswannathan *et al.*, 1961 and Furr *et al.*, 1976 อ้างโดย Vriens *et al.*, 1989)

คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ในกากตะกอนจะอยู่ในรูปโพลีแซคคาไรด์ มีเพียงส่วนน้อยที่เป็นน้ำตาลอิสระ (Tacon, 1979) นอกจากนี้ยังประกอบด้วย เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส (Vriens *et al.*, 1989) ปริมาณเถ้าในกากตะกอน ครั้งหนึ่งเป็นปริมาณเถ้าที่ละลายในกรด ส่วนที่เหลือจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายในกรดและสารพวกซิลิเกต (Tacon, 1979)

นอกจากนี้กากตะกอนยังเป็นแหล่งที่มีแร่ธาตุอื่นๆในปริมาณสูงโดยเฉพาะธาตุเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี (Erist *et al.*, 1980)

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีที่พบในกากตะกอนน้ำเสียจากการผลิตเบียร์ (%)

องค์ประกอบทางเคมี	Pillai และคณะ (1967)	Goto และ Masuda (1974a)	ดวงรัตน์ (2540)
ความชื้น	-	12.00	8.90
โปรตีนหยาบ	37.50	38.00	33.29
ไขมันหยาบ	6.00	0.80	2.17
เยื่อใย	9.80	3.50	-
คาร์โบไฮเดรต	-	28.10	34.99
เถ้า	32.20	18.00	20.65
แคลเซียม	1.54	-	-
ฟอสฟอรัส	1.29	-	-

ที่มา : ดวงรัตน์ (2540)

ตารางที่ 8 แร่ธาตุที่พบในกากตะกอนจากการผลิตเบียร์ (ppm)

แร่ธาตุ	กากตะกอน ¹	กากตะกอน ²
โครเมียม	9	-
สังกะสี	200	142
ดีบุก	5	-
ทองแดง	110	1790
ตะกั่ว	7	-
นิกเกิล	5	23
ปรอท	0.1	-
แมกนีเซียม	-	7350
เหล็ก	-	1370
แมงกานีส	-	882

ที่มา : ¹Bays (1977) และ ²Ahn (1979) อ้างโดย Vriens *et al.* (1989)

ตารางที่ 9 ปริมาณกรดอะมิโนในกากตะกอนจากการผลิตเบียร์เปรียบเทียบกับโปรตีนจากพืชและสัตว์ (%)

กรดอะมิโน	กากตะกอน ¹	ถั่วเหลือง ²	ปลาป่น ²	ข้าวสาลี ³	ไข่แดง ³
อะลานีน	7.9	-	-	-	-
ไกลซีน	7.1	-	-	-	-
วาลีน	5.8	5.2	4.7	4.4	7.3
ทรีโอนีน	5.4	4.4	3.8	2.9	5.1
เซอรีน	5.1	-	-	-	-
ลิวซีน	6.6	7.6	6.5	6.7	8.9
ไอโซลิวซีน	3.7	5.8	3.9	3.3	6.7
โปรลีน	4.3	-	-	-	-
เมทไธโอนีน	1.5	1.3	2.9	1.5	3.2
กรดแอสพาร์ติก	9.9	-	-	-	-
ฟีนิวอะลานีน	4.4	5.3	3.5	4.5	5.8
กรดกลูตามิก	12.2	-	-	-	-
ไทโรซีน	3.9	6.6	7.6	2.8	6.5
ไทโรซีน	3.4	4.1	3.0	-	-
อาร์จินีน	4.8	7.3	6.8	-	-
ฮิสติดีน	1.7	2.7	2.0	-	-
ซีสตีน	2.7	1.2	0.7	2.5	2.4
ทริปโตเฟน	0.7	1.3	0.9	1.1	1.6

ที่มา : ¹ Goto and Masuda (1974a)

² Cowey *et al.* (1971) and ³ FAO (1970) อ้างโดย Vriens *et al.* (1989)

Hoover *et al.* (1951) อ้างโดย พรณี (2524) รายงานว่ากากตะกอนยังเป็นแหล่งที่มีวิตามินเกือบทุกชนิด เช่นเดียวกับ Vriens *et al.*, 1989 ปริมาณของวิตามินจะขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเสียและวิธีการบำบัด

ตารางที่ 10 ปริมาณวิตามิน (ppm) ในกากตะกอนน้ำเสียจากการผลิตเบียร์

วิตามิน	Brewery activated sludge
วิตามิน บี 1	8-10
วิตามิน บี 2	10-13
วิตามิน บี 6	8-12
วิตามิน บี12	2-3
ไบโอติน	0.3-0.5
กรดโฟลิก	3-4.5
กรดไนอะซิน	80-85
กรดแพนโททีนิก	30-35
วิตามิน เอ	-
วิตามิน อี	-
โคลีน	1000-1300

ที่มา : Bays (1977) อ้างโดย Vriens *et al.*, (1989)

2.1 การใช้กากตะกอนจากแหล่งต่าง ๆ เป็นส่วนผสมในอาหาร

Pillai *et al.* (1967) ทดลองใช้กากตะกอนน้ำเสียจากชุมชนเป็นส่วนผสมแทนปลาป่นในอาหารไก่ไข่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมซึ่งประกอบด้วย ข้าวโพด ปลาขี้ขาว และปลาป่น ผลการทดสอบพบว่า การใช้กากตะกอนแทนปลาป่นในอาหารในไก่ไข่ช่วงอายุก่อน 30 สัปดาห์ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไก่ แต่ในช่วงหลัง 30 สัปดาห์ อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการไข่ของไก่ที่ได้รับอาหารที่มีกากตะกอนจะสูงกว่าที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม

Goto and Masuda (1974a) ทดลองใช้กากตะกอนน้ำเสียจากการผลิตเบียร์เป็นอาหารในไก่เพศผู้ โดยใช้กากตะกอน 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการผสมกากตะกอนในอาหารระดับ 5% ทำให้ไก่เพศผู้มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ Goto and Masuda (1974b) ยังทำการทดลองใช้กากตะกอนเป็นส่วนผสมในอาหารไก่ไข่ในระดับ 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าปริมาณและคุณภาพของไข่ที่ได้ไม่แตกต่างกัน

พรรณี (2524) รายงานว่าการใช้กากตะกอนของเสียจากการผลิตนมเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่กระທระดับ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้กากตะกอนในระดับ 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อตัวและประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอาหารแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้น การใช้กากตะกอนของเสียเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่กระທ มีแนวโน้มในการทำให้น้ำหนักต่อตัวของไก่เพิ่มขึ้น และสรุปว่าสามารถใช้กากตะกอนเป็นแหล่งโปรตีนของอาหารสัตว์ได้โดยไม่เป็นพิษต่อสัตว์ เพราะไม่ปรากฏอัตราการตายของไก่กระທ เนื่องจากกากตะกอนเป็นพิษเลย

Baxter *et al.* (1982) รายงานว่า การใช้กากตะกอนน้ำเสียจากการผลิตเบียร์ผสมในอาหารเลี้ยงปลากดหลวง (Channel catfish) พบว่าระดับของกากตะกอนที่เหมาะสมคือ 10 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเพิ่มระดับของกากตะกอนสูงขึ้นจนถึง 30 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของปลาลดลง

วิทยา (2539) ทดลองเลี้ยงปลานิลโดยใช้กากตะกอนของเสียจากโรงงานผลิตเบียร์ที่ผ่านการฉายรังสีแล้ว 60 เปอร์เซ็นต์ผสมกับอาหารสูตรทดสอบ เปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยอาหารสูตรทดสอบคืออาหารปลานิลที่ใช้เป็นการค้า พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากตะกอนให้ผลผลิต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีกว่าอาหารสูตรทดสอบ แต่ไม่แตกต่างกันในเรื่องคุณภาพของเนื้อปลาและคุณภาพน้ำ แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณโปรตีนในอาหารที่ผสมกากตะกอนสูงกว่าอาหารสูตรทดสอบ คือมีโปรตีน 34.66 และ 26.27 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

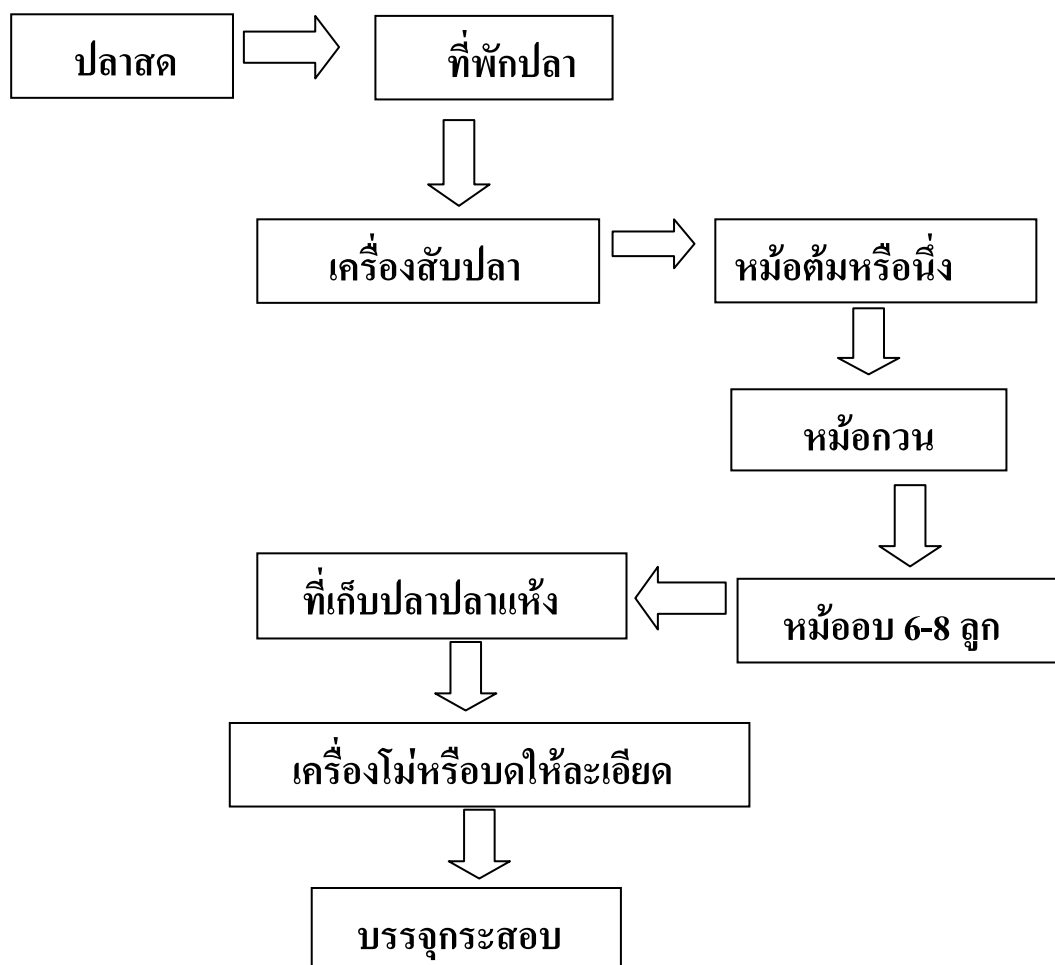
3. น้ำอัดปลาจากกระบวนการผลิตปลาป่น (fish soluble)

3.1 กระบวนการผลิตปลาป่น

โดยทั่วไปในการผลิตปลาป่นอาหารสัตว์ภายในประเทศไทยนั้น จะมีเครื่องจักรที่ใช้ผลิตปลาป่นอยู่ 3 ประเภท ได้แก่

1. แบบใช้น้ำมันทนความร้อนหมุนเวียน หรือระบบน้ำมันร้อน (hot oil) เพื่อส่งความร้อนไปยังหม้ออบ เครื่องจักรประเภทนี้เหมาะสำหรับใช้ในพื้นที่ขาดแคลนน้ำ
2. แบบใช้ไอน้ำให้ความร้อน หรือระบบไอน้ำ (steam) เป็นเครื่องจักรแบบเก่า แต่ต้นทุนของเครื่องจักรถูก การถ่ายเทความร้อนดีปลาจะสุกเร็วใช้น้ำในกระบวนการผลิต
3. แบบใช้ไอน้ำความร้อนเป็นเครื่องอบความแห้ง (store) ด้วยอุณหภูมิที่สามารถควบคุมการผลิตให้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ สามารถจัดกลิ่นไม่ให้ออกจากโรงงาน แต่เสียต้นทุนค่าไฟฟ้าสูง เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีน้ำและไฟฟ้าสมบูรณ์

ขั้นตอนการผลิตแสดงดังภาพที่ 5. โดยมีวัตถุดิบปลาสดซึ่งได้แก่ปลาเป็ดปลาหลังเขียว และเศษหัวปลาจากโรงงานผลิตภัณฑ์อาหารทะเลกระป๋องมาถึงยังโรงงานแล้วโรงงานจะลำเลียงไปเก็บไว้ในบ่อปลาสด หรือที่พักปลาสดเพื่อรอการป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยนำมาเข้าเครื่องตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ หลังจากนั้นก็นำไปต้มหรือึ่งในหม้อหนึ่ง (cooker) ใช้ความดัน 80 ปอนด์/ลบ.ม. โดยใช้สายพานผ่านเข้าหม้อหนึ่งซึ่งตัวปลาจะไม่ถูกไอน้ำเพราะภายในหม้อหนึ่งจะมีลักษณะซ้อนกัน 2 ชั้น ซึ่งระหว่างชั้นจะให้ไอน้ำผ่านหรือภายในหม้อหนึ่งจะเป็นท่อไอน้ำร้อนขดอยู่ หม้อชั้นในมีแกนหมุนได้เพื่อให้ปลาได้รับความร้อนทั่วถึงกัน จากหม้อหนึ่งปลาที่สุกแล้วจะผ่านเข้าหม้ออบ (dryer) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 6-8 ลูก หม้ออบสุดท้ายมักจะมีตะแกรงร้อนเปลือกหอยและสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ออกไป ปลาป่นที่ได้อาจจะนำเก็บไว้แล้วนำมาบดเพื่อบรรจุใส่กระสอบต่อไปโดยปลาป่นที่ได้ 1 กิโลกรัมมาจากปลาสดประมาณ 4 กิโลกรัม ปลาสดที่นำมาใช้ทำปลาป่นจะต้องเป็นปลาที่สด ไม่ควรใช้ปลาที่จับได้นานเกิน 24 ชั่วโมง หรือเป็นปลาที่แช่แข็งเก็บไว้ โดยไม่ให้ปลานั้นสูญเสียสภาพ ซึ่งความสดใหม่จะสามารถชี้ได้จากค่า total volatile nitrogen (TVN) ในปลาเองซึ่งควรมีค่าไม่มากกว่า 80 ถึง 90 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมของปลาสด



ภาพที่ 5 แสดงกระบวนการผลิตปลาป่น

ที่มา: สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย (2539)

3.2 การผลิต และการตลาดปลาป่นของประเทศไทย

ปลาป่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลามาผ่านการผลิต และเมื่อได้ผลผลิตปลาป่นตามต้องการแล้ว นำไปผสมกับส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น รำ ปลาขี้ขาว ขี้วโหด กากถั่ว กระดูกป่น ไบโกระถิน เป็นอาหารสัตว์สำเร็จรูปนำไปเลี้ยงสัตว์ต่อไป โดยเฉพาะไก่เนื้อ ปลาป่นจัดได้ว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารสัตว์เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทุกชนิด และยังมีสาร UGF (Unidentified Growth Factor) ซึ่งเร่งการเจริญเติบโตของสัตว์ และสารชนิดนี้มีอยู่ในส่วนผสมอาหารสัตว์ชนิดอื่น

แหล่งวัตถุดิบ แหล่งจับปลาของไทยอยู่บริเวณ 17 จังหวัดอ่าวไทยและอีกหลายจังหวัด รอบทะเลอันดามัน ซึ่งแนวชายฝั่งทะเลความยาวรวม 2,641 กิโลเมตร โดยมีชายฝั่งทะเลด้าน ตะวันออกยาว 562 กิโลเมตร ชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกยาว 1,144 กิโลเมตรและชายฝั่งด้าน มหาสมุทรอินเดียยาว 908 กิโลเมตร ตั้งแต่ต้นปี 2520 เป็นต้นมา เนื่องจากการประมงทะเลของประเทศ ไทยถูกจำกัด เนื่องจากมีการประกาศเขตเศรษฐกิจจำเพาะ (exclusive economic zone) ของประเทศ เพื่อบ้านจากเดิม 12 ไมล์ทะเล ทำให้ประเทศไทยต้องสูญเสียอาณาไปไม่น้อยกว่า 3 แสนตาราง ไมล์ มีผลกระทบต่อประมงของไทยมาก โดยในปี 2524 และปี 2531 ประเทศไทยได้กำหนดเขต ความกว้างของเขตเศรษฐกิจจำเพาะด้านอ่าวไทยและทะเลอันดามันตามลำดับ เป็นระยะ 200 ไมล์ ทะเลจากเส้นฐาน ดังนั้นในระยะต่อมาการพัฒนาการประมงของไทยโดยการขยายกองเรือ และ ปรับปรุงเทคนิควิธีการทำประมง ตลอดจนการทำประมงนอกน่านน้ำเพิ่มมากขึ้น

วัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตปลาป่น ได้แก่ ปลาเป็ด (trash fish) โดยที่เรือประมงต่างๆ ที่ออกไปจับปลาใหญ่จะได้ปลาเล็ก (ปลาเป็ด) ติดมาด้วยประมาณร้อยละ 40-60 ของจำนวนปลา ทั้งหมดที่จับได้ ซึ่งเดิมทีชาวประมงถือว่าปลาเป็ดเป็นเพียงผลพลอยได้จากการจับปลาใหญ่ แต่ ต่อมาราคาปลาเป็ดเชิบบัวสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งปลาเป็ดกลายเป็นที่มาของรายได้สำคัญแหล่ง หนึ่งของชาวประมง โรงงานปลาป่นจะซื้อวัตถุดิบที่ใช้ผลิตปลาป่นจากภายในจังหวัดที่โรงงาน ตั้งอยู่ประมาณร้อยละ 70-80 ที่เหลือจะซื้อจากจังหวัดใกล้เคียงและในปัจจุบันนี้ เนื่องจากปริมาณ ปลาเป็ดที่จับได้น้อยลง ในขณะที่กำลังผลิตอุตสาหกรรมปลาป่นทั้งระบบอยู่ในอัตราสูงมาก ดังนั้น โรงงานส่วนใหญ่นอกจากจะรับซื้อปลาป่นจากเรือประมงทั่วไปแล้ว ยังมีเรือประมงเป็นของตนเอง อีกด้วย นอกจากนี้ยังรับซื้อปลานอกน่านน้ำไทยด้วย เพื่อจะหาวัตถุดิบป้อนโรงงานได้มากขึ้น ถ้า หาวัตถุดิบปริมาณน้อยย่อมไม่คุ้มกับการเดินเครื่อง

แหล่งผลิตปลาป่น โรงงานผลิตปลาป่นของไทยตั้งอยู่ตามพื้นที่ในจังหวัดที่ติดต่อกับ ชายฝั่งทะเลมีประมาณ 122 โรงงาน โดยประมาณ ดังนี้

ภาคใต้มีโรงงานปลาป่นมากที่สุดประมาณ 82 โรงงาน ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี พังงา นครศรีธรรมราช ตรัง สตูล สงขลา ปัตตานี และภูเก็ต

ภาคกลาง ตามอ่าวไทยมีประมาณ 26 โรงงาน ได้แก่ จังหวัดสมุทรสงคราม สมุทรปราการ และสมุทรสาคร

ภาคตะวันออก มีประมาณ 14 โรงงาน ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรีและตราด

จังหวัดที่มีผลผลิตมาก ได้แก่ จังหวัดสงขลา ระนอง สมุทรสาคร ปัตตานี นครศรีธรรมราช เนื่องจากปริมาณวัตถุดิบมีแนวโน้มลดลงผู้ผลิตปลาป่นจึงเคลื่อนย้ายโรงงาน เข้า

ใกล้แหล่งวัตถุดิบมากขึ้น เช่น จังหวัดระนอง ที่สามารถจับปลาในแถบประเทศพม่า จังหวัดสงขลา และปัตตานีสามารถจับปลาได้ไกลถึงประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย เวียดนาม ทั้งนี้เพื่อสะดวกต่อการจัดหาวัตถุดิบ และเป็นการประหยัดค่าขนส่ง รวมทั้งยังเป็นการลดการนำเข้าเสียของวัตถุดิบซึ่งจะได้ปลาสด มีผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง และผลิตเป็นปลาป่นที่มีคุณภาพที่ดี

ฤดูกาลผลิต

ผลผลิตปลาป่นของไทยจะออกสู่ตลาดมากในช่วงเดือน เมษายน ถึงเดือน กรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงที่สภาพอากาศเอื้ออำนวยให้ชาวประมงสามารถจับปลาได้มาก ทำให้โรงงานผลิตปลาป่นมีวัตถุดิบเข้าสู่โรงงานมากในช่วงดังกล่าว

ผลผลิตปลาป่น

ชนิดของวัตถุดิบ ที่ใช้ในการผลิตปลาป่นมี 3 ชนิดคือ

1. ปลาเป็ด เป็นปลาที่จับได้โดยเรือประมงที่ใช้เครื่องมือประเภทอวนลาก ปลาเป็ดที่คุณภาพดีสามารถนำไปผลิตเป็นปลาป่นคุณภาพดี เหมาะสำหรับเลี้ยงไก่ และ สุกร
2. ปลาหลังเขียว เป็นปลาผิวน้ำ โดยสามารถนำไปผลิตเป็นปลาป่นคุณภาพดีได้
3. เศษปลา จากโรงงานอาหารทะเลกระป๋อง

จากการรวบรวมข้อมูลของสมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย ปรากฏว่าโรงงานผลิตปลาป่นของไทยสามารถผลิตปลาป่นที่มีโปรตีนสูงกว่าร้อยละ 63 ได้เพียง ร้อยละ 8.70 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด ส่วนปลาป่นที่ผลิตได้มาก ได้แก่ ปลาป่นโปรตีนร้อยละ 58-62.9 ซึ่งสามารถผลิตได้ประมาณร้อยละ 38-39 โดยสามารถแยกผลผลิตปลาป่นไทยตามระดับโปรตีนๆ ได้ 5 ระดับ ดังนี้

1. ปลาป่นโปรตีนร้อยละ 63 ขึ้นไป
2. ปลาป่นโปรตีนร้อยละ 58 - 62.9
3. ปลาป่นโปรตีนร้อยละ 55 – 57.9
4. ปลาป่นโปรตีนต่ำกว่าร้อยละ 52

น้ำสกัดจากกระบวนการที่ได้จากขั้นตอนหมักดัมปลา ซึ่งมีโปรตีน และไขมัน อยู่ในปริมาณสูง และเนื่องจากว่าในปัจจุบันนี้ปลาป่นขาดแคลน และมีราคาสูง จึงได้มีการนำส่วนจากขั้นตอนการผลิตมาใช้เสริมเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยมีองค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำจากหม้อต้มปลาในขั้นตอนการผลิตปลาป่น (air dry basis)

ส่วนประกอบ (%)	น้ำอัดปลา ¹	น้ำอัดปลา ²	น้ำอัดปลาอบแห้ง
ความชื้น	45	91.48	7.8-10
โปรตีน	35	7.12	55-57
ไขมัน	15	0.20	12-13
เถ้า	12	1.42	11-18

ที่มา : ¹ Kaikoh Co., Ltd. (2005) ² กองอาหารสัตว์ (2527)

4. ปลาขี้ขาว (Broken rice)

ปลาขี้ขาวเป็นส่วนที่ได้จากการสีข้าว ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นปลาขี้ขาว ประกอบด้วยเศษของเมล็ดที่หักและจมูกข้าว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของคั่นอ่อน (เอ็มบริโอ) ส่วนนี้มีโปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุมากกว่าส่วนอื่นของเมล็ดข้าว

4.1 คุณสมบัติปลาขี้ขาว

1. มีโปรตีนประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ไขมันและเยื่อใยต่ำ
2. ปลาขี้ขาวมี 3 ขนาด คือปลาขี้ขาวขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ปลาขี้ขาวขนาดเล็ก เหมาะกับการเลี้ยงสุกรมากกว่า เพราะสุกรสามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้มากกว่า
3. ปลาขี้ขาวเหนียวมีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับปลาขี้ขาวเจ้า แต่ถ้าใช้ปลาขี้ขาวเหนียวล้วนในสูตรอาหาร อาจทำให้สุกรท้องผูกได้ ดังนั้นถ้าจะใช้ปลาขี้ขาวเหนียวต้องเพิ่มวัตถุดิบเพื่อช่วยระบายท้อง หรือวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง เช่น รำละเอียด ช้างข้าวโพด ฯลฯ ลงไปในสูตรอาหาร จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องท้องผูกได้
4. ปลาขี้ขาวนี้ มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับปลาขี้ขาวธรรมดา สุกรสามารถย่อยได้ดีเพราะแบ่งผ่านการนึ่งมาแล้ว ในลูกสุกรอ่อนที่มีปัญหาท้องเสีย หรือฉี่ไหลเมื่อใช้ข้าวโพดในสูตรอาหาร การใช้ปลาขี้ขาวนี้ช่วยแก้ปัญหานี้ได้
5. ข้าวแดงหรือปลาขี้ขาวกลิ้ง ใช้เลี้ยงสุกรได้ดีเท่ากับข้าวโพด

4.2 ข้อเสนอแนะในการใช้

1. เลือกใช้ปลายข้าวที่มีขนาดเล็ก เพราะสุกรย่อยได้ดีกว่า
2. ทั้งปลายข้าวเจ้า ปลายข้าวเหนียว หรือปลายข้าวหนึ่ง ถ้ามีขนาดเมล็ดใหญ่ต้องบดให้มีขนาดเมล็ดเล็กลงก่อนจึงใช้ผสมอาหาร
3. หลีกเลี่ยงการใช้ปลายข้าวเก่าที่มีจืดมอด หรือโยหนอน
4. หากมีปลายข้าวหนึ่งใช้ในจำนวนจำกัด ควรเลือกใช้ในอาหารสุกรอ่อน

4.3 การปลอมปน

ปลายข้าวมีสีขาว สามารถตรวจสอบการปลอมปนได้ง่าย จึงไม่ค่อยพบปัญหาการปลอมปน แต่อาจมีเกลปนมาบ้าง ซึ่งถ้ามีมากก็กำจัดได้โดยการฟัดก่อนนำมาใช้ผสมอาหาร

ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีของปลายข้าว

องค์ประกอบทางเคมี	
ความชื้น(%)	12.57
โปรตีน (%)	8.02
ไขมัน(%)	0.90
เยื่อใย (%)	1.00
เถ้า (%)	0.70
แคลเซียม (%)	0.03
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.04
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (แคลอรี/กรัม)	
สุกร	3,596
สัตว์ปีก	3,500

ที่มา : กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2527)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร
2. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร
3. กาต้มน้ำไฟฟ้า
4. กาต้มน้ำไฟฟ้า
5. อุปกรณ์ในการชั่งน้ำหนักสุกร
6. Metabolic cage
7. สุกรรุ่น 56 ตัว
8. สุกรขุน 8 ตัว
9. เครื่อง Realtime Ultrasound

วิธีการ

1. การทดลองที่ 1. ศึกษาการย่อยได้ของกากมันสำปะหลัง ผสมกากตะกอนเบียร์ ในสุกรรุ่น และขุน

1.1 สัตว์ทดลอง

ระยะสุกรรุ่นใช้สุกรเพศผู้ตอนจำนวน 8 ตัว ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 25 ถึง 30 กิโลกรัม ได้รับอาหารสุกรรุ่น 2 สูตร โดยใช้สุกรสูตรละ 4 ตัว ละ 1 ตัว ระยะก่อนการทดลอง (preliminary period) เลี้ยงสุกรแต่ละตัวในกรงทดลองหาการย่อยได้ (metabolic cage) ใช้เวลา 7 วัน เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยกับกรงและอาหาร ซึ่งระยะนี้จะไม่มีการเก็บข้อมูล ส่วนระยะที่ 2 เป็นระยะเก็บข้อมูล (experimental period) ใช้เวลา 7 วัน รวมเป็น 14 วัน โดยให้อาหารสุกรวันละ 2 ครั้ง คือ 06.30 น. ถึง 15.30 น.

ระยะสุกรขุน ใช้สุกรเพศผู้ตอนจำนวน 8 ตัว มีน้ำหนักประมาณ 60 ถึง 65 กิโลกรัม ได้รับอาหาร และการเลี้ยงทดลองเช่นเดียวกับสุกรรุ่น

1.2 อาหารทดลอง

กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์อัดเม็ดที่ใช้หาค่าการย่อยได้ของโภชนะ



ภาพที่ 6 กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์อัดเม็ด



ภาพที่ 7 ปลายข้าวทดลองการย่อยได้

อาหารทดลองที่ใช้ศึกษาค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆในระยะสุกรรุ่นและสุกรระยะขุน (ตารางที่13 และ14) ในแต่ละสูตรผสม chromic oxide (Cr_2O_3) ที่ระดับ 0.5% เพื่อใช้เป็นดัชนี (indicator) ในการศึกษา

สูตรที่ 1 สูตรอาหารเปรียบเทียบใช้ปลายข้าว

สูตรที่ 2 สูตรอาหารที่มีกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์แทนปลายข้าว

ตารางที่ 13 สูตรอาหารควบคุมค่าการย่อยได้ของปลายข้าว

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กิโลกรัม)
ปลายข้าว	97.20
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต (P21)	2.00
เกลือ	0.30
พรีมิกซ์	0.50
รวม	100.00

ตารางที่ 14 สูตรอาหารทดลองค่าการย่อยได้ของกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเปี้ยว

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กิโลกรัม)
กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเปี้ยว	97.20
โมโนไคแคลเซียมฟอสเฟต (P21)	2.00
เกลือ	0.30
พรีมิกซ์	0.50
รวม	100.00

1.3 การเก็บข้อมูล

1.3.1 การเก็บมูลสุกร เก็บตัวอย่างมูลใส่ถุงพลาสติกวันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็น เริ่มตั้งแต่มูลมีสีเขียวของ chromic oxide ปรากฏจนกระทั่งหมดสีเขียวของ chromic oxide จากนั้นสุมเก็บมูลประมาณ 10% แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส แล้วนำมาบดก่อนนำไปวิเคราะห์ (Schneider and Flat, 1975)

1.3.2 การวิเคราะห์ทางเคมี วิเคราะห์ปริมาณโภชนะต่างๆ ทั้งในอาหารและ ในมูล (proximate analysis) พลังงานรวมโดยวิธี Oxygen bomb calorimeter และปริมาณโครมิกออกไซด์โดยวิธีของ Fenton and Feton (1979) จากนั้นนำผลวิเคราะห์มาคำนวณค่าการย่อยได้ของโภชนะ และคำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy, ME) ตามวิธีการแนะนำโดย NRC (1998) โดยใช้สมการดังนี้

$$ME = DE [1.012 - (0.0019 \times CP)]$$

ME = ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้

DE = ค่าพลังงานย่อยได้

CP = โปรตีนรวมของวัตถุดิบ

1.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SAS (SAS, 1988)

1.5 ระยะเวลาทำการทดลอง

สุกรรุ่น 14 วัน

สุกรขุน 14 วัน

2. การทดลองที่ 2. ศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ แทนปลายข้าว ต่อประสิทธิภาพการผลิตของสุกร

2.1 สัตว์ทดลอง

ใช้สุกร เพศเมียจำนวน 48 ตัว ซึ่งผ่านการถ่ายพยาธิและให้วัคซีนตามโปรแกรมปกติแล้ว ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นและน้ำหนักสุดท้ายหลังสิ้นสุดการทดลอง ใช้สูตรอาหารทดลอง 4 สูตร สูตรละ 3 ซ้ำๆ ละ 4 ตัว

2.2 อาหารทดลอง

สูตรที่ 1 สูตรอาหารเปรียบเทียบใช้ปลายข้าว

สูตรที่ 2 สูตรอาหารที่มีกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ แทนปลายข้าว 50 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 สูตรอาหารที่มีกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ แทนปลายข้าว 75 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 4 สูตรอาหารที่มีกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ แทนปลายข้าว 100 เปอร์เซ็นต์

สำหรับอาหารทดลองและสูตรฟาร์มิกซ์วิตามินและแร่ธาตุของสุกรรุ่น และขุน ทุกสูตร กำหนดให้มีโภชนะต่างๆ ครบถ้วนตามความต้องการ ตามคำแนะนำของ NRC (1998)

2.3 การเก็บข้อมูล

2.3.1 สุ่มอาหารแต่ละสูตรทุกครั้งที่จะผสมอาหารไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis)

2.3.2 บันทึกน้ำหนักตัวเมื่อเริ่มต้นการทดลองและทุก ๆ 2 สัปดาห์จนสิ้นสุดการทดลอง

2.3.3 บันทึกปริมาณอาหารที่สุกรกินตลอดการทดลอง

2.4 ลักษณะที่ศึกษา

ประสิทธิภาพการผลิต ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ต้นทุนค่าอาหาร ต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และคุณภาพซาก เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ประเมินลักษณะซากจากสุกรมีชีวิต โดยใช้เครื่อง Realtime Ultrasound และโปรแกรมคำนวณลักษณะซาก โดยปรับน้ำหนักสุกรทุกตัวให้เข้ามาตรฐาน 104.00 กิโลกรัม

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design, CRD)

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

เมื่อ	y_{ij}	= ค่าสังเกต
	μ	= ค่าเฉลี่ยรวม (common mean)
	τ_i	= อิทธิพลของทรีตเมนต์
	ϵ_{ij}	= ค่าความคลาดเคลื่อน (experimental error)

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SAS (SAS, 1988)



ภาพที่ 8 กากมันสำปะหลัง



ภาพที่ 9 กากตะกอนเบียร์



ภาพที่ 10 กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเป็ยร์

ตารางที่ 15 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี	กากมันสำปะหลัง	กากตะกอนเป็ยร์
ความชื้น (%)	0.69	1.23
โปรตีน (%)	4.31	28.28
เยื่อใย (%)	15.40	2.36
ไขมัน (%)	1.60	0.40
เถ้า (%)	4.47	28.93
คาร์โบไฮเดรต (%)	73.53	38.80
พลังงานรวม (แคลอรี/กรัม)	3,645	3,228

ตารางที่ 16 ส่วนประกอบ และองค์ประกอบทางเคมีโดยการคำนวณของสูตรอาหารสูตรรุ่น

วัตถุดิบ (กิโลกรัม)	สูตรที่ 1.	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ปลายข้าว	33.00	16.50	8.25	-
กากมันสำปะหลัง+กากตะกอนเบียร์	-	16.50	24.75	33.00
ข้าวโพดบด	10.00	10.00	10.00	10.00
รำละเอียด	20.00	20.00	20.00	20.00
น้ำมันปาล์ม	3.00	3.00	3.00	3.00
กากถั่วเหลือง(44%โปรตีน)	16.65	16.65	16.65	16.65
ถั่วอบไขมันเต็ม	10.00	10.00	10.00	10.00
ปลาป่น(55%โปรตีน)	5.00	5.00	5.00	5.00
ไลซีน	0.20	0.20	0.20	0.20
เมทไธโอนีน	0.10	0.10	0.10	0.10
โมโนไคแคลเซียมฟอสเฟต(P21)	1.70	1.70	1.70	1.70
เกลือ	0.10	0.10	0.10	0.10
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
องค์ประกอบทางเคมีโดยการคำนวณ				
พลังงานใช้ประโยชน์ได้				
(แคลอรี/กรัม)	3,140	3,050	3,004	2,958
โปรตีนในอาหาร (%)	16.14	16.53	16.73	16.92
เยื่อใย (%)	3.30	5.57	7.00	8.28

หมายเหตุ :

สูตรที่ 1 สูตรอาหารเปรียบเทียบ

สูตรที่ 2 สูตรอาหารที่มีกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ แทนปลายข้าว 50 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 สูตรอาหารที่มีกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ แทนปลายข้าว 75 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 4 สูตรอาหารที่มีกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ แทนปลายข้าว 100 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 17 ส่วนประกอบ และองค์ประกอบทางเคมีโดยการคำนวณของสูตรอาหารสุกรขุน

วัตถุดิบ (กิโลกรัม)	สูตรที่ 1.	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ปลายข้าว	10.00	5.00	2.50	-
กากมันสำปะหลัง+กากตะกอนเบียร์	-	5.00	7.50	10.00
ข้าวโพดบด	40.00	40.00	40.00	40.00
รำละเอียด	24.00	24.00	24.00	24.00
รำสกัดน้ำมัน	5.00	5.00	5.00	5.00
กากถั่วเหลือง(44%โปรตีน)	15.50	15.50	15.50	15.50
ปลายป่น(55%โปรตีน)	4.00	4.00	4.00	4.00
ไลซีน	0.10	0.10	0.10	0.10
เมทไธโอนีน	0.05	0.05	0.05	0.05
โมโนไคแคลเซียมฟอสเฟต(P21)	1.00	1.00	1.00	1.00
เกลือ	0.10	0.10	0.10	0.10
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
องค์ประกอบทางเคมีโดยการคำนวณ				
พลังงานใช้ประโยชน์ได้				
(แคลอรี/กรัม)	3,180	3,075	3,021	2,968
โปรตีนในอาหาร (%)	14.00	14.48	14.71	14.94
เยื่อใย (%)	4.88	5.80	6.26	6.72

หมายเหตุ :

สูตรที่ 1 สูตรอาหารเปรียบเทียบ

สูตรที่ 2 สูตรอาหารที่มีกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ แทนปลายข้าว 50 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 สูตรอาหารที่มีกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ แทนปลายข้าว 75 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 4 สูตรอาหารที่มีกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ แทนปลายข้าว 100 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 18 ส่วนประกอบวิตามินและแร่ธาตุของพรีมิกซ์ทางการค้าที่ใช้ในสูตรอาหารสุกร
(กรัม/100 กิโลกรัมของอาหาร)

ส่วนประกอบ	สูตรรุ่น	สูตรขุน
วิตามิน		
วิตามินเอดี3 (500/100)	0.30	0.30
วิตามินอี 50% (500 IU/g)	2.42	2.42
วิตามินเค (K ₃ 51.00 %)	0.11	0.11
ไบโอติน (2.00 %)	0.28	0.28
โคลีนคลอไรด์ (61.00 %)	55.00	55.00
ฟอลิก	0.03	0.03
ไนอาซิน	1.10	0.77
แคลเซียมแพนโตเทนิค	0.88	0.77
ไรโบฟลาวิน	0.28	0.22
โซอามิน	0.10	0.10
วิตามินบี 6 (96.00 %)	0.12	0.12
วิตามินบี 12 (1.00 %)	0.11	0.06
แร่ธาตุ		
ทองแดง (CuSO ₄ ·5H ₂ O 25.5 %)	1.73	1.29
ไอโอดีน (KI 76.4 %)	0.03	0.03
เหล็ก (FeSO ₄ ·7H ₂ O 18.5 %)	35.68	23.78
แมงกานีส (MnSO ₄ ·5H ₂ O 61 %)	1.60	1.60
ซีลีเนียม (Na ₂ SeO ₃ 2 %)	1.80	1.80
สังกะสี (ZnO, 80.3 %)	8.22	6.85
รวมวิตามิน / แร่ธาตุ (กรัม)	109.80	95.55
สารเติมเต็ม (กรัม)	390.20	404.45
รวม (กรัม)	500.00	500.00

ระยะเวลาทำการทดลอง

ใช้เวลาทำการทดลอง ตั้งแต่เดือน มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2549

สถานที่ทำการวิจัย

1. ฟาร์มเอกชน จังหวัด เพชรบูรณ์
2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ผล และวิจารณ์

ผล

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์อัดเม็ด และปลายข้าวที่ใช้ในการทดลองหาค่าการย่อยได้แสดงในตารางที่ 19 และ 20 เห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนในกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์สูงกว่า แต่ปลายข้าวมีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยและเถ้า ต่ำกว่ามาก ซึ่งจะมีผลต่อการย่อยได้ของสุกร

ตารางที่ 19 องค์ประกอบทางเคมีกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์อัดเม็ด

องค์ประกอบทางเคมี	กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์อัดเม็ด
ความชื้น (%)	9.41
โปรตีน (%)	9.73
ไขมัน (%)	0.18
เยื่อใย (%)	14.66
เถ้า (%)	9.73
พลังงานรวม (แคลอรี/กรัม)	3,478.80

ตารางที่ 20 องค์ประกอบทางเคมีของปลายข้าวที่ใช้ศึกษาการย่อยได้

องค์ประกอบทางเคมี	ปลายข้าว
ความชื้น (%)	11.41
โปรตีน (%)	6.73
ไขมัน (%)	1.24
เยื่อใย (%)	2.38
เถ้า (%)	1.06
พลังงานรวม (แคลอรี/กรัม)	4,480

1. ศึกษาการย่อยได้ของกากมันสำปะหลัง ผสมกากตะกอนเบียร์ ในสุกรรุ่น และขุน

1.1 การย่อยได้ของโภชนะในปลายข้าว

จากการศึกษาผลของปลายข้าวเพียงอย่างเดียวต่อการย่อยได้ของโภชนะในระยะสุกรรุ่นและขุนพบว่า การย่อยได้ในสุกรรุ่นของวัตถุดิบทั้งมีค่าเท่ากับ 73.44 โปรตีน 70.57 เยื่อใย 78.27 ไขมัน 64.59 และพลังงาน 86.51 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ในสุกรขุนของวัตถุดิบทั้งมีค่าเท่ากับ 72.75 โปรตีน 69.28 เยื่อใย 78.79 ไขมัน 69.03 และพลังงาน 83.23 เปอร์เซ็นต์

1.2 การย่อยได้ของโภชนะในกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์

ผลของกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์เพียงอย่างเดียวต่อการย่อยได้ของโภชนะในระยะสุกรรุ่นและขุนพบว่า การย่อยได้ในสุกรรุ่น ของวัตถุดิบทั้งมีค่าเท่ากับ 63.24 โปรตีน 71.54 เยื่อใย 68.52 ไขมัน 65.47 และ พลังงาน 65.95 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ในสุกรขุน ของวัตถุดิบทั้งมีค่าเท่ากับ 67.10 โปรตีน 70.04 เยื่อใย 67.84 ไขมัน 68.18 และพลังงาน 67.71 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 21 การย่อยได้ของโภชนะปลายข้าวเปรียบเทียบกับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์
ในสุกรรุ่น

องค์ประกอบโภชนะ	ปลายข้าว	กากมันสำปะหลัง ผสมกากตะกอนเบียร์
การย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง (%)	73.44 ^a	63.24 ^b
การย่อยได้ของโปรตีน(%)	70.57 ^a	71.54 ^a
การย่อยได้ของเยื่อใย (%)	78.27 ^a	68.52 ^b
การย่อยได้ของไขมัน(%)	64.59 ^a	65.47 ^a
การย่อยได้ของพลังงาน (%)	82.53 ^a	65.95 ^b

หมายเหตุ: อักษรตัวแรกของค่าเฉลี่ยภายในแถวเดียวกันต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 22 การย่อยได้ของโภชนะปลายข้าวเปรียบเทียบกับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์
ในสุกรขุน

องค์ประกอบโภชนะ	ปลายข้าว	กากมันสำปะหลัง ผสมกากตะกอนเบียร์
การย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง (%)	72.75 ^a	67.10 ^a
การย่อยได้ของโปรตีน(%)	69.28 ^a	70.04 ^a
การย่อยได้ของเยื่อใย (%)	78.79 ^a	67.84 ^b
การย่อยได้ของไขมัน(%)	69.03 ^a	68.18 ^a
การย่อยได้ของพลังงาน(%)	83.23 ^a	67.71 ^b

หมายเหตุ: อักษรตัวแรกของค่าเฉลี่ยภายในแถวเดียวกันต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเปี้ยวในแต่ละชุดที่นำมาใช้ทดแทนปลายข้าว พบว่า มีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง 91.54 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 9.91 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 7.58 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 5.38 เปอร์เซ็นต์ เถົา 9.71 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม 4,125 แคลอรีต่อกรัม ดังแสดงในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเปี้ยว

องค์ประกอบทางเคมี	ชุด							ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	
วัตถุแห้ง (%)	90.59	90.80	91.58	92.57	91.41	91.35	92.45	91.54
โปรตีน (%)	9.73	9.83	10.12	9.87	11.25	9.44	9.13	9.91
ไขมัน (%)	3.31	4.10	4.78	6.86	6.49	6.19	5.92	5.38
เยื่อใย (%)	8.66	8.74	2.63	9.38	2.97	9.58	11.13	7.58
เถົา (%)	9.73	8.34	9.54	10.24	8.57	11.28	10.30	9.71
พลังงานรวม (แคลอรี/กรัม)	3,826	4,055	4,037	4,287	4,253	4,220	4,196	4,125

องค์ประกอบทางเคมีจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี proximate analysis ในอาหารสุกสุกและสุกสุก แสดงดังตารางที่ 24 และ 25

ตารางที่ 24 ส่วนประกอบ และองค์ประกอบทางเคมีโดยการวิเคราะห์ของสูตรอาหารสุกรรุ่น*

วัตถุดิบ (กิโลกรัม)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ปลายข้าว	33.00	16.50	8.00	-
กากมันสำปะหลัง+กากตะกอนเบียร์	-	16.50	25.00	33.00
ข้าวโพด	10.00	10.00	10.00	10.00
รำละเอียด	20.00	20.00	20.00	20.00
กากถั่วเหลือง (44%CP)	16.65	16.65	16.65	16.65
ถั่วอบไขมันเต็ม	10.00	10.00	10.00	10.00
น้ำมันปาล์ม	3.00	3.00	3.00	3.00
ปลาป่น (55%CP)	5.00	5.00	5.00	5.00
ไลซีน	0.20	0.20	0.20	0.20
เมทไธโอนีน	0.10	0.10	0.10	0.10
โมโนไคแคลเซียมฟอสเฟส (P 21)	1.70	1.70	1.70	1.70
เกลือ	0.10	0.10	0.10	0.10
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
องค์ประกอบทางเคมีจากการวิเคราะห์				
วัตถุแห้ง (%)	86.29	88.82	88.65	90.00
โปรตีน (%)	17.12	18.50	18.67	18.20
เยื่อใย(%)	2.53	4.66	5.25	6.18
ไขมัน(%)	10.80	12.07	12.58	12.55
เถ้า(%)	4.84	6.50	7.76	8.56
พลังงานรวม (แคลอรี/กรัม)	4,582	4,676	4,709	4,624

* เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในอัตราส่วน 1 กิโลกรัมต่อตันอาหาร

ตารางที่ 25 ส่วนประกอบ และองค์ประกอบทางเคมีโดยการวิเคราะห์ของสูตรอาหารสุกรขุน*

วัตถุดิบ (กิโลกรัม)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ปลายข้าว	10.00	5.00	2.50	-
กากมันสำปะหลัง+กากตะกอนเบียร์	-	5.00	7.50	10.00
ข้าวโพดบด	40.00	40.00	40.00	40.00
รำละเอียด	24.00	24.00	24.00	24.00
รำสกัดน้ำมัน	5.00	5.00	5.00	5.00
กากถั่วเหลือง(44%โปรตีน)	15.50	15.50	15.50	15.50
ปลายป่น(55%โปรตีน)	4.00	4.00	4.00	4.00
ไลซีน	0.10	0.10	0.10	0.10
เมทไธโอนีน	0.05	0.05	0.05	0.05
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต(P21)	1.00	1.00	1.00	1.00
เกลือป่น	0.10	0.10	0.10	0.10
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
องค์ประกอบทางเคมีจากการวิเคราะห์				
วัตถุแห้ง(%)	89.22	90.03	91.13	88.80
โปรตีน(%)	15.78	16.19	16.47	15.30
เยื่อใย(%)	3.12	3.46	4.27	4.44
ไขมัน(%)	8.80	9.43	8.92	8.56
เถ้า(%)	5.28	6.87	6.92	7.21
พลังงานรวม (แคลอรี/กรัม)	4,456	4,341	4,490	4,397

* เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในอัตราส่วน 1 กิโลกรัมต่อตันอาหาร

2. ผลของการใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าว ต่อประสิทธิภาพการผลิตของสุกร

ศึกษาจากอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและปริมาณอาหารที่กินของสุกรที่ได้รับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าวระดับต่างๆ

2.1 อัตราการเจริญเติบโต

สุกรรุ่นที่ได้รับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าวในระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.955 1.141 0.977 0.941 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ

สุกรขุนที่ได้รับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าวในระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.933 0.918 0.847 0.902 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตตลอดการทดลองสุกรรุ่นถึงขุนพบว่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.939 0.983 0.885 0.913 กิโลกรัมต่อวัน และเมื่อสิ้นสุดการทดลองสุกรมีน้ำหนักเฉลี่ย 101.80 104.33 97.30 และ 100.40 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 26

2.2 ปริมาณอาหารที่กิน

สุกรรุ่นที่ได้รับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าวในระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินอาหารที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.93 2.14 1.87 1.88 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ

สุกรขุนที่ได้รับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าวในระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินอาหารไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.46 2.54 2.31 2.44 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ

ปริมาณการกินอาหารตลอดการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.20 2.34 2.09 และ 2.16 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 26

2.3 ประสิทธิภาพการใช้อาหาร

สุกรรุ่นที่ได้รับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าวในระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.05 1.90 1.94 2.02 ตามลำดับ

สุกรขุนที่ได้รับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าวในระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.63 2.77 2.73 และ 2.70 ตามลำดับ

ประสิทธิภาพการใช้อาหารตลอดการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.34 2.38 2.36 และ 2.37 ตามลำดับ พบว่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 26

3. กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ในอาหารต่อคุณภาพซากสุกร

ลักษณะที่เกี่ยวกับคุณภาพซาก ได้แก่ ความหนาไขมันสันหลัง ความลึกเนื้อสัน พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง แสดงดังตารางที่ 27

3.1 ความหนาไขมันสันหลัง

จากการใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ ทดแทนปลายข้าวที่ระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารต่อความหนาไขมันสันหลังพบว่า ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.52 1.67 1.62 และ 1.62 นิ้ว ตามลำดับ

3.2 ความลึกเนื้อสัน

ผลของการใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าวที่ระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารต่อความลึกเนื้อสันพบว่า ไม่แตกต่างกัน($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.85 6.03 6.19 และ 5.99 นิ้ว ตามลำดับ

ตารางที่ 26 ผลของกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตของ สุกรรุ่น-ขุน

สมรรถนะการผลิต	ระดับการทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหาร (%)				
	0	50	75	100	SE
จำนวนสุกร (ตัว)	12	12	12	12	
น้ำหนักเริ่มต้น (กก.)	44.47	44.33	43.28	44.66	1.63
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	101.80	104.33	97.30	100.40	2.15
จำนวนวันที่เลี้ยง (วัน)	64.00	64.00	64.00	64.00	-
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)					
สุกรรุ่น (40-60 กก.)	955.00	1141.00	977.00	941.00	39.55
สุกรขุน (60-100 กก.)	933.00	918.00	847.00	902.00	24.83
สุกรรุ่น-ขุน	939.83	983.60	885.57	913.77	29.16
ปริมาณอาหารที่กิน (กก./วัน)					
สุกรรุ่น (40-60 กก.)	1.93	2.14	1.87	1.88	0.05
สุกรขุน (60-100 กก.)	2.46	2.54	2.31	2.44	0.07
สุกรรุ่น-ขุน	2.20	2.34	2.09	2.16	0.06
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร					
สุกรรุ่น (40-60 กก.)	2.05	1.90	1.94	2.02	0.10
สุกรขุน (60-100 กก.)	2.63	2.77	2.73	2.70	0.04
สุกรรุ่น-ขุน	2.34	2.38	2.36	2.37	0.07

3.3 พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน

การใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าวที่ระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันพบว่า ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.94 41.04 41.99 และ 40.85 ตารางนิ้ว ตามลำดับ

3.4 เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง

ผลการใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าวที่ระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงพบว่า ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.95 54.74 56.05 และ 54.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 27 ผลของกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ในอาหารต่อคุณภาพซากของสุกร

ลักษณะซาก	ระดับการทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหาร(%)				
	0	50	75	100	SE
ความหนาไขมันสันหลัง (นิ้ว)	1.52	1.67	1.62	1.62	0.06
ความลึกเนื้อสัน (นิ้ว)	5.85	6.03	6.19	5.99	0.18
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (นิ้ว ²)	39.94	41.04	41.99	40.85	1.05
เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (%)	54.95	54.74	56.05	54.90	0.53

4. การใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ต่อต้นทุนค่าอาหารสุกร

การทดแทนปลายข้าว ด้วยกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ ที่ระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ต่อต้นทุนค่าอาหารที่ใช้เพิ่มน้ำหนักสุกร 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 28.) ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยในช่วงสุกรรุ่น เท่ากับ 21.26 19.13 19.24 และ 19.74 บาท ตามลำดับ สุกรขุน เท่ากับ 21.75 22.65 22.19 และ 21.84 บาท ตามลำดับ

ตารางที่ 28 ราคาอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวสุกร 1 กิโลกรัม

		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	SE
ราคาอาหารต่อกิโลกรัม (บาท)						
สุกรรุ่น	(40-60 กก)	10.37	10.07	9.92	9.77	-
สุกรขุน	(60-100 กก)	8.27	8.18	8.13	8.09	-
ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ¹ (บาท)						
สุกรรุ่น	(40-60 กก)	21.26	19.13	19.24	19.74	1.05
สุกรขุน	(60-100 กก)	21.75	22.65	22.19	21.84	0.35

¹ ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

= ราคาอาหารต่อกิโลกรัม × ประสิทธิภาพการใช้อาหาร

วิจารณ์

1. ศึกษาการย่อยได้ของกากมันสำปะหลัง ผสมกากตะกอนเบียร์ ในสุกรรุ่น และขุน

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปลายข้าวที่ใช้ทดลอง พบว่า มีความชื้น 11.41 โปรตีน 6.73 ไขมัน 1.24 เยื่อใย 2.38 และเถ้า 1.06 เปอร์เซนต์ ซึ่งค่าที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2527) รายงานว่า ปลายข้าว มีค่า ความชื้น 12.57 โปรตีน 8.02 ไขมัน 0.9 เยื่อใย 0.9 และเถ้า 0.7 เปอร์เซนต์ จากการสุ่ม 17 ตัวอย่าง เนื่องจากปลายข้าวที่ใช้มีการปลอมปนของดอกหญ้า แกลบข้าวเปลือก ทำให้องค์ประกอบทางเคมี และการย่อยได้ต่ำลง เนื่องจากในดอกหญ้า และพืชประเภทข้าวฟ่างมีสารแทนนิน (tannin) (Yu *et al.* 1993) ซึ่งมีผลทำให้การย่อยได้ของโภชนะลดลง (Yu *et al.* 1996) ส่วนกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์จะเห็นได้ว่าค่าเยื่อใยที่ได้จากการวิเคราะห์มีความแปรปรวนของแต่ละชุด เนื่องจากความแตกต่างของอายุ สายพันธุ์ กรรมวิธีการผลิต (Gomez *et al.*, 1984)

จากการศึกษาการย่อยได้ (apparent digestibility) ของปลายข้าวเปรียบเทียบกับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ ในสุกรรุ่น พบว่า การย่อยได้ของวัตถุแห้งในปลายข้าวเปรียบเทียบกับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.44 และ 63.24 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจาก กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ มีเยื่อใย 14.66 เปอร์เซนต์ ส่วนปลายข้าวมีเยื่อใย 2.38 เปอร์เซนต์ สอดคล้องกับ Bowland (1972); Cole *et al.* (1972) และ Frank *et al.* (1983) ที่กล่าวว่าระดับเยื่อใยในอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลง เช่นเดียวกับ สุกัญญา (2546) ศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังในสุกรรุ่นในระดับ 10 20 และ 30 เปอร์เซนต์ พบว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลงตามระดับกากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร

การย่อยได้ของโปรตีน ในปลายข้าวเปรียบเทียบกับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ มีค่าเฉลี่ย 70.57 และ 71.54 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ไขมันมีค่าเฉลี่ย 64.59 และ 65.47 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ซึ่งพบว่าการย่อยได้มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่ค่าการย่อยได้ของโปรตีนและไขมันในกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์มีค่าสูงกว่าอาจจะเป็นเพราะกากมันสำปะหลัง

ผสมกากตะกอนเบียร์มีโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สูงกว่า เนื่องจากสเปรย์ด้วยน้ำอัดปลา มีแหล่งโปรตีนจากจุลินทรีย์ในกากตะกอนเบียร์ และเพิ่มไขมันด้วย น้ำมันปลาทูน่า 5 เปอร์เซ็นต์

เมื่อปลายข้าวเปรียบเทียบกับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ ต่อการย่อยได้ของเยื่อใย เฉลี่ย 78.27 และ 68.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการย่อยได้ของพลังงานเฉลี่ย 82.53 และ 65.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ปลายข้าว สูงกว่า กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เหตุที่การย่อยได้ดีกว่า เนื่องจากปลายข้าวมีปริมาณเยื่อใยต่ำกว่า กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ และอาหารที่มีเยื่อใยสูง จะทำให้การย่อยได้ของโภชนะลดลง สอดคล้องกับ Frank *et al.* (1983) ที่กล่าวว่าระดับเยื่อใยในอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้การย่อยได้ลดลง

การศึกษาการย่อยได้ (apparent digestibility) ของปลายข้าวเปรียบเทียบกับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ ในสุกรขุนพบว่า การย่อยได้ของปลายข้าวเปรียบเทียบกับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ วัตถุดิบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.75 และ 67.10 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน มีค่าเฉลี่ย 69.28 และ 70.04 เปอร์เซ็นต์ ไขมันมีค่าเฉลี่ย 69.03 และ 68.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากว่า กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ได้ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะ โดยใช้สเปรย์น้ำมันปลาทูน่า และน้ำอัดปลา แต่จะเห็นได้ว่าการย่อยได้ของโภชนะในกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ ส่วนใหญ่มีแนวโน้มค่าต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากอาหารที่มีเยื่อใยสูง จะทำให้การย่อยได้ของโภชนะลดลง เช่นเดียวกับ อาทิตย์ (2527) ที่ได้ศึกษาการย่อยได้ของวัตถุดิบในสุกรรุ่น-ขุน สูตรอาหารเปรียบเทียบ สูตรใบกระถิน สูตรใบปอแก้วและสูตรใบมันสำปะหลัง พบว่าการย่อยได้ของวัตถุดิบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อระดับเยื่อใยในอาหารเพิ่มมากขึ้น

การย่อยได้ของเยื่อใยในปลายข้าวเปรียบเทียบกับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ มีค่าเฉลี่ย 78.79 และ 67.84 เปอร์เซ็นต์ และ พลังงาน มีค่าเฉลี่ย 83.23 และ 67.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า การย่อยได้ของปลายข้าว สูงกว่า กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่ง Bowland (1972); Cole *et al.* (1972) และ Frank *et al.* (1983) ที่กล่าวว่าระดับเยื่อใยในอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้การย่อยได้ลดลง

2. การใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ต่อสมรรถภาพผลผลิต

การใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าวระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสุกรรุ่น และขุน ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และต้นทุนค่าอาหาร ปรากฏว่า สุกรแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหารต่าง ๆ มีอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ความหนาไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ความลึกเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ของสุกรรุ่น สุกรขุน และตลอดการทดลอง ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ที่เป็นเช่นนี้เพราะกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ที่ใช้ในการศึกษาได้รับการปรับปรุงคุณภาพให้มีโภชนะใกล้เคียงกับปลายข้าว และเชื้อใยในสูตรอาหารสุกรรุ่น และขุนยังไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ ดังรายงานของ Cunha (1977) กล่าวว่า ประสิทธิภาพการใช้อาหารสุกรมีระดับเชื้อใยได้ถึง 8 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการบดเชื้อใยให้ละเอียดพอ ผ่านตะแกรง 3 -4 มิลลิเมตร และจากผลการทดลองหาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารสุกรรุ่นและขุน พบว่าการย่อยได้ของโภชนะจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี แสดงว่าสุกรสามารถใช้ประโยชน์จากโภชนะในอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ อุทัย และคณะ (2548) ได้ทดลองใช้กากมันสำปะหลังแห้งเป็นวัตถุดิบอาหารในสูตรอาหารแม่สุกรอุ้มท้อง โดยใช้ได้เต็มที่ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยไม่มีผลทำให้สมรรถภาพการสืบพันธุ์และสมรรถภาพการผลิตของแม่สุกรแตกต่างจากกลุ่มควบคุม

ปริมาณอาหารที่กินตลอดการทดลอง 2.20 2.34 2.09 และ 2.16 กิโลกรัมต่อวันตามลำดับ ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) จากส่วนผสมของกากมันสำปะหลังกับกากตะกอนเบียร์ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร เนื่องจาก กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ได้ปรับปรุงคุณภาพ ด้วยการแต่งกลิ่นด้วยน้ำอัดปลาและสเปรย์ด้วยน้ำมันปลา ซึ่งเพิ่มความน่ากินของอาหาร ลดความฟ้าม และเพิ่มระดับพลังงานในสูตรอาหารใกล้เคียงกับสูตรควบคุม จึงทำให้ปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่ง ดำรงชัย (2548) ศึกษาการใช้มันสำปะหลังที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ ทดแทนปลายข้าว ที่ ระดับ 0 25 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสุกรรุ่นพบว่าปริมาณอาหารที่กินไม่มีความแตกต่างกัน อุทัย และคณะ (2548) ได้ทดลองใช้กากมันสำปะหลังแห้งเป็นวัตถุดิบอาหารในสูตรอาหารแม่สุกรเลี้ยงลูก โดยใช้ 10 20 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยปริมาณการกินของแม่สุกรไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม Bernard (1975) รายงานว่า พฤติกรรมการกินอาหารของสุกร ถูกควบคุมด้วยปัจจัยหลายอย่าง ที่สำคัญคือ โภชนะในอาหาร โดยสัตว์จะกินอาหาร

เพื่อให้ได้พลังงานเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย และอีกปัจจัยหนึ่ง คือ ความน่ากินของอาหาร

อัตราการใช้พลังงานตลอดการทดลอง มีค่า 0.939 0.983 0.885 และ 0.913 กิโลกรัมต่อวัน ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แม้ว่าระดับเชื้อเอนไซม์จะต่างกัน ตามระดับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร แต่ระดับเชื้อเอนไซม์ยังไม่สูงเกินกว่าที่จะทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยลดลงมาก ดังรายงานของ Teague and Hanson (1954) และอาหารทดลองที่ใช้ทั้ง 4 สูตร มีระดับ พลังงาน และโปรตีน ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ปริมาณการกินอาหารไม่แตกต่างกันด้วย ดังนั้น ประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรรุ่นและสุกรขุน ก็ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย 2.34 2.38 2.36 และ 2.37 ตามลำดับ เนื่องจากสุกรทุกกลุ่ม ได้รับโภชนาการครบตามความต้องการของ NRC (NRC, 1998) และระดับเชื้อเอนไซม์ในสูตรอาหารไม่สูงในระดับที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการเสริมเอนไซม์ย่อยเชื้อเอนไซม์ (non-starch polysaccharide enzyme, NSPase) ในอาหาร ทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น แม้ว่าเชื้อเอนไซม์ของอาหารสูตรทดลองมีระดับสูงกว่ากลุ่มควบคุมตามระดับกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ ซึ่งอุทัย และคณะ (2549) รายงานว่า การเสริมเอนไซม์ผสมลงในสูตรอาหารที่มีการใช้รำสกัดน้ำมันระดับสูง พบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่าไม่ได้เสริมเอนไซม์ผสม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารไฟดิน และสารประเภทโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch polysaccharides) เป็นสารขัดขวางโภชนาที่มีในรำสกัดน้ำมัน และสามารถย่อยสลายได้ด้วยการเสริมเอนไซม์ดังกล่าวลงในสูตรอาหาร สอดคล้องกับการศึกษาของ Officer (1995) ที่รายงานผลของการเสริมเอนไซม์รวมที่ประกอบด้วยเอนไซม์ อะไมเลส โปรติเอส ไลเปส และเบต้ากลูคาเนส ในอาหารลูกสุกรทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีขึ้น

3. กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ในอาหารต่อคุณภาพซากสุกร

จากผลการทดลอง พบว่า ความหนาไขมันสันหลัง ความลึกเนื้อสัน พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แสดงว่าการทดแทนปลายข้าวด้วยกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ โดยที่ไม่ส่งผลต่อคุณภาพซาก ซึ่งสุกัญญา (2546) ที่ได้ทดลองใช้กากมันสำปะหลังเสริมในอาหารระดับ 0 10 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า คุณภาพซาก ในส่วนของเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ความยาวซาก และความหนาไขมันสันหลังไม่แตกต่างกัน และ Chakrit (2000) ที่ได้ทดลองใช้มันเส้นเสริมในอาหารระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า คุณภาพซากในส่วนของเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ความยาวซากและความหนาไขมันสันหลังไม่มีความแตกต่างกัน สอดคล้องกับ ศาโรชและเขาวมาลย์ (2528) ที่ได้ทำการเปรียบเทียบระดับของมันสำปะหลังใน

อาหารที่ระดับ 0 20 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ลักษณะซากไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่ง Campell *et al.* (1970) รายงานว่าระดับของเยื่อใย 3.5 5.5 และ 11.5 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสุกรรุ่นและขุน โดยแต่ละสูตรมีระดับพลังงานเท่ากันตามความต้องการ NRC (NRC, 1998) พบว่าคุณภาพซากไม่แตกต่างกัน เพราะสุกรใช้ประโยชน์จากอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เห็นได้จากการย่อยได้ของอาหารอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งดูได้จากการทดลองหาการย่อยได้ในระยะสุกรรุ่นและขุน ทำให้การเจริญเติบโตเป็นไปในทางที่ดี ดังนั้นจึงส่งผลให้คุณภาพซากของสุกรดีไปด้วย

4. การใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ต่อต้นทุนค่าอาหารสุกร

เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหาร ซึ่งปัจจัยที่ป็นตัวกำหนด ขึ้นกับราคา และประสิทธิภาพการใช้อาหาร เพราะแม้ว่าราคาอาหารจะเท่ากัน หรือต่ำกว่า แต่ก็อาจไม่ทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ต่ำกว่า การทดลองครั้งนี้ระยะสุกรรุ่นที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 2 3 และ 4 มีประสิทธิภาพการใช้อาหาร 2.05 1.90 1.94 และ 2.02 ตามลำดับ และต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัม เท่ากับ 10.37 10.07 9.92 และ 9.77 ตามลำดับ และแม้ว่าราคาอาหารต่อกิโลกรัม สูตรที่ 2 จะสูงกว่าสูตรอาหารที่ 3 และ 4 แต่ก็พบว่าต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของสูตรที่ 2 ต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 19.13 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 3 และ 4 จะต่ำกว่า 2.13 0.11 และ 0.61 บาท เนื่องจากอาหารสูตรที่ 2 มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดี แม้ราคาอาหารสูงกว่า สูตรที่ 3 และ 4 ส่วนในสุกรระยะขุน พบว่า ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว ในสูตรที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 21.75 22.65 22.19 และ 21.84 ตามลำดับ ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) และการใช้กากมันสำปะหลัง ผสมกากตะกอนเบียร์ มีระดับต่ำในสูตรอาหาร เนื่องจากปลายข้าวที่ใช้ในสูตรอาหารสุกรขุน มีปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะใช้ข้าวโพดเป็นส่วนใหญ่ ถึง 40-45 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าพิจารณาถึงการทดแทนส่วนผสมของกากมันสำปะหลัง กับกากตะกอนเบียร์ในข้าวโพดด้วยแล้ว ต้นทุนค่าอาหารที่ได้จะต่ำกว่านี้ สุทธิญา (2546) รายงานว่า การใช้กากมันสำปะหลังในสุกรรุ่นและขุน ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร ทำให้ลดต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ได้ 1.10 บาท แสดงว่าการเลือกใช้กากมันสำปะหลัง ผสมกากตะกอนเบียร์ เป็นวัตถุดิบทดแทนในอาหารสุกรได้ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดต้นทุนค่าอาหาร นอกเหนือจากนั้นยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมได้

สรุป และข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การย่อยได้ของ วัตถุแห้ง เยื่อใย และพลังงานในสุกรรุ่น พบว่าในปลายข้าวสูงกว่าในกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ ($P < 0.05$) ส่วนโปรตีน และไขมันไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ในสุกรขุน พบว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ส่วนโปรตีน เยื่อใย ไขมัน และพลังงาน ผลเช่นเดียวกับสุกรรุ่น

2. การใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารสามารถใช้ได้สูงถึงระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อ อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และคุณภาพซาก ของสุกรรุ่น และสุกรขุน

3. ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ในการใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ในสูตรอาหารที่ 2 3 และ 4 สุกรรุ่นสามารถลดต้นทุนค่าอาหาร ต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ได้ถึง 2.13 2.02 และ 1.52 บาท ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ส่วนสุกรขุนไม่แตกต่างกัน ที่ราคากากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ ใช้ในการทดลองราคา กิโลกรัมละ 6 บาท

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้กากมันสำปะหลังผสมในสูตรอาหารควรทราบถึงแหล่งผลิต ในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย กระบวนการผลิต รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะเยื่อใย ก่อนที่จะนำมาใช้ เพราะคุณภาพของกากมันสำปะหลังในแต่ละพื้นที่ มีความผันแปร และกระบวนการผลิตในแต่ละแหล่งผลิตนั้น มีความแตกต่างกัน

2. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มระดับของกากมันสำปะหลังที่สูงกว่างานทดลองนี้ เพื่อให้ทราบถึงระดับที่ใช้ได้สูงสุด

3. ศึกษาเพิ่มเติมการใช้กากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์เป็นวัตถุดิบทดแทนข้าวโพด เนื่องจากในสุกรขุนใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบหลักในสูตรอาหาร

4. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้กากมันสำปะหลังเพิ่มเติมขึ้นอีก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์เศรษฐกิจอื่น ๆ เพราะปริมาณของผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณมาก และมากขึ้นเรื่อย ๆ ทุกปี จึงควรรนำมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด

เอกสาร และสิ่งอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ. 2546. รายงานสถานการณ์น้ำมันสำปะหลังเดือน กันยายน 2546.

กองอาหารสัตว์. 2527. ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์. แหล่งที่มา :

http://www.dld.go.th/nutrition/exhibision/feed_stuff.html.

กฤตพล สมมาตย์. 2544. รายงานความก้าวหน้าการวิจัย ครั้งที่ 2 โครงการวิจัยและพัฒนาและ
พัฒนาการใช้ประโยชน์จากหัวมันสำปะหลังเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อลดต้นทุน
การผลิต (เอกสารยังไม่ตีพิมพ์). ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จิราภรณ์ โล่ห้วงศ์วัฒน. 2525. การผลิตกรดซิตริกจากกากมันสำปะหลังโดยใช้เชื้อ *Aspergillus
niger*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิรสิทธิ์ สงค์ประเสริฐ. 2529. การขุนโคกระบือ. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, เชียงใหม่.
155 น.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2532. มันสำปะหลัง : การปลูก อุตสาหกรรมการแปรรูปและการใช้
ประโยชน์. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชวนิศนดากร วรวรรณ. 2500. หลักการให้อาหารสัตว์ : หลักวิชาอาหารสัตว์โดยทั่วไปและคุณค่า
ของวิธีให้อาหารสัตว์ สำหรับประเทศไทย. แผนกวิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพ ฯ. 210 น.

ชไมพร บุรุษโรจน์ และสุกัญญา บุญกาญจน์. 2545. การสำรวจการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จาก
โรงงานแปรงมันสำปะหลังในเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี. ภาควิชา
สัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชาญ อภิพร. 2537. การเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษามันสำปะหลัง. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการ
เกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 210 หน้า.

ดวงรัตน์ มุกต์มณี. 2540. การเจริญเติบโตและจำนวนรอดของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม
กากตะกอนของโรงงานผลิตเบียร์ในอัตราที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดำรงชัย โสภณพัฒน์. 2548. การศึกษาการใช้ปลายข้าวเทียมเป็นแหล่งพลังงานทดแทนปลายข้าวใน
อาหารสุกร. วารสารสัตวบาล. 149: 52-55.

ทรงศักดิ์ วัฒนชัยเสรีกุล. 2543. อาหารสัตว์จากกากมันสำปะหลังหมัก. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทวี แก้วคง. 2527. โภชนศาสตร์เบื้องต้นและการให้อาหารสัตว์. สำนักพิมพ์เกษตรไทย,
กรุงเทพฯ. 242 น.

นภาพร ชีระศักดิ์ศิลป์. 2538. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และการใช้ประโยชน์ได้ของกากมัน
สำปะหลังในสุกรรุ่น. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรรณี ศุภนิมิตกุล. 2524. ผลของการใช้กากตะกอนของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตนมที่ผ่าน
การเตรียมต่างกรรมวิธีต่อคุณลักษณะของไก่กระທ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิรพจน์ นิตพจน์ และกฤตพล สมมาตย์. 2546. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทาง
โภชนาการอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของกากมันสำปะหลัง และเปลือกมันสำปะหลัง โดยวิธี In
vitro gas production technique. การสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2546. คณะ
เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิรพจน์ นิติพนธ์. 2547. ผลของการใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารพลังงานทดแทนมัน
สำปะหลังเส้นในสูตรอาหารขึ้นต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมักความสามารถในการ
ย่อยได้ และการเจริญเติบโตในโคนมรุ่น. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์ และ ฉลอง วชิราภกร. 2533. เทคนิคการให้อาหารโคเนื้อและโคนม.
ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 142 หน้า.

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2540. รายงานประจำปี 2540. กรุงเทพฯ.

วราพันธุ์ จินตณวิชัย อุทัย คั่นโธ และสุกัญญา จิตตพรพงษ์. 2548. การศึกษาหาการย่อยได้ของ
โภชนะในรำสกัดน้ำมันในสุกรระยะรุ่นและระยะขุน. การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 43.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 104-111.

วิทยา ดินนังวัฒนะ. 2539. การเลี้ยงปลานิลด้วยกากตะกอนจากโรงงานผลิตเป็ร์ที่ผ่านการฉาย
รังสี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____ และ ทวี วิพุทธานุมาส. 2543. การเลี้ยงปลาตะเพียนขาวด้วยอาหารผสมกาก
ตะกอนจากโรงงานผลิตเป็ร์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 12. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัด
เพชรบุรี. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 21 หน้า

วิไล สันติโสภาสรี, กาญจนา คุ้มโรจนวงศ์ และกล้าณรงค์ ศรีรอด. 2541. การเปลี่ยนแปลงองค์
ประกอบทางชีวเคมีในหัวมันสำปะหลังเปรียบเทียบพันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยว. รายงาน
การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย. 2546. กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง. แหล่งที่มา :

<http://www.tapiocathai.org/ttsa/process/index.htm>.

สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย. 2539. **อุตสาหกรรมปลาป่นไทย**. สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย, กรุงเทพฯ.
43 น.

สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 2544. **รายงานคณะกรรมการบริหาร
สมาคมฯ ประจำปี 2543-2544**. นครราชสีมา.

สาวิตร ตระกูลนำเลื่อมใส. 2530. การเลี้ยงเชื้อ *Rhodopseudomonas gelatinosa* จากกากมัน
สำปะหลังเพื่อเป็นอาหารปลา และเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงและคุณค่าทางโภชนาการโดย
การเลี้ยงผสมกับเชื้อ *Rhodopseudomonas sphaeroides* P47. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สาโรช คำเจริญ, เขาวมาลย์ คำเจริญ และณรงค์ กิจพาณิชย์. 2521. การใช้มันสำปะหลัง
เลี้ยงสุกร. **แก่นเกษตร**. 6: 329-337.

_____ เขาวมาลย์ คำเจริญ, ณรงค์ กิจพาณิชย์, กนก ผลารักษ์ และศุภชัย งามศักดิ์.
2527. **คุณภาพผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไทยและการใช้สำปะหลังทดแทนผลิตภัณฑ์ธัญ
พืชในอาหารสัตว์**. สัมมนาทางวิชาการ ณ โรงแรมนิวอิมพีเรียล กรุงเทพฯ, 12 มกราคม
2527.

_____ และเขาวมาลย์ คำเจริญ. 2528. การใช้มันสำปะหลังในอาหารสัตว์ สุกร เป็ด
และไก่. **วารสารเผยแพร่ ฉบับที่ 1** ชุมชุมเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร. กรุงเทพฯ.

ศุภัญญา จิตตพรพงษ์. 2530. **วัตถุดิบอาหารสัตว์ การใช้และการตรวจสอบคุณภาพ**. หน้า 6-7.

_____ 2543. **การแก้ปัญหา มันสำปะหลังเป็นเรื่องของเรา**. รายงานประจำปี คณะกรรมการบริหาร
สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประจำปี 2543-2544.
นครราชสีมา.

สุกัญญา ทิมทอง. 2546. ผลของกากมันสำปะหลังในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากของสุกรรุ่น-ขุน. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุนีย์ โชตินิรนาท. 2539. การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากกากมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์และอัลตราฟิลเทรชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรพงษ์ เจริญรัต. 2526. อุตสาหกรรมมันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

เสาวนิตย์ คูประเสริฐ. 2527. อาหารสัตว์เบื้องต้น. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา. 134 หน้า.

_____. 2529. บทปฏิบัติการการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 192 หน้า.

อังคณา หาญบรรจง และ ดวงสมร สีนเจิมศิริ. 2526. การวิเคราะห์อาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 97 หน้า.

อมรเดช พุทธิพิพัฒน์ขจร และเพ็ญจิตร ศรีนพคุณ. 2542. ความเป็นไปได้ในการใช้กากมันสำปะหลังหมักเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์. วิศวกรรมสาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 37 : 41.

อาทิตย์ วิบูลชัย. 2527. การศึกษาการใช้ใบกระถิน ใบปอแก้วหรือใบมันสำปะหลังผสมกับมันสำปะหลังหมัก เพื่อเป็นอาหารสุกรเนื้อสำหรับผู้เลี้ยงรายย่อย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อุทัย พิสนท์, จีรวัชร เข้มสวัสดิ์ และจำรัส แสงหิรัญ. 2518. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสุกรขุน . สารานุกรม. 23(5):11-20.

อุทัย คันโธ. 2546. มันสำปะหลังวัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับสัตว์รายใหม่ ตลาดยังกว้างไกลทั้งในประเทศและต่างประเทศ ตอนหนึ่ง. **บทความพิเศษ/เอกสารวิเคราะห์**, กรมการค้าต่างประเทศ. แหล่งที่มา :

http://www.dft.moc.go.th/document/Tapioca/data/article_animalfoodl.htm.

_____ สุกัญญา จิตตพรพงษ์ และวิไลลักษณ์ ชาวอุทัย. 2540. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์. เอกสารเผยแพร่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____ สุกัญญา จิตตพรพงษ์. 2547. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ ผลการใช้ และข้อมูลการวิจัยในประเทศไทย. 99 หน้า.

_____ สุกัญญา จิตตพรพงษ์ และไพฑูรย์ มูลจิตร. 2548. การใช้กากแป้งมันสำปะหลังเป็นอาหารแม่สุกรอู้มท้อง และเลี้ยงลูก. การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 43 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 53-58.

_____ วราพันธุ์ จินตณวิชัย และ สุกัญญา จิตตพรพงษ์. 2549. ผลของการใช้รำสกัดน้ำมันที่ระดับต่าง ๆ และการเสริมเอนไซม์ผสมในสูตรอาหารสุกรที่ใช้รำสกัดน้ำมันระดับสูง ต่อสมรรถภาพการผลิตในสุกรระยะรุ่น-ขุน. การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 44 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 93-101.

Balagopalan C., G. Padmaja, S.K. Nanda and S.N. Moorthy. 1988. **Cassava in Food, Feed and Industry**. CRC Press, Inc., Florida. 205 p.

Baxter, J.C., B. Barry, D.E. Johnson and E.W. Kienholz. 1982. Heavy metal retention in cattle tissues from ingestion of sewage sludge. **J. Environ Qual** 11: 616-620.

Bays, J.D. 1977. Belebtschlam ein neues Brauereineben product, p17. Cited by L. Vriens, R. Nihoul and H. Verachert. Activated sludge as animal feed: **A review. Biological Wastes** 27: 161-267.

- Bernard, R.A. 1975. Olfaction and Taste. 5th ed. Denton, D.A., Coghlan, J.P. Academic Press, New York. 467 p.
- Bowland, J. P. 1972. Unprocessed repseed treated with propionic acid in diet of growing pig : performance, energy and protein, digestibility and nitrogen retention, carcass measurement, and fatty acid composition of backfat. **Can. J. Anim. Sci.** 52:553.
- _____. H. Bickel, H. P. Firter, C. P. Wenk and A. Schuch. 1970. Respiration calorimeters studies with growing pigs fed diets containing from three to twelve percent crude fiber. **J. Anim. Sci.** 31:494.
- Cambell , E.W., G.C. Ashton and L.E. Loyd. 1970. Improvement of bacon carcass quality by the introduction of fibrous feeds into the hog finishing ration. **J. Anim. Sci.** 13: 327
- Chakrit, R. 2000. Thailand promotes greater use of cassava. **Asian Pork Magazine**. June-July. 150: 26-31.
- Cole, D. J. A., J. E. Hardy and D. Lewis. 1972. **Nutrient density of pig diet**. In Pig Production. London : Butterworth.
- Coursey, D.G. 1973. **Chronic cassava toxicity**. In B. Nestel and R. Macintyre (eds.). An Interdisciplinary Workshop. London.
- Cunha, T. J. 1977. **Swine Feeding and Nutrition**. Academic Press, New York. 351p.
- Daziel, J. and C. Baker. 1983. Analytical methods for measuring metals by atomic absorption spectrophotometry, **FAO Fish Tech.** pap.212: 14-20.

- Erist, L.K., Z.M.Naumenko, M.N.Erilevich, E.OC' shanskii; G.B. Rabinovich; and I.I. Sadchikova. 1980. A protein vitamin supplement from activated sludge. **Nutri Abst. and Rev.**50(5):1903.(Abstr.).
- Fenton, T.W. and M. Feton. 1979. An improved procedure for determination of chromic oxide in feed and feces. **Can. J. Anim. Sci.** 59:631-634.
- Frank, G. R., F. X. Aherne and A. H. Jensen. 1983. A study component digestibility by swine fed different level of dietary. **J. Anim. Sci.** 57:645.
- Gomez, G. 1979. Cassava as swine feed. **World Animal Review.** 29:13-20.
- _____ G.M., M. Valdivieeso, D.D. Lacuesta and T.S. Salcedo. 1984. Effect of variety and plant age on the cyanide content of whole-roast cassava chips and its reduction by sun-drying. **Anim. Feed Sci. Tech.** 8: 211-220.
- Goto, I. and Y. Masuda. 1974a. Utilization of brewery's activated sludge for animal feed. I.Digestibility as poultry feed and effect on growth of chickens. **Sci. Bull.** Fac. Agr. Kyushu Univ. 28:115-118.
- _____ 1974b. Utilization of brewery's activated sludge for animal feed. II. Availability as a protein source of feed for laying hens. **Sci. Bull.** Fac. Agr.,Kyushu Univ. 28: 151-155.
- Grace, M. R. 1977. **Cassava Processing.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 155 p.
- Harold, R. Jone. 1974. **Pollution control in the Dairy Industry.** New Jersey; Noyes Oata Corporation.

Hoover, S.R., L.B. Jasewicz, and N. Porges. 1951. Vitamin B₁₂ activated sewage sludge. **Science**. 114:213.

Hughes, M.A., J. Hughes, S. Liddle and Z. Kereztesy. 1994. Biochemistry and molecular biology of cyanogenesis. pp 385-395. **In CIAT. The Cassava Biotechnology Network**. Vol. II. Proceeding of the Second International Scientific Meeting, Bogor, Indonesia.

Hunt, L.A., D.W. Wholey and J.H. Cock. 1977. **Growth physiology of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.)**. Field Crop Abstracts. 30:77-91.

Japanese Advanced Environment Equipment .2005. **Sponge Activated Sludge Process**
Available source
: http://nett21.gec.jp/JSIM_DATA/WATER/WATER_1/html/Doc_197.html

Jone, W.O. 1959. **Manioc in Aferica**. Standford University Press, Standford. 241 p.

Jorgensen, H., W. A. Saner and A. Just. 1981. The relationship between energy absorption in the large intestine and efficiency of energy utilization in the pigs. **J. Anim. Sci.** 53: 250-262.

Kaikoh Co., Ltd. 2005. **Dried Fish Soluble Powder**. Available source :
http://www.alibaba.com/catalogs/113/Animal_Fodders.html.

Key, J. E., Jr., P. J. Van Soest and E. P. Young. 1970. Effect of increasing dietary cell wall content on the digestibility of hemicellulose and cellulose in swine and rat. **J. Anim. Sci.** 31:1172.

- Khajareern, S., J. M. Khajareern, A. Vibulchai, B. Intawong and S. Poomala. 1977. Biological titration of Thai cassava products of various quality grades. I. Highquality root chips in pig ration. **In 1977 KKU-IDRC Annual Report.** Cassava/Nutrition Project. Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand. 121-130.
- Kitpanit, N. 1981. **The utilization of thai cassava root products in swine ration.** Thesis. Tokyo University of Agriculture, Japan.
- Le, G. G. and J. Noblet. 2001. Effect of dietary fiber on the energy value of feeds for pigs. **Anim. Feed. Sci. Tech.** 2001. 90:35-52.
- Lim, H. K. 1967. **Use of root crop as animal feed.** [cited 21 May 2003] Available source : <http://www.fao.org/inpho/vlibrary/t0207e/T0207Eob.html>.
- _____ 1968. Composition data of feeds and concentrates. **Malay. Agric. J.** 46 : 63-79.
- NRC (National Research Council). 1998. **Nutrient Requirement of Swine.** 10th ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Ochetim, S. 1993. Fresh cassava as a feed for fattening pigs. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 6:361-365.
- Pillai, S.C., E.G. Srinath, M.L. Mathur, P.M.N. Naidu and P.G. Muthanna. 1967. Activated sludge as a feed supplement for poultry. **Wat and Wast. Trt.** 11: 316-322.
- Pinuliar, S. P. 1993. A comparative study of cassava refuse meal and rice bran as feeds for growing and fattening pigs. **The Philippine Agriculturist.** 29: 611-615.

- Pond, W. G. and J.H. Maner. 1984. **Swine Production and Nutrition**. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, U. S. A. 731 pp.
- Poulton, J. 1990. Cyanogenesis in plants. **Plant Physiol.** 94:401-405.
- Rakshit, S. K. 2003. **Recent trends in cassava starch production and application**. Available source :<http://www.dgfdt/loads/stoo/rakshint.pdf>.
- Rudolfs, W. 1940. Fertilizer and fertility value of sewage sludge. **Wat. Sew. Works.** 87:12.
- SAS. 1988. **SAS USER's Guide** : Statistics. SAS institute Inc. , North Carolina, USA. 584 p.
- Schneider, B.H. and W.P. Flatt. 1975. **The evaluation of feeds through digestibility experimentation**. The University of Georgia Press. USA.
- Sommart, K., M. Wanapat, D.S. Parker and P. Rowlinson. 1996. Cassava chip as an energy source for lactating dairy cows fed rice straw. **The 8th AAAP animal science congress, Proceedings** Vol. 2. Tokyo.
- Sonaiya, E. B. and T. A. Omole. 1983. Cassava meal and Cassava peel meal in diets for growing pigs. **Anim. Feed. Sci. Tech.** 8:211-220.
- Sriroth, K., R. Chollakup, S. Chotineeranat, K. Piyachomkwan and C. G. Oates. 2000. Processing of cassava waste for improved biomass utilization. **Biosource Technol.** 71:6.
- Tacon, A. G. J. 1979. Activated sewage sludge a potential animal feed stuff. II. Nutritional characteristics. **Agri Env.** 4: 271-279.
- Taylor, J. A. and I. G. Partridge. 1987. A note on the performance of growing pigs given diets containing manioc. **Anim. Prod.** 44:457-459.

Teague, H.S. and L.E. Hanson. 1954. The effect of feeding different level of cellulosic material to swine. **J Anim. Sci.** 13: 206.

Vriens, L., R. Nihoul and H. Verachert. 1989. Activated sludges as animal feed : **A Review. Biological Wastes.** 27: 161-207.

Walker, N. 1985. Cassava and tallow in diets for growing pigs. **Anim Prod.** 40:345-350.

Whittermore, C.T. and F. W. H. Elsley. 1976. **Practical Pig Nutrition**, London : Framing Press.

Wiseman, J. 1986. **Feeding of nonruminant livestock.** Butterworth (publishers) Co., Ltd., London. 241 p.

Yu. F., Barry T.N., Moughan P. J. and Wilson G. F. 1993. Condensed tannin and gossypol concentrations in cottonseed and in processed cottonseed meal. **J. Sci. Food. Agri.** 63: 7-15.

Yu F., Moughan P. J. and Barry T. N. 1996. The effect of cottonseed condensed tannins on the ileal digestibility of amino acids in casein and cottonseed kernel. **J. Nutri.** 75: 683-698.

ภาคผนวก

การเตรียมกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์

1. กากมันสำปะหลัง และกากตะกอนเบียร์ที่ได้อยู่ในรูปที่มีความชื้นสูง นำมารวมกันในอัตรากากมันสำปะหลัง 4 ส่วนผสมกับกากตะกอนเบียร์ 1 ส่วน
2. หมักเอาไว้ 24 ชั่วโมง
3. นำกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนเบียร์ที่ได้ มาอบที่อุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. เมื่อผ่านการอบแล้วนำมาบดด้วยเครื่องเพื่อให้มีขนาดต่ำกว่า 0.5 ซม.
5. สเปรย์ด้วยน้ำมันปลาทูน่า อัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์
6. สเปรย์แต่งกลิ่นด้วยน้ำอัดปลา 2 เปอร์เซ็นต์
7. นำมาตากระบายความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิให้อยู่ที่ประมาณ 35 องศาเซลเซียส และลดความชื้นให้อยู่ในระดับไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์
8. บรรจุกระสอบขนาด 30 กิโลกรัม

เอนไซม์ผสมที่ใช้ในการทดลอง

เอนไซม์ผสมมีอัตราการใช้ 1.0 กิโลกรัมต่อตันอาหาร ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ 3 กลุ่ม ได้แก่

1. เอนไซม์ไฟเตส มีคุณสมบัติย่อยสารไฟเตทที่มีอยู่ในวัตถุดิบที่มาจากพืช
2. กลุ่มเอนไซม์ NSPase มีคุณสมบัติย่อยส่วนที่เรียกว่า non-starch polysaccharides และเยื่อใยในวัตถุดิบที่มาจากพืช
3. กลุ่มเอนไซม์ที่สัตว์สามารถสร้างเองได้ ได้แก่ α -amylase, protease, lipase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยโภชนาต่าง ๆ ในอาหาร

การวิเคราะห์หา Chromic oxide

อุปกรณ์

1. เบ้ากระเบื้อง
2. โถอบแห้ง
3. เตาเผา
4. volumetric flask ขนาด 25 และ 250 ml.
5. beaker ขนาด 250 ml.
6. pipette ขนาด 5 ml.
7. กรวยกรอง
8. กระดาษกรอง Whatman No. 40
9. เครื่อง spectrophotometer (spectronic 21)

สารเคมี

1. Reagent mixture ซึ่ง tri- potassium phosphate (K_3PO_4) 250 กรัม และ potassium hydroxide (KOH) 125 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 ml.

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่มีโครมิกออกไซด์ประมาณ 0.5 กรัม (ในกรณีผสมโครมิกออกไซด์ 1 % ในอาหาร) หรือให้มีปริมาณโครมิกออกไซด์ ประมาณ 1.5 มิลลิกรัมในตัวอย่างที่ชั่งมา นำตัวอย่างใส่เบ้ากระเบื้อง (ควรทำพร้อมกันระหว่างอาหารและมูล)
2. เติม Reagent mixture ลงไป 2 ml. (นำไปอบให้แห้ง)
3. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง 30 นาที
4. ถ่ายเถ้าลงใน beaker ขนาด 250 ml. ละลายด้วยน้ำกลั่น 100 ml. ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน
5. นำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 40 ลงใน volumetric flask ขนาด 250 ml. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

6. คูณสารละลายในข้อ 5 มา 5 ml. ลงใน volumetric flask ขนาด 25 ml. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

7. เตรียมสารละลายมาตรฐานโดยใช้โครมิกแอซิด (Cr_2O_3) เปรียบเหมือนวิเคราะห์ตัวอย่างอาหาร โดยชั่งและคำนวณตามความบริสุทธิ์ของโครมิกแอซิด เพื่อหา Recovery test โดยชั่งให้มีปริมาณของโครมิกแอซิด เท่ากับ 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 และ 16 มิลลิกรัม จากนั้นทำเช่นเดียวกันกับข้อ 2-5 เมื่อปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 250 ml. แล้วทำการดูดมา 2 ml. ลงใน volumetric flask ขนาด 25 ml. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นดังนั้น 2 มิลลิตร ของสารละลายที่นำมาเจือจางจะมีปริมาณโครมิกแอซิดเท่ากับ

$$2 \text{ มล. ของ } 2 \text{ มิลลิกรัม } \text{Cr}_2\text{O}_3 = (2 \times 2) / 250 = 0.016 \text{ มิลลิกรัม}$$

$$2 \text{ มล. ของ } 4 \text{ มิลลิกรัม } \text{Cr}_2\text{O}_3 = (2 \times 4) / 250 = 0.032 \text{ มิลลิกรัม}$$

$$2 \text{ มล. ของ } 6 \text{ มิลลิกรัม } \text{Cr}_2\text{O}_3 = (2 \times 6) / 250 = 0.048 \text{ มิลลิกรัม}$$

$$2 \text{ มล. ของ } 8 \text{ มิลลิกรัม } \text{Cr}_2\text{O}_3 = (2 \times 8) / 250 = 0.064 \text{ มิลลิกรัม}$$

$$2 \text{ มล. ของ } 10 \text{ มิลลิกรัม } \text{Cr}_2\text{O}_3 = (2 \times 10) / 250 = 0.080 \text{ มิลลิกรัม}$$

$$2 \text{ มล. ของ } 12 \text{ มิลลิกรัม } \text{Cr}_2\text{O}_3 = (2 \times 12) / 250 = 0.096 \text{ มิลลิกรัม}$$

$$2 \text{ มล. ของ } 14 \text{ มิลลิกรัม } \text{Cr}_2\text{O}_3 = (2 \times 14) / 250 = 0.112 \text{ มิลลิกรัม}$$

$$2 \text{ มล. ของ } 16 \text{ มิลลิกรัม } \text{Cr}_2\text{O}_3 = (2 \times 16) / 250 = 0.128 \text{ มิลลิกรัม}$$

$$\overline{\text{mg}} = 0.072$$

8. นำสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานไปวัดค่าดูดซับแสงโดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 370 nm โดยใช้แบล็คเซลล์ศูนย์ นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟ และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

การคำนวณ

$$\text{mg Cr}_2\text{O}_3 = b(A) - b(A) + (\text{mg})$$

$$\% \text{Cr}_2\text{O}_3 = \frac{(\text{mg Cr}_2\text{O}_3 \times 250 \times 100)}{(\text{ml. used} \times \text{weight} \times 1,000)}$$

การคำนวณ

1. การย่อยได้¹

$$\text{-เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของสิ่งแห้ง} = 100 \times \frac{(\% \text{ สารบ่งชี้ในมูล} - \% \text{ สารบ่งชี้ในอาหาร})}{(\% \text{ สารบ่งชี้ในมูล})}$$

$$\text{-เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะ} = 100 - \frac{100(\% \text{ สารบ่งชี้ในอาหาร} \times \% \text{ โภชนะในมูล})}{(\% \text{ สารบ่งชี้ในมูล} \times \% \text{ โภชนะในอาหาร})}$$

2. สมรรถนะทางการผลิต

$$\text{-อัตราการเจริญเติบโต (Average Daily Gain ; ADG)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่ม}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

$$\text{-ปริมาณการกินอาหาร (Average Daily Feed Intake ; ADFI)} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

$$\text{-ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Feed Conversion Ratio ; FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่ม}}{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}$$

3. ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

$$\text{ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/กก)} = \text{ราคาอาหาร} \times \text{ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร}$$

ที่มา : ¹ Schneider and Flatt, (1975)



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ 1 ภาพแสดงวิธีการวัดคุณภาพซากด้วยเครื่อง Realtime Ultrasound

คุณสมบัติของเครื่อง Realtime Ultrasound ยี่ห้อ Aloka รุ่น 500 V

1. วิธีการส่องตรวจ (scan)	Electronic Convex Arrey Electronic Linear Arrey
2. Image Display Mode	+B mode, M mode, B/M mode +Movable M-Curcer
3. Image memory size	-512 512 6 bit
4. Probe frequency	+Automatic display
5. Power requirement	-100/115/220 v 10% AC(50/60 Hz) 130 VA
6. Dimentions	+10.6 × 9.8 × 12.6 cm ³ (กว้าง × ยาว × สูง)
7. Weight	22 lbs.
8. Waverange	+3.0-10.0 MHz.