อภินันทนาการ

สัญญาเลขที่ AR 50/2551

สำนักหอสมุด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นต้นสารเสริมอาหารสัตว์จากธรรมชาติ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 29 ส.ค. 2554
เลขทะเบียน 156363 c3
เลขเรียกหนังสือ 3 SF 45 ว141 ร53

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี ทาตระกูล	คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอรส รักชาติ	คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภา หอมหวล	คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
4. ดร.วรสิทธิ์ โทจำปา	คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
5. ดร. ณิฐิมา เฉลิมแสน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีงคลล้านนาเขตพื้นที่พิษณุโลก
6. ดร. ทินกร ทาตระกูล	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีงคลล้านนาเขตพื้นที่พิษณุโลก

สนับสนุนโดยกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร

การพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นต้นสารเสริมอาหารสัตว์จากธรรมชาติ

วันดี ทาตระกูล[1] วิภา หอมหวล[1] วรสิทธิ์ โทจำปา[1] โอรส รักชาติ[1] ทินกร ทาตระกูล[2] และณิฐิมา เฉลิมแสน[2]

[1] คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

การปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของอาหารของลูกสุกรหลังหย่านม สามารถทำได้โดยการใช้สารเสริมในอาหาร ซึ่งปัจจุบันนี้นักโภชนศาสตร์สัตว์พยายามใช้สารเสริมในอาหารสัตว์ที่มาจากสารธรรมชาติ เช่น น้ำมันหอมระเหย ที่มีในพืชสมุนไพรและเครื่องเทศหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีการใช้กรดอินทรีย์ ซึ่งมีการนำมาใช้เสริมในอาหารลูกสุกรมามากกว่า 20 ปีแล้ว เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและป้องกันปัญหาของระบบทางเดินอาหารของสุกร โดยเฉพาะช่วงหลังหย่านม บางการศึกษาวิจัยในปัจจุบัน มุ่งประเด็นศึกษาวิจัยบทบาทของ คาร์โบฮัยเดรต ที่สัตว์ไม่สามารถย่อยได้ ที่เรียกว่า พรีไบโอติค ในการปรับปรุงหน้าที่ของระบบทางเดินอาหาร และคงสภาวะของสภาะแวดล้อมภายในระบบทางเดินอาหารที่ดีไว้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เพื่อประเมินและเพิ่มศักยภาพของสารเสริมขั้นต้นในอาหารสัตว์ที่ผลิตจากสารธรรมชาติ ที่ประกอบไปด้วยส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยและส่วนผสมของกรดอินทรีย์ โดยใช้พรีไบโอติคที่เตรียมได้จากกล้วยดิบและชานอ้อย โดยแบ่งการศึกษาทดลองเป็น การทดลองแรก เพื่อหาส่วนผสมและระดับการใช้ที่เหมาะสมของสารเสริมในอาหารสัตว์จากธรรมชาติที่เตรียมจากสารผสมน้ำมันหอมระเหย (EOM) และสารผสมกรดอินทรีย์ (OAM) ในอาหารสุกรหลังหย่านม โดยใช้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารของสุกรเป็นตัวชี้วัดส่วนประกอบของ EOM ประกอบด้วย น้ำมันกานพลู น้ำมันสะระแหน่ และน้ำมันผิวส้ม ในอัตราส่วน 1:1:1 ส่วนประกอบของ OAM ประกอบด้วย กรดฟิวมาริค กรดแลคติค และกรดซิตริค ในอัตราส่วน 1:1:1 ผลการทดลองพบว่า ส่วนผสมที่ประกอบด้วยน้ำมันกานพลู น้ำมันสะระแหน่ และน้ำมันผิวส้ม อย่างละ 0.11% และ กรดฟิวมาริค กรดแลคติค และกรดซิตริค อย่างละ 0.06% ที่ระดับการเสริม 5 กรัมต่อกิโลกรัมอาหารเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นสารเสริมในอาหารสุกรหลังหย่านม ส่วนการศึกษาวิจัยที่สอง เป็นการศึกษาเพื่อเตรียมพรีไบโอติคจากกล้วยดิบ ซึ่งพบว่าสามารถสกัดพรีไบโอติคในรูป fructo-oligosaccharide (FOS) ได้ในปริมาณ 68% ของแป้งกล้วย และการศึกษาวิจัยที่สาม เป็นการศึกษาเพื่อเตรียมพรีไบโอติคจากชานอ้อย ซึ่งพบว่าสามารถสกัดพรีไบโอติคในรูป xylo-oligosaccharide (XOS) 12.60 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับการศึกษาสุดท้าย เป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มศักยภาพของส่วนผสมที่เหมาะสมของ EEO และ OAM (EEO-OAM) ซึ่งเป็นผลการศึกษาที่ได้จากการทดลองที่หนึ่ง โดยการผสมพรีไบโอติคที่เตรียมได้จากการศึกษาที่สองและสามในอาหารสุกรหลังหย่านม ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตของสุกร แสดงให้เห็นว่า FOS ที่เตรียมได้จากแป้งกล้วยมีศักยภาพในการเป็นพรีไบโอติค โดยสรุปแล้วส่วนผสมของ EEO-OAM: FOS ที่ 1:1 ในระดับการใช้เสริมในอาหาร 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีศักยภาพในการใช้เป็นสารเสริมในอาหารสุกรหลังหย่านม ซึ่งพบจากการศึกษาวิจัยนี้

Development for Enhancing Potentiality of Primary Natural Feed Supplement Product

Wandee Tartrakoon [1], Wipa Homhual[1], Worasit Thojampa [1], Orose Rugchati [1], Tinnagon Tartrakoon [2] and Nitima Chalerarmsan [2]

[1] Faculty of Agriculture Natural Resource and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

[2] Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok Campus, Phitsanulok 65000, Thailand

Abstract

Improvement of post-weaning growth rate and efficiency of feed utilization have been achieved by supplementing starter diets with some feed additives. Presently, the animal nutritionists try to apply feed additives derived from natural ingredients such as essential oils, which are found in many plants like spices and herbs, and organic acids have been used for more than 20 years in piglet feed to improve their performance and prevent certain digestive problems, especially in the post-weaning period. Some current research focuses the role of certain non-digestible carbohydrate (NDC) termed "prebiotics" in improvement of intestinal function and maintenance of a healthy gastrointestinal environment. The objective of this research to evaluate and enhance the potentiality of primary natural feed supplement mixes containing essential oils and organic acids using prebiotics prepared from raw bananas and sugarcane bagasses. The first experiment was to find a suitable mixture and an appropriate inclusion level in the diet of a feed additive prepared from essential oil mixes (EOM) and organic acids mixes (OAM) in post-weaning pig diet supplementation using growth performance and feed utilization as decision parameters. Composition of EOM were clove oil, mint oil, orange peel oil at the ratio of 1:1:1 by weight and composition of OAM were fumaric acid, lactic acid and citric acid at the ratio of 1:1:1 were use as weaning pig feed supplement. It was found that, the mixture contained 0.06% of each of clove oil, mint oil and orange peel oil, and 0.11% of each of fumaric acid, lactic acid and citric acid was the suitable mixture for piglet feed supplement at inclusion level 5 g/kg diet. The second experiment was the preparation of prebiotic from raw bananas. It was found that 68 % of fructo-oligosaccharide (FOS) could be extracted from banana starch. The third experiment was the preparation of prebiotic from sugarcane bagasses. It was found that 12.60 mg/l of xylo-oligosaccharide (XOS) could be extracted from sugarcane bagasses. The last experiment was to enhance the potentiality of suitable mixture of EEO and OAM (EEO-OAM), which found from first experiment by mixing with prebiotics that produced from the second and third experiment. The results from pig performances in feeding trial showed raw banana starch may potentially be used as a substrate to produce FOS with prebiotic properties. The suitable mixture of EEO-OAM:FOS at the ratio of 1:1 at inclusion level 10 g/kg diet may potentially be used as feed supplement for weanling piglets recommend from this study.

แบบสรุปผลการวิจัยโดยย่อ

1. ชื่อแผนการวิจัย

(ภาษาไทย) การพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นต้นสารเสริมอาหารสัตว์จากธรรมชาติ

(ภาษาอังกฤษ) Development for Enhancing Potentiality of Primary Natural Feed Supplement Product

2. รายชื่อคณะผู้วิจัย พร้อมทั้งหน่วยงานที่สังกัด หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

2.1 หัวหน้าโครงการวิจัย รศ. ดร. วันดี ทาตระกูล
หน่วยงาน : คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ภาควิชา วิทยาศาสตร์การเกษตร
โทรศัพท์: โทรศัพท์/โทรสาร 0-5596-2704, 0-5596-2748
E-mail : wandeeta@nu.ac.th

2.2 ผู้ร่วมวิจัย : ผศ.ดร. โอรส รักชาติ
หน่วยงาน : คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร
โทรศัพท์: โทรศัพท์/โทรสาร 0-5596-2703
E-mail : orose63@hotmail.com

2.3 ผศ.ดร.วิภา หอมหวล
หน่วยงาน : คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ภาควิชา วิทยาศาสตร์การเกษตร
โทรศัพท์: โทรศัพท์/โทรสาร 0-5596-2704, 0-5596-2748
E-mail : w.homhaul@gmail.com

2.4 ผู้ร่วมวิจัย : ดร.วรสิทธิ์ โทจำปา
หน่วยงาน : คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ภาควิชา วิทยาศาสตร์การเกษตร
โทรศัพท์: โทรศัพท์/โทรสาร 0-5596-2704, 055962748
E-mail : worasitt@nu.ac.th

2.5 ผู้ร่วมวิจัย : ดร. ทินกร ทาตระกูล

หน่วยงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตพิษณุโลก ต. บ้านกร่าง อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000

โทรศัพท์: โทรศัพท์ 0-5529-8438-40 ต่อ 122 โทรสาร : 0-5529-8440

E-mail : ttin15@rmutl.ac.th

2.6 **ผู้ร่วมวิจัย** : ดร. ณิฐิมา เฉลิมแสน

หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตพิษณุโลก ต. บ้านกร่าง อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000

โทรศัพท์ 0-5529-8438-40 ต่อ 122 โทรสาร : 0-5529-8440

Email : nokgapood@hotmail.com

3. ระยะเวลาทำการวิจัย วันที่ 1 มีนาคม 2551 ถึง 30 กรกฎาคม 2553

4. ความเป็นมา/ปัญหาในการวิจัย

บันจุบันมีการนำเข้าสารเสริมในอาหารสัตว์ที่เป็นสารจากธรรมชาติ มากมายหลายยี่ห้อ เพื่อใช้แทนสารปฏิชีวนะ โดยต้นทุนการใช้สารเสริมเหล่านี้ จะอยู่ที่ประมาณ 35-50 สตางค์ ต่ออาหารสัตว์ 1 กิโลกรัม โดยใน 1 ปี มีการผลิตสุกรออกสู่ท้องตลาดประมาณ 9-10 ล้านตัว ในช่วงของการเลี้ยงสุกรขุน จากน้ำหนักตัว 30 ถึงระยะส่งตลาด 90 กิโลกรัม คิดอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 2.5 ดังนั้นสุกรช่วงนี้ ต้องใช้อาหารถึง 150 กิโลกรัม/ตัว ดังนั้นจำเป็นต้องใช้อาหารสัตว์ประมาณ 1.3-1.5 ล้านตัน ต่อปี คิดเป็นมูลค่าสารเสริมในอาหารได้ ประมาณไม่ต่ำกว่า 500 ล้านบาท ต่อปี ดังนั้นความสำคัญของการหาแนวทางเพื่อผลิตสารเสริมในอาหารสัตว์ ที่ผลิตเองจากวัตถุดิบภายในประเทศ นอกจากลดการสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศแล้ว ยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม ให้กับสินค้าทางการเกษตรได้อีกหลายชนิด รวมทั้งสร้างอาชีพ และรายได้ให้เกษตรกร และสุดท้ายที่ประเมินค่าไม่ได้คือ คนไทยสุขภาพดีจากการบริโภคอาหารปลอดภัย

โดยที่สารเสริมในอาหารสุกรที่ดีที่สุด ควรให้ผล 4 ด้าน คือ 1. ปลอดภัยต่อสุกรและผู้บริโภค 2. สุกรสุขภาพดี 3. โตเร็วใช้อาหารไม่เปลือง และ 4. ลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

โรคในระบบทางเดินอาหารของลูกสุกร ได้แก่โรคที่ทำให้เกิดท้องร่วง ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อจุลชีพ เป็นโรคที่ก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสุกรมากที่สุดเมื่อเทียบกับโรคในระบบอื่น ๆ ปัญหาท้องร่วงในพบว่าประมาณ 48 % มีสาเหตุมาจากเชื้อ *Escherichia coli* หากลูกสุกรป่วยได้รับการรักษาในระยะแรกๆ อย่างมีประสิทธิภาพหรือร่างกายปรับตัวได้จะมีโอกาสหายเป็นปกติ แต่ถ้าลูกสุกรป่วยเรื้อรังจะมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง และเกิดการติดเชื้อแทรกซ้อนได้ง่าย (กิจจา, 2530)

นอกจากนี้ยังอาจเนื่องมาจากเชื้ออันตรายได้แก่ *Salmonella spp.* ที่อาจปนเปื้อนออกมากับอุจาระสุกร ติดต่อถึงคน หรือการปนเปื้อนในขั้นตอนการชำแหละ ตัดแต่งเนื้อสุกร และปนเปื้อนอยู่ในเนื้อสัตว์ได้ ซึ่งในประเทศที่พัฒนาแล้ว ให้ความสำคัญกับการป้องกันเชื้อตัวนี้มากที่สุด เนื่องจากติดต่อถึงคนได้ การใช้ยาปฏิชีวะในการป้องกันและรักษา เป็นวิธีการที่ให้ผลเร็ว โดยยาปฏิชีวนะส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และมักก่อปัญหาที่ตามมาในระยะยาว คือการดื้อต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อแบคทีเรียต่างๆ เป็นสาเหตุให้การรักษามักจะไม่ค่อยได้ผล หากไม่ได้มีการทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อที่เป็นสาเหตุ นอกจากนี้การใช้ยาปฏิชีวนะเสริมในอาหารอย่างพร่ำเพลื่อ จะส่งผลตกค้างของยาในผลิตภัณฑ์สัตว์ ซึ่งจะส่งผลถึงผู้บริโภคได้ ซึ่งในต่างประเทศได้มีการควบคุมและออกเป็นกฎหมายแล้ว ในการห้ามใช้ยาปฏิชีวนะเสริมในอาหารสัตว์ในกรณีมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโต หรืออีกนัยหนึ่งก็คือเพื่อป้องกันการเกิดโรค เมื่อไม่มีการเกิดโรค สุกรมีสุขภาพดี การเจริญเติบโตก็ดีตามไปด้วย

<u>การใช้สมุนไพรในการรักษา</u> อีกทางเลือกหนึ่งก็คือการใช้สมุนไพรมาใช้ในการรักษาอาการท้องร่วงในลูกสุกร ซึ่งในปัจจุบันมีการศึกษาการใช้สมุนไพรหลายชนิด ที่มีการใช้ในคนแล้วได้ผลดี และมีการทดลองใช้ในการรักษาลูกสุกรท้องร่วง เช่น ฟ้าทะลายโจร ใบฝรั่ง ขมิ้นชัน และเปลือกมังคุด (ยุทธนา คณะ, 2545) อย่างไรก็ตาม การรักษาสุกรเมื่อเกิดอาการท้องร่วงแล้ว ถึงแม้สุกรจะหายเป็นปกติได้ แต่อาจทำให้สุกรแคระแกรน การเจริญเติบโต จนกระทั่งถึงระยะส่งตลาด จะใช้เวลาเลี้ยงที่นานขึ้น ใช้อาหารเปลือง จึงนับเป็นความสูญเสียทางเศรษฐกิจเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นการใช้สารเสริมในอาหารที่เป็นแหล่งมาจากธรรมชาติเพื่อเป็นการป้องกันจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด และเป็นการลดหรืองดการใช้ยาปฏิชีวนะในฟาร์มได้อีกทางหนึ่ง เพื่อให้สามารถผลิตอาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากขึ้น รวมทั้งเป็นแนวทางผลิตสุกรอินทรีย์ได้ในอนาคต

<u>การใช้สมุนไพรเพื่อการป้องกันโรค</u> ฟ้าทะลายโจร ขมิ้นชัน ไพร เป็นสมุนไพรที่มีการศึกษามากมายในเมืองไทย ในการนำมาใช้ในการป้องกันโรค เสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรค โดยเฉพาะการศึกษาในไก่ สำหรับการศึกษาในสุกรยังพบว่ามีไม่มากนัก ทั้งนี้ เนื่องจากการศึกษาต้องใช้เวลานาน และใช้ปริมาณสมุนไพรที่มาก บางครั้งทำให้ผู้วิจัยไม่สะดวกที่จะศึกษาในระยะยาว และให้ผลไม่แน่นอน แต่การใช้สมุนไพรเหล่านี้ในฟาร์มจริงของเกษตรกรมีบ้างแล้ว เป็นการใช้ก็เพื่อการป้องกันโรคในภาพกว้างๆ เพื่อให้สุกรมีสุขภาพดีแข็งแรง สำหรับในกรณีของการป้องกันโรคท้องร่วงในสุกรก็มีการศึกษาไว้ เช่น การใช้ใบฝรั่งในการป้องกันการเกิดท้องร่วงในลูกสุกร ซึ่ง วันดี และคณะ (2005) พบว่าการใช้ใบฝรั่งบดผสมในอาหารลูกสุกรหลังหย่านมในรูปใบแห้ง 5 และใบสด 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีศักยภาพที่จะใช้เป็นสารเสริมในอาหารลูกสุกรหลังหย่านมได้ แต่งานวิจัยนี้ก็เป็นเพียงงานวิจัยขั้นต้น เพื่อดูศักยภาพความเป็นไปได้ เพื่อใช้ในการวิจัยขั้นต่อไป ที่ความละเอียดมาขึ้น นอกจากนี้การเสริมในรูปสมุนไพรโดยตรงเช่นนี้ อาจส่งผลข้างเคียงเนื่องจากในสมุนไพรป่น มักมีสารบางชนิด เช่นสารแทนนิน ปริมาณมาก สารบางชนิดมีรสฝาด ขม ถ้าใช้

ปริมาณมากเกินไป ในระยะเวลาต่อเนื่อง จะทำให้การกินได้ของสัตว์ลดลง การใช้ประโยชน์สารอาหารลดลง เป็นต้น

<u>น้ำมันหอมระเหย (essential oil)</u> เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีอยู่ในพืชหลัก 3 กลุ่ม ได้แก่ สมุนไพร เครื่องเทศ และพืชตระกูลส้ม โดยองค์ประกอบที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยเหล่านี้ มักจะมีสารประกอบที่คุณสมบัติต่างๆ โดยเฉพาะคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ที่เป็นสาเหตุของโรคในระบบทางเดินอาหาร รวมทั้งคุณสมบัติในการควบคุมเชื้อราและการสร้างสารพิษของเชื้อรา ในอาหารสัตว์ เนื่องจากสารพิษจากเชื้อรา เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สุกร มีภูมิคุ้มโรคที่ต่ำลง ทำให้เกิดการเจ็บป่วยได้ง่าย เมืองไทยเป็นเมืองร้อน บางช่วงมีอากาศชื้นมาก ปัญหาของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราในอาหารสัตว์ เป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยาก และก่อให้เกิดผลเสียที่ประเมินเป็นตัวเลขไม่ได้ แต่นับเป็นความสูญเสียทางเศรษฐกิจค่อนข้างมาก จึงได้มีการนำเข้าสารจับเชื้อราจากต่างประเทศมาใช้ผสมในอาหารสัตว์ เพื่อเป็นการป้องกัน ทำให้ต้องสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศเป็นจำนวนมาก

จากปัญหาของการนำสมุนไพรป่น หรือสารสกัดหยาบ มาใช้แล้วได้ผลบ้างไม่ได้ผลบ้าง คือให้ผลไม่แน่นอน ก็เนื่องมาจากองค์ประกอบที่เป็นสารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในน้ำมันมันหอมระเหยมีปริมาณไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในสมุนไพรนั้น ยิ่งถ้านำสมุนไปทำให้แห้ง ก็ยิ่งทำให้สารออกฤทธิ์ ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในน้ำมันหอมระเหย ระเหยหรือเปลี่ยนรูปไปจำนวนหนึ่ง ดังนั้นการสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยมาใช้โดยตรงน่าจะให้ผลที่แม่นยำและแน่นอนกว่า และมีศักยภาพในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้ในอนาคต ได้มีการศึกษาทดลองมากมายทั้งในและต่างประเทศถึงคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรค โดยเฉพาะ *Salmonella spp.* และ *Escherichia coli* จากผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา การศึกษาคุณสมบัติในการถนอมอาหารคน รวมทั้งมีการศึกษาอีกมากมาย ที่ศึกษาแยกสารประกอบต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหย แต่การศึกษาในการนำมาประยุกต์ใช้ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในสัตว์ยังมีน้อยมาก หรือแทบไม่ปรากฏเลยในข้อมูลทางวิชาการ มีเพียงการศึกษาในส่วนภาคเอกชนจากต่างประเทศซึ่งไม่เป็นที่เปิดเผย เนื่องจากเป็นเหตุผลทางการค้า จนได้ผลิตภัณฑ์สารเสริมในอาหารสัตว์ มาทดแทนยาปฏิชีวนะ และมีการนำเข้ามาขายในประเทศไทยแล้วหลากหลายชนิด แต่ราคาที่ขายก็ยังมีราคาแพงเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศ เมื่อเทียบกับราคาสารปฏิชีวนะที่เกษตรกรหาซื้อได้ง่าย ราคาถูกกว่า เพราะใช้ปริมาณน้อยกว่า โดยไม่ได้คำนึงถึงผลเสียที่จะตามมา มักจะคำนึงถึงความสะดวกและต้นทุนการผลิตเป็นสำคัญ

<u>การศึกษาทางวิชาการ</u>ของการใช้น้ำมันหอมระเหยเสริมในอาหารสัตว์ สำหรับการศึกษาทางวิชาการในส่วนของการใช้น้ำมันหอมระเหยในอาหารสัตว์ ที่สามารถรวบรวมได้ เช่น จากรายงานของ Onibala (1999) ได้ทดลองเสริมน้ำมันหอมระเหยของ oregano, thyme และกระเทียม ในอาหารสุกร พบว่า ให้ผลดีทางด้านการเจริญเติบโต อัตราแลกน้ำหนัก การย่อยได้ของโภชนะในอาหาร คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ

เมื่อเทียบกับการใช้ยาปฏิชีวนะเสริมในอาหาร ส่วนรายงานของ Ulfah (2003) ได้ศึกษาส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยหลายชนิดเพื่อเสริมในอาหารสุกร ผลการศึกษาพบว่า ส่วนผสมของน้ำมัน oregano, thyme, cinnamon, citronella และ sage หรือส่วนผสมของ cinnamon, anise, clove, caraway, funnel, rosemary, nutmeg และ sage หรือส่วนผสมของ cinnamon, anise, clove, caraway, nutmeg และ sage สามารถใช้แทนยาปฏิชีวนะในอาหารสุกรได้ โดยอัตราการใช้คือ 500-1000 กรัม/อาหาร 1 ตัน หรือ 0.05-0.1 % ในอาหาร หลังจากนั้นได้พยายามมีการศึกษาโดยใช้น้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศและสมุนไพรของไทย เช่น Tartrakoon et al. (2002 and 2003a) ศึกษาโดยใช้น้ำมันตะไคร้ น้ำมันมะนาว เสริมในอาหารลูกสุกรหย่านม พบว่าการเสริมที่ระดับ 5 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ลูกสุกรมีแนวโน้มประสิทธิภาพการผลิตและสุขภาพดีขึ้นกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม และให้ผลใกล้เคียงกับกลุ่มที่ใช้ปฏิชีวนะ หลังจากนั้นจึงมีการศึกษาเปรียบเทียบชนิดของน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยใช้น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ตะไคร้หอม และสะระแหน่ฝรั่งเป็นสารเสริมในอาหารสุกรหย่านม ที่ระดับ 5 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในลูกสุกรหย่านม มีแนวโน้มดีขึ้นเมื่อเสริมด้วยน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด และน้ำมันหอมระเหยจากการพลูให้ผลดีที่สุดในการลดอาการท้องเสียในลูกสุกร (เกษมสุขและคณะ, 2546) หลังจากนั้นได้ศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้น้ำมันกานพลู วันดี และคณะ (2546) รายงานว่า ที่ระดับ 2-5 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ช่วยให้การเกิดท้องเสียในลูกสุกรลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยมีศักยภาพที่จะนำมาเป็นสารเสริมในอาหารสุกร เพื่อทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะได้ และจะให้ผลดีและเด่นชัด เมื่อมีการผสมกันของน้ำมันหอมระเหยหลายๆ ชนิด แต่ปริมาณการใช้น้ำมันหอมระเหยที่มากเพื่อให้ได้ผล อาจไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีสารอื่นมาช่วยเสริมการทำงานของสารออกฤทธิ์ในน้ำมันหอมระเหย เพื่อให้สามารถลดปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่จะต้องใช้ลงได้ ซึ่งกรดอินทรีย์ เป็นตัวหนึ่งที่มีศักยภาพมาก เนื่องจากมีราคาถูก เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้ และสามารถออกฤทธิ์เสริมกับน้ำมันหอมระเหย ในระบบทางเดินอาหารได้

<u>กรดอินทรีย์ (Organic acid)</u> ประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ ในสุกรได้แก่

1. คุณสมบัติในการเป็นสารต้านจุลชีพ โดยขึ้นอยู่กับการทำให้เป็นกรด-ด่าง (pH) ของระบบทางเดินอาหารลดลงได้มากน้อยเท่าใด ตามที่ทราบกันดีแล้วว่ามีการใช้กรดอินทรีย์ในการถนอมอาหารกันมานานแล้ว หรือการถนอมอาหารโดยการหมักให้เกิดกรด โดยเป็นการใช้แทนความร้อน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ก่อโรค เช่น salmonella (Partanen, 2001) ดังนั้นกรดอิทรีย์ที่เสริมในอาหารจึงมีบทบาทในการควบคุมปริมาณของจุลิทรีย์ที่ก่อโรค (Russell and Diez-Gonzales, 1998)

2. เกี่ยวข้องกับกระบวนการดูดซึม และเมตาบอลิซึมของสารอาหาร (Partanen, 2001) เช่นเพิ่มความสูงของเซลล์ในลำไส้เล็ก (villi) ในลูกสุกรหย่านม ทำให้ลำไส้สามารถดูดซึมโภชนะได้ดีขึ้นได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มการหลั่งน้ำย่อยจากตับอ่อน ทำให้การย่อยและดูดซึมโปรตีน กรดอะมิโน และแร่ธาตุ

เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้สุกรสามารถนำพลังงาน ที่เกิดจากการหมัก ในส่วนของลำไส้ใหญ่ กลับมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

3. ประสิทธิภาพในการเป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโต และการปรับปรุงคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ สุกรสามารถเจริญเติบโตได้ดี คุณภาพซากดี และคุณภาพเนื้อที่ดี ไม่มีสารปนเปื้อน และลดการปนเปื้อนของ salmonella ในเนื้อสุกร (Partanen, 2001)

<u>พรีไบโอติค</u> จากข้อมูลความรู้ทางด้านรายละเอียดภายในระบบทางเดินอาหารของสุกร พบว่ามีองค์ประกอบของจุลินทรีย์หลากหลายชนิด ซึ่งรูปแบบจะใกล้เคียงกันระหว่างคน และสัตว์อีกหลายชนิด ซึ่งประกอบด้วยกลุ่ม lactic acid bacteria, enterobacteria, และ streptococcus ซึ่งปรากฏเป็นกลุ่มแรกๆ นอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์กลุ่มไม่ใช้ออกซิเจนอีกมากมายหลายชนิด (Cornway, 1996) การเจริญและเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ ในระบบทางเดินอาหาร เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน เป็นการคัดเลือกตามธรรมชาติและการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (Rolfe, 1996) มีอิทธิพลเนื่องมาจากหลายๆ ปัจจัย ที่มาจาก จุลินทรีย์ และตัวสัตว์ รวมทั้งกลุ่มจุลินทรีย์ ที่ควบคุมกันอยู่ ซึ่งในสภาวะปกติ ที่สุกรมีสุขภาพดี จุลินทรีย์ ในระบบทางเดินอาหารจะมีความสมดุล และปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญมาก นอกเหนือจากสภาวะของร่างกายสัตว์ ได้แก่ สารอาหารที่อยู่ในระบบทางเดินอาหาร ส่วนเหลือของอาหารที่ไม่ถูกดูดซึม จะถูกหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร จึงได้มีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวาง ในการหาแนวทาง ส่งเสริมสุขภาพทางเดินอาหารของสุกร ด้วยวิธีการต่างๆ สารพรีไบโอติค เป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ในกลุ่ม oligosaccharide ที่ไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยจากตัวสัตว์ แต่สามารถถูกหมักย่อยได้ดี โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นประโยชน์ เช่น Lactobacilli และ Bifidobacteria จึงมีการนำมาใช้เพื่อเป็นแหล่งของอาหารเสริม (feed additive) อีกชนิดหนึ่ง

จากที่ได้กล่าวไปแล้วว่า องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากพืช มีคุณสมบัติต่างๆ ที่ดีต่อระบบทางเดินอาหารสุกร นอกจากนี้ ในน้ำมันหอมระเหย ยังมีกรดอินทรีย์ เป็นองค์ประกอบอยู่ แต่มีปริมาณน้อย ดังนั้นการเสริมกรดอินทรีย์ลงไปในส่วนของน้ำมันหอมระเหย นอกจากจะได้คุณสมบัติเฉพาะตัวที่ดี ของกรดอินทรีย์แล้ว ยังช่วยให้สามารถลดระดับการใช้น้ำมันหอมระเหยลง จากผลของการเสริมฤทธิ์ของกันและกัน เพราะถ้าใช้น้ำมันหอมระเหยเพียงอย่างเดียว จะต้องใช้ปริมาณมาก ทำให้ไม่เหมาะสมทางเศรษฐกิจ ซึ่งการใช้ส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหย และกรดอินทรีย์ จุดประสงค์หลักคือ ลดจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร กระตุ้นการกินอาหาร และส่งเสริมภาวะความเป็นกรด เพื่อให้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์สามารถเจริญได้ดี ดังนั้นงานวิจัยนี้ เพื่อเพิ่มศักยภาพของสารเสริมในอาหารสุกร โดยการเสริมอาหารของจุลินทรีย์ เข้าไปอีก เพื่อประสิทธิภาพของสารเสริมในอาหารสุกร ดีและเห็นผลได้ชัดเจนขึ้น

5. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขั้นต้นเพื่อเป็นสารเสริมจากธรรมชาติในอาหารสุกร

2) เพื่อหาแนวทางเพิ่มศักยภาพ และประสิทธิภาพในการใช้สารเสริมจากธรรมชาติ โดยลดปริมาณการใช้ น้ำมันหอมระเหย และกรดอินทรีย์ โดยการ หาแนวทาง เพิ่มสารธรรมชาติ
3) พรีไบโอติค
4) เป็นแนวทางในการวิจัยในเชิงลึกเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สารเสริมในอาหารสุกร ในเชิงการค้า ที่ปลอดภัยต่อสุกรและผู้บริโภค และสามารถใช้ผลิตสุกรแบบอินทรีย์ได้
5) เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารเสริมจากธรรมชาติ สำหรับสัตว์ชนิดอื่นต่อไป
6) เป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อวัตถุดิบชนิดอื่นๆ มาใช้ เพื่อเป็นสารเสริมจากธรรมชาติในอาหารสัตว์ต่อไป

6. ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ศึกษาสัดส่วนและปริมาณการใช้ที่เหมาะสมของส่วนผสมน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์
2) ศึกษาการผลิตพรีไบโอติคจาก แหล่งวัตถุดิบ คือ กล้วยดิบ และชานอ้อย
3) เพิ่มประสิทธิภาพของส่วนผสมน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ โดยใช้พรีไบโอติคที่ผลิตได้ และนำไปทดสอบประสิทธิภาพการโดยการนำไปใช้ในลูกสุกรหลังหย่านมโดยประเมินจากประสิทธิภาพการผลิตของลูกสุกรเท่านั้น

6. วิธีดำเนินการวิจัย

6.1 โครงการวิจัยที่ 1 : ศึกษาปริมาณการใช้และส่วนผสมที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์เสริมในอาหารลูกสุกร

ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ นำส่วนผสมเหล่านั้นมาผสมรวมกัน ในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 ในระดับการใช้ 0.5, 1 และ 2 % ในอาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมอะไรเลย เป็นกลุ่มควบคุมดังนั้นจึงแบ่งเป็น 10 กลุ่มทดลอง ทำการทดลองในสุกร ลูกผสม ดูรอค x (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) หย่านมที่อายุ 21 วัน จำนวน120 ตัว สุ่มสุกรแบ่งออกเป็น 10 กลุ่ม ๆ ละ 12 ตัว โดยมีเพศผู้และเพศเมียในแต่ละกลุ่มจำนวนเท่าๆ กันทุกกลุ่มการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการเลี้ยงบนกรงตับขังเดี่ยวเป็นเวลา 42 วัน หรือ 6 สัปดาห์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการผลิต และทดสอบการย่อยได้ของโภชนะโดยเลี้ยงสุกรบนกรงศึกษาการย่อยได้ โดยใช้สุกรจำนวน 40 ตัว วางแผนการทดลองแบบ RCBD

6.2 โครงการที่ 2: การเตรียมสารพรีไบโอติคจากกล้วยดิบเพื่อเป็นอาหารเสริมในสุกร

เตรียมแป้งจากกล้วยดิบด้วยวิธีการสกัดแบบ alkaline และ non – alkaline โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งที่ได้ และร้อยละของผลได้ทั้งหมดของแป้งในรูปของน้ำหนักแห้ง จากนั้น นำมาผลิตเป็นพรีไบโอติค ในรูปของ RS III ด้วยอุณหภูมิสูงโดยแปรระดับอุณหภูมิ 3 ระดับในช่วง 120 – 150 องศาเซลเซียส จากนั้นผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ นำมาศึกษาสมบัติในการเป็นพรีไบโอติคต่อไป โดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เช่น วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ว่ามีสัดส่วนของสารที่มีคุณสมบัติเป็น RS III ในปริมาณเท่าใด หลังจากนั้นนำไปใช้สำหรับการทดสอบ เพื่อเป็นอาหารเสริมในสุกรต่อไป

6.3 โครงการที่ 3: การเตรียมสารพรีไบโอติคจากชานอ้อยเพื่อเป็นอาหารเสริมในสุกร

โดยนำชานอ้อยที่ได้จากโรงงานน้ำตาล ในจังหวัดนครสวรรค์ นำมาบดให้มีขนาดเล็ก แล้วทำการย่อยโดยใช้กรดความเข้มข้นต่างๆและใช้ระยะเวลาในการย่อยแตกต่างกัน ในหม้อนึ่งอัดไอ (autoclave) ตรวจวัดปริมาณ xylooligosaccharide และ by-product ที่ได้ เพื่อหาความเข้มข้นของกรดและระยะเวลาการย่อยที่เหมาะสมในการย่อยชานอ้อยเพื่อผลิตพรีไบโอติค วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ว่ามีสัดส่วนของ XOS ในปริมาณเท่าใด เพื่อนำไปใช้ในการคำนวน เพื่อศึกษาทกลอง ในโครงการวิจัยที่ 4ต่อไป

6.4 โครงการที่ 4: การศึกษาการเสริมผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอ ติคจากกล้วยดิบและชานอ้อย ในอาหารสุกรหลังหย่านม

Study of Essential Oil-Organic Acid Product Supplementation with Prebiotic from Raw Banana and Sugarcane Bagasse in Weaned Pig Diets

ผลิตภัณฑ์ขั้นต้นที่ได้จากน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ (Primary Product from Essential Oil and Organic Acis; PPEOOA) ที่มีสัดส่วนและระดับการใช้ที่เหมาะสม จากโครงการที่ 1 นำ RBP และ SBP (ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 เรียกส่วนผสมนี้ว่า RBP-SBP) ในอัตราส่วนการใช้ PPEOOA : RBP, PPEOOA : SBP, PPEOOA : RBP-SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5 และ 1 % ในอาหารทดลอง เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริมสารใดๆ ทดสอบอาหารทดลองในสุกรลูกผสมหลังหย่านม ดูรอค x (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) หย่านมที่อายุ 21 วันจำนวน 56 ตัว สุ่มสุกรแบ่งออกเป็น กลุ่ม ๆ ละ 8 ตัว โดยมีเพศผู้และเพศเมียในแต่ละกลุ่มจำนวนเท่าๆ กันทุกกลุ่มการทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูณ์ (Completely Randomized Design) ทำการเลี้ยงในคอกขังเดี่ยว เลี้ยงสุกรบนกรงตับขังเดี่ยวเป็นเวลา 42 วัน หรือ 6 สัปดาห์ สุกรจะได้รับอาหารและน้ำเต็มที่ การประกอบสูตรอาหารฐานจะใช้แหล่งวัตถุดิบอาหารหลัก คือ ข้าวโพด

และกากถั่วเหลือง และหางนม เป็นหลัก โดยปรับให้มีระดับโภชนะตามคำแนะนำของ NRC (1998) ซึ่งกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหาร ได้แก่

กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ได้รับอาหารฐานเพียงอย่างเดียว

กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%

กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%

กลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%

กลุ่มที่ 5 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%

กลุ่มที่ 6 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP-SBP ในอัตราส่วนการใช้ 1:1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5% ในอาหาร

กลุ่มที่ 7 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP-SBP ในอัตราส่วนการใช้ 1:1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1 % ในอาหาร

สุ่มสุกรแต่ละกลุ่มให้ได้รับอาหารทดลอง 1 ใน 7 ชนิด บันทึกน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นทดลอง น้ำหนักเพิ่มทุกๆ สัปดาห์และน้ำหนักสุดท้ายของการทดลอง รวมทั้งปริมาณอาหารที่สุกรกินแต่ละวัน เพื่อทำการคำนวณหาสมรรถภาพการผลิตต่างๆ นอกจากนี้ยังบันทึกสุขภาพของลูกสุกร เพื่อวัดอัตราการเกิดท้องเสียของสุกร โดยดูจากลักษณะรูปร่าง และสีของมูลสุกร ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลองโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple range Test (Steel and Torrie, 1980)

7. ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

จากการศึกษาเพื่อประเมินและเพิ่มศักยภาพของสารเสริมขั้นต้นในอาหารสัตว์ที่ผลิตจากสารธรรมชาติ ที่ประกอบไปด้วยส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยและส่วนผสมของกรดอินทรีย์ โดยใช้พรีไบโอติกที่เตรียมได้จากกล้วยดิบและชานอ้อย พบว่า

1. ส่วนผสมที่เหมาะสมทั้งน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ และปริมาณการใช้ที่เหมาะสม พบว่า สารเสริมที่มีส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย (EOM) จากกานพลู สะระแหน่ และผิวส้ม อย่างละ 0.06 % และกรดอินทรีย์ (OAM) ที่ประกอบด้วย กรดฟิวมาลิค กรดแลคติค และกรดซิตริค อย่างละ 0.11 % ใน

ระดับการใช้ในอาหาร 0.50% มีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นสารเสริมในอาหารสุกรหลังหย่านมได้

2. กล้วยน้ำว้าและกล้วยหักมุกเมื่อนำมาผลิตเป็นพรีไบโอติก ในรูปของ fructo-oligosaccharide (FOS) พบว่าผลผลิตโดยน้ำหนักแห้งจากสตาร์ชของกล้วยทั้งสองชนิดอยู่ที่ 68.57 และ 69.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อนำมาวิเราะห์หาปริมาณของ FOS พบว่ามีอยู่ที่ร้อยละ 68 และ 64.5 ของแป้งกล้วยดังกล่าว ตามลำดับ กล้วยทั้งสองชนิดนี้มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นสารพรีไบโอติกเพื่อศึกษาในเชิงลึกต่อไป

3. จากการเตรียม xylo-oligosaccharide (XOS) ที่ได้จากชานอ้อยบดโดยการย่อยด้วยการใช้กรดฟอสฟอริกเจือจางและความร้อนเมื่อนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยมาหาวิเคราะห์หาปริมาณ xylo-oligosaccharide ด้วยวิธีพาราโบรโมเอนิลีน พบว่าในสารละลายตัวอย่างมีปริมาณ oligosaccharide เทียบเท่ากับปริมาณไซโลส 12.60 กรัมต่อลิตร

4. พรีไบโอติกในรูปของ fructo-oligosaccharide (FOS) ที่เตรียมได้จากแป้งกล้วยมีศักยภาพในการเป็นพรีไบโอติก และส่วนผสมของ EEO-OAM: FOS ที่ 1:1 ในระดับการใช้เสริมในอาหาร 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีศักยภาพในการใช้เป็นสารเสริมในอาหารสุกรหลังหย่านม

8. ข้อเสนอแนะการนำไปใช้ประโยชน์

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ใช้สุกรทดลองจำนวนน้อย ดังนั้นผลที่ได้อาจให้ผลไม่เด่นชัด ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยใช้จำนวนสุกรที่มากขึ้น และควรมีการศึกษาในระดับฟาร์มต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน กองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ 2551 รวมทั้งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่วิจัยทดลอง ณ สถานีวิจัยและฝึกอบรมบึงราชนก ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย

ขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลกที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ตลอดการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งขอบคุณ คุณบรรเจิด จันต๊ะสา คุณอัษฎาวุธ สนั่นนาม คุณอรุณี โยธี และคุณกรกฤษณ์ พิณศรีสุข ทีมนิสิตปริญญาโทแขนงวิชาการผลิตสัตว์เขตร้อน ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งอาจารย์กุลยาภัสร์ วุฒิจารี และคุณนภดล ปุกแก้ว ที่เป็นกำลังหลักสำคัญในการช่วยเหลือและดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

วันดี ทาตระกูล และคณะ

สิงหาคม 2553

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1. หลักการและเหตุผล	1
1.2. วัตถุประสงค์	5
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	
2.1 น้ำมันหอมระเหย (essential oils or volatile oils)	6
2.2 กรดอินทรีย์ (organic acids)	8
2.3 พรีไบโอติค (Prebiotics)	11
2.3.1 พรีไบติคจากกล้วยดิบ	12
2.3.1.1 กล้วยน้ำว้า	13
2.3.1.2 กล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อง	14
2.3.1.3 แป้ง (starch)	16
2.3.1.4 อะมิโลส (amylose)	17
2.3.1.5 Starch จากกล้วย	18
2.3.1.6 Resistant starch	18
2.3.1.7 ประโยชน์ของ Resistant starch ต่อสุขภาพ	19
2.3.1.8 การวิเคราะห์ Resistant starch	19
2.3.1.9 ปัจจัยในการผลิต Resistant starch	21
2.3.2 พรีไบโอติคจากชานอ้อย	24
2.3.3 กระบวนการสำหรับการผลิต XOS	26
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	29
3.1 โครงการ 1 : ศึกษาปริมาณการใช้และส่วนผสมที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยและกรด อินทรีย์เสริมในอาหารลูกสุกร	29
3.2 โครงการที่ 2: การเตรียมสารพรีไบโอติคจากกล้วยดิบเพื่อเป็นอาหารเสริมในสุกร	32
3.3 โครงการที่ 3: การเตรียมสารพรีไบโอติคจากชานอ้อยเพื่อเป็นอาหารเสริมในสุกร	38
3.4 โครงการที่ 4: การศึกษาการเสริมผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอ ติคจาก กล้วยดิบและชานอ้อย ในอาหารสุกรหลังหย่านม	41

บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย 43

4.1 โครงการ 1 : ศึกษาปริมาณการใช้และส่วนผสมที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยและกรด อินทรีย์เสริมในอาหารลูกสุกร 43

4.1.1 การทดลองที่ 1: ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรทดลองที่ได้รับอาหารทดลองเสริมด้วยน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ 45

4.1.2 การทดลองที่ 2: ศึกษาการย่อยและใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะของสุกร 48

4.2 **โครงการที่ 2:** การเตรียมสารพรีไบโอติคจากกล้วยดิบเพื่อเป็นอาหารเสริมในสุกร 49

4.2.1 การศึกษาร้อยละของผลผลิต(ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) 49

4.2.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีตามวิธี AOAC (AOAC,1990) 49

4.2.3 การศึกษาสีของสตาร์ชกล้วยน้ำว้า และกล้วยหักมุก 50

4.2.4 การศึกษาปริมาณอะมิโลสของแป้งกล้วยน้ำว้า และแป้งกล้วยหักมุก 51

4.2.5 การศึกษาการพองตัวและการละลายของสตาร์ชกล้วยน้ำว้า และกล้วยหักมุก 51

4.2.6 การศึกษาลักษณะเม็ดสตาร์ชกล้วยน้ำว้าและสตาร์ชกล้วยหักมุก โดย Scaning electron microscopy(SEM) 52

4.2.7 การเตรียมพรีไบโอติกและการศึกษาสมบัติบางประการ 53

4.2.7.1 ร้อยละของผลผลิตพรีไบโอติกจากสตาร์ชกล้วย 53

4.3 โครงการที่ 3: การเตรียมสารพรีไบโอติคจากชานอ้อยเพื่อเป็นอาหารเสริมในสุกร 56

4.3.1 วิธีการเตรียม xylo-oligosaccharide 56

4.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณ xylo-oligosaccharide 56

4.3.2.1 สารเคมี 56

4.3.2.2 วิธีการทดลอง 57

4.4 โครงการที่ 4: การศึกษาการเสริมผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจาก กล้วยดิบและชานอ้อย ในอาหารสุกรหลังหย่านม 59

บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ 65

เอกสารอ้างอิง 66

ภาคผนวก 76

สารบัญตาราง

เนื้อหา	หน้า
Table 2.1 Physical and chemical characteristics of the most common used organic acids.	9
Table 2.2 Optimal pH for the bacterial growth.	9
ตารางที่ 2.1 สมบัติของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน	
ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมและค่าวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารทดลองที่ได้จากการคำนวณและห้องปฏิบัติการ	42
ตารางที่ 4.1 แสดงสัดส่วนการใช้น้ำมันหอมระเหย และกรดอินทรีย์ในอาหารทดลองกลุ่มต่างๆ	43
ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณการใช้ (%) ส่วนผสม และน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ในอาหารทดลองสูตรต่างๆ	44
ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการผลิต และคะแนนมูลของลูกสุกรที่ได้รับอาหารทดสอบเสริมด้วยน้ำมันหอมระเหย และกรดอินทรีย์ในสัดส่วนต่างๆ	47
ตารางที่ 4.4 แสดงสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะเฉลี่ยของสุกรที่ได้รับอาหารทดสอบเสริมด้วยน้ำมันหอมระเหย และกรดอินทรีย์ในสัดส่วนต่างๆ	48
ตารางที่ 4.5 แสดงร้อยละของผลผลิต(โดยน้ำหนักแห้ง) ของสตาร์ชกล้วยน้ำว้า และกล้วยหักมุกจากการเตรียมโดยวิธีโม่เปียก(wet milling)	49
ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบทางเคมีวิธี AOAC,1990 (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	50
ตารางที่ 4.7 ค่าสีโดยวิธี Hunter lab	50
ตารางที่ 4.8 ปริมาณอะมิโลสของสตาร์ชกล้วยน้ำว้า และกล้วยหักมุก	51
ตารางที่ 4.9 ร้อยละโดยน้ำหนักแห้งของปริมาณพรีไบโอติก(โอลิโกแซคคาไรด์)	53
ตารางที่ 4.10 ค่าการเจือจางให้ได้สารละลายไซโลสมาตรฐาน	57
ตารางที่ 4.11 ประสิทธิภาพการผลิตของลูกสุกรที่ได้รับอาหารเสริมด้วย ส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจาก กล้วยดิบและชานอ้อย ในอาหารสุกรหลังหย่านม	61
ตารางที่ 4.12 อัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน) เฉลี่ยรายสัปดาห์	62
ตารางที่ 4.13 ปริมาณอาหารที่กิน(กก./สัปดาห์) เฉลี่ยรายสัปดาห์	63
ตารางที่ 4.14 อัตราการแลกน้ำหนักเฉลี่ยรายสัปดาห์	64

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 กล้วยน้ำหว้า	13
ภาพที่ 2.2 กล้วยหักมุก	15
ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของอะมิโลส	17
ภาพที่ 2.4 กระบวนการผลิต Resistant starch (RS3)	20
ภาพที่ 2.5 แสดงแนวทางและขั้นตอนการนำผลพลอยได้ที่มี xylan เป็นองค์ประกอบอยู่สูงไปใช้ประโยชน์ ในรูปแบบต่างๆ	25
ภาพที่ 3.1 การเตรียมสตาร์ชกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหักมุก	33
ภาพที่ 3.2 แสดงการเตรียมพรีไบโอติกจากสตาร์ชจากกล้วยน้ำว้าและหักมุก	35
ภาพที่ 3.3 แผนผังการเตรียมพรีไบโอติก	37
ภาพที่ 4.1 การพองตัวของแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหักมุก	51
ภาพที่ 4.2 การละลายของแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหักมุก	52
ภาพที่ 4.3 ลักษณะเม็ดแป้งกล้วยน้ำว้าและกล้วยหักมุก	52
ภาพที่ 4.4 ลักษณะของสตาร์และสารพรีไบโอติกที่เตรียมจากกล้วย	54
ภาพที่ 4.5 ลักษณะของชานอ้อยที่ใช้สำหรับเตรียมพรีไบโอติค	58
ภาพที่ 5 ลักษณะและสีของมูลสุกร ในการให้คะแนน เพื่อประเมินสุขภาพทางเดินอาหารของลูกสุกรในทางอ้อม	76

บทที่ 1
บทนำ

1.1. หลักการและเหตุผล

บันจุบันมีการนำเข้าสารเสริมในอาหารสัตว์ที่เป็นสารจากธรรมชาติ มากมายหลายยี่ห้อ เพื่อใช้แทนสารปฏิชีวนะ โดยต้นทุนการใช้สารเสริมเหล่านี้ จะอยู่ที่ประมาณ 35-50 สตางค์ ต่ออาหารสัตว์ 1 กิโลกรัม โดยใน 1 ปี มีการผลิตสุกรออกสู่ท้องตลาดประมาณ 9-10 ล้านตัว ในช่วงของการเลี้ยงสุกรขุน จากน้ำหนักตัว 30 ถึงระยะส่งตลาด 90 กิโลกรัม คิดอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 2.5 ดังนั้นสุกรช่วงนี้ ต้องใช้อาหารถึง 150 กิโลกรัม/ตัว ดังนั้นจำเป็นต้องใช้อาหารสัตว์ประมาณ 1.3-1.5 ล้านตัน ต่อปี คิดเป็นมูลค่าสารเสริมในอาหารได้ ประมาณไม่ต่ำกว่า 500 ล้านบาท ต่อปี ดังนั้นความสำคัญของการหาแนวทางเพื่อผลิตสารเสริมในอาหารสัตว์ ที่ผลิตเองจากวัตถุดิบภายในประเทศ นอกจากลดการสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศแล้ว ยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม ให้กับสินค้าทางการเกษตรได้อีกหลายชนิด รวมทั้งสร้างอาชีพ และรายได้ให้เกษตรกร และสุดท้ายที่ประเมินค่าไม่ได้คือ คนไทยสุขภาพดีจากการบริโภคอาหารปลอดภัย

โดยที่สารเสริมในอาหารสุกรที่ดีที่สุด ควรให้ผล 4 ด้าน คือ 1. ปลอดภัยต่อสุกรและผู้บริโภค 2. สุกรสุขภาพดี 3. โตเร็วใช้อาหารไม่เปลือง และ 4. ลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

<u>โรคในระบบทางเดินอาหารของลูกสุกร</u> ได้แก่โรคที่ทำให้เกิดท้องร่วง ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อจุลชีพ เป็นโรคที่ก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสุกรมากที่สุดเมื่อเทียบกับโรคในระบบอื่น ๆ ปัญหาท้องร่วงในพบว่าประมาณ 48 % มีสาเหตุมาจากเชื้อ *Escherichia coli* หากลูกสุกรป่วยได้รับการรักษาในระยะแรกๆ อย่างมีประสิทธิภาพหรือร่างกายปรับตัวได้จะมีโอกาสหายเป็นปกติ แต่ถ้าลูกสุกรป่วยเรื้อรังจะมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง และเกิดการติดเชื้อแทรกซ้อนได้ง่าย (กิจจา, 2530) นอกจากนี้ยังอาจเนื่องมาจากเชื้ออันตรายได้แก่ *Salmonella spp.* ที่อาจปนเปื้อนออกมากับอุจาระสุกร ติดต่อถึงคน หรือการปนเปื้อนในขั้นตอนการชำแหละ ตัดแต่งเนื้อสุกร และปนเปื้อนอยู่ในเนื้อสัตว์ได้ ซึ่งในประเทศที่พัฒนาแล้ว ให้ความสำคัญกับการป้องกันเชื้อตัวนี้มากที่สุด เนื่องจากติดต่อถึงคนได้

<u>การใช้ยาปฏิชีวนะในการป้องกันและรักษา</u> การใช้ยาปฏิชีวะในการป้องกันและรักษา เป็นวิธีการที่ให้ผลเร็ว โดยยาปฏิชีวนะส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และมักก่อปัญหาที่ตามมาในระยะยาว คือ การดื้อต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อแบคทีเรียต่างๆ เป็นสาเหตุให้การรักษามักจะไม่ค่อยได้ผล หากไม่ได้มีการทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อที่เป็นสาเหตุ นอกจากนี้การใช้ยาปฏิชีวนะเสริมในอาหารอย่างพร่ำเพลื่อ จะส่งผลตกค้างของยาในผลิตภัณฑ์สัตว์ ซึ่งจะส่งผลถึงผู้บริโภคได้ ซึ่งในต่างประเทศได้มีการควบคุมและออกเป็นกฎหมายแล้ว ในการห้ามใช้ยาปฏิชีวนะเสริมในอาหารสัตว์ ในกรณีมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโต หรืออีกนัยหนึ่งก็คือเพื่อป้องกันการเกิดโรค เมื่อไม่มีการเกิดโรค สุกรมีสุขภาพดี การเจริญเติบโตก็ดีตามไปด้วย

การใช้สมุนไพรในการรักษา อีกทางเลือกหนึ่งก็คือการใช้สมุนไพรมาใช้ในการรักษาอาการท้องร่วงในลูกสุกร ซึ่งในปัจจุบันมีการศึกษาการใช้สมุนไพรหลายชนิด ที่มีการใช้ในคนแล้วได้ผลดี และมีการทดลองใช้ในการรักษาลูกสุกรท้องร่วง เช่น ฟ้าทะลายโจร ใบฝรั่ง ขมิ้นชัน และเปลือกมังคุด (ยุทธนา คณะ, 2545) อย่างไรก็ตาม การรักษาสุกรเมื่อเกิดอาการท้องร่วงแล้ว ถึงแม้สุกรจะหายเป็นปกติได้ แต่อาจทำให้สุกรแคระแกรน การเจริญเติบโต จนกระทั่งถึงระยะส่งตลาด จะใช้เวลาเลี้ยงที่นานขึ้น ใช้อาหารเปลือง จึงนับเป็นความสูญเสียทางเศรษฐกิจเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นการใช้สารเสริมในอาหารที่เป็นแหล่งมาจากธรรมชาติ เพื่อเป็นการป้องกันจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด และเป็นการลดหรืองดการใช้ยาปฏิชีวนะในฟาร์มได้อีกทางหนึ่ง เพื่อให้สามารถผลิตอาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากขึ้น รวมทั้งเป็นแนวทางผลิตสุกรอินทรีย์ได้ในอนาคต

การใช้สมุนไพรเพื่อการป้องกันโรค ฟ้าทะลายโจร ขมิ้นชัน ไพร เป็นสมุนไพรที่มีการศึกษามากมายในเมืองไทย ในการนำมาใช้ในการป้องกันโรค เสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรค โดยเฉพาะการศึกษาในไก่ สำหรับการศึกษาในสุกรยังพบว่ามีไม่มากนัก ทั้งนี้ เนื่องจากการศึกษาต้องใช้เวลานาน และใช้ปริมาณสมุนไพรที่มาก บางครั้งทำให้ผู้วิจัยไม่สะดวกที่จะศึกษาในระยะยาว และให้ผลไม่แน่นอน แต่การใช้สมุนไพรเหล่านี้ในฟาร์มจริงของเกษตรกรมีบ้างแล้ว เป็นการใช้ก็เพื่อการป้องกันโรคในภาพกว้างๆ เพื่อให้สุกรมีสุขภาพดี แข็งแรง สำหรับในกรณีของการป้องกันโรคท้องร่วงในสุกรก็มีการศึกษาไว้ เช่น การใช้ใบฝรั่ง ในการป้องกันการเกิดท้องร่วงในลูกสุกร ซึ่ง วันดี และคณะ (2005) พบว่าการใช้ใบฝรั่งบดผสมในอาหารลูกสุกรหลังหย่านมในรูปใบแห้ง 5 และใบสด 15 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีศักยภาพที่จะใช้เป็นสารเสริมในอาหารลูกสุกรหลังหย่านมได้ แต่งานวิจัยนี้ก็เป็นเพียงงานวิจัยขั้นต้น เพื่อดูศักยภาพความเป็นไปได้ เพื่อใช้ในการวิจัยขั้นต่อไป ที่ความละเอียดมาขึ้น นอกจากนี้การเสริมในรูปสมุนไพรโดยตรงเช่นนี้ อาจส่งผลข้างเคียง เนื่องจากในสมุนไพรบ่น มักมีสารบางชนิด เช่นสารแทนนิน ปริมาณมาก สารบางชนิดมีรสฝาด ขม ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไป ในระยะเวลาต่อเนื่อง จะทำให้การกินได้ของสัตว์ลดลง การใช้ประโยชน์สารอาหารลดลง เป็นต้น

น้ำมันหอมระเหย (essential oil) เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีอยู่ในพืชหลัก 3 กลุ่ม ได้แก่ สมุนไพร เครื่องเทศ และพืชตระกูลส้ม โดยองค์ประกอบที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยเหล่านี้ มักจะมีสารประกอบที่คุณสมบัติต่างๆ โดยเฉพาะคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ที่เป็นสาเหตุของโรคในระบบทางเดินอาหาร รวมทั้งคุณสมบัติในการควบคุมเชื้อราและการสร้างสารพิษของเชื้อรา ในอาหารสัตว์ เนื่องจากสารพิษจากเชื้อรา เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สุกร มีภูมิคุ้มโรคที่ต่ำลง ทำให้เกิดการเจ็บป่วยได้ง่าย เมืองไทยเป็นเมืองร้อน บางช่วงมีอากาศชื้นมาก ปัญหาของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราในอาหารสัตว์ เป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยาก และก่อให้เกิดผลเสียที่ประเมินเป็นตัวเลขไม่ได้ แต่นับเป็นความสูญเสียทางเศรษฐกิจค่อนข้างมาก จึงได้มีการนำเข้าสารจับเชื้อราจากต่างประเทศมาใช้ผสมในอาหารสัตว์ เพื่อเป็นการป้องกัน ทำให้ต้องสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศเป็นจำนวนมาก

จากปัญหาของการนำสมุนไพรป่น หรือสารสกัดหยาบ มาใช้แล้วได้ผลบ้างไม่ได้ผลบ้าง คือให้ผลไม่แน่นอน ก็เนื่องมาจากองค์ประกอบที่เป็นสารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในน้ำมันมันหอมระเหยมีปริมาณไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในสมุนไพรนั้น ยิ่งถ้านำสมุนไปทำให้แห้ง ก็ยิ่งทำให้สารออกฤทธิ์ ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในน้ำมันหอมระเหย ระเหยหรือเปลี่ยนรูปไปจำนวนหนึ่ง ดังนั้นการสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยมาใช้โดยตรงน่าจะให้ผลที่แม่นยำและแน่นอนกว่า และมีศักยภาพในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้ในอนาคต ได้มีการศึกษาทดลองมากมายทั้งในและต่างประเทศถึงคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรค โดยเฉพาะ *Salmonella spp.* และ *Escherichia coli* จากผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา การศึกษาคุณสมบัติในการถนอมอาหาร คน รวมทั้งมีการศึกษาอีกมากมาย ที่ศึกษาแยกสารประกอบต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหย แต่การศึกษาในการนำมาประยุกต์ใช้ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในสัตว์ยังมีน้อยมาก หรือแทบไม่ปรากฏเลยในข้อมูลทางวิชาการ มีเพียงการศึกษาในส่วนภาคเอกชนจากต่างประเทศซึ่งไม่เป็นที่เปิดเผย เนื่องจากเป็นเหตุผลทางการค้า จนได้ผลิตภัณฑ์สารเสริมในอาหารสัตว์ มาทดแทนยาปฏิชีวนะ และมีการนำเข้ามาขายในประเทศไทยแล้ว หลากหลายชนิด แต่ราคาที่ขายก็ยังมีราคาแพงเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศ เมื่อเทียบกับราคาสารปฏิชีวนะที่เกษตรกรหาซื้อได้ง่าย ราคาถูกกว่า เพราะใช้ปริมาณน้อยกว่าโดยไม่ได้คำนึงถึงผลเสียที่จะตามมา มักจะคำนึงถึงความสะดวกและต้นทุนการผลิตเป็นสำคัญ

<u>การศึกษาทางวิชาการ</u>ของการใช้น้ำมันหอมระเหยเสริมในอาหารสัตว์ สำหรับการศึกษาทางวิชาการในส่วนของการใช้น้ำมันหอมระเหยในอาหารสัตว์ ที่สามารถรวบรวมได้ เช่น จากรายงานของ Onibala (1999) ได้ทดลองเสริมน้ำมันหอมระเหยของ oregano, thyme และกระเทียม ในอาหารสุกร พบว่าให้ผลดีทางด้านการเจริญเติบโต อัตราแลกน้ำหนัก การย่อยได้ของโภชนะในอาหาร คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ เมื่อเทียบกับการใช้ยาปฏิชีวนะเสริมในอาหาร ส่วนรายงานของ Ulfah (2003) ได้ศึกษาส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยหลายชนิดเพื่อเสริมในอาหารสุกร ผลการศึกษาพบว่า ส่วนผสมของน้ำมัน oregano, thyme, cinnamon, citronella และ sage หรือส่วนผสมของ cinnamon, anise, clove, caraway, funnel, rosemary, nutmeg และ sage หรือส่วนผสมของ cinnamon, anise, clove, caraway, nutmeg และ sage สามารถใช้แทนยาปฏิชีวนะในอาหารสุกรได้ โดยอัตราการใช้คือ 500-1000 กรัม/อาหาร 1 ตัน หรือ 0.05-0.1 % ในอาหาร หลังจากนั้นได้พยายามมีการศึกษาโดยใช้น้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศและสมุนไพรของไทย เช่น Tartrakoon et al. (2002 and 2003a) ศึกษาโดยใช้น้ำมันตะไคร้ น้ำมันมะนาว เสริมในอาหารลูกสุกรหย่านม พบว่าการเสริมที่ระดับ 5 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ลูกสุกรมีแนวโน้มประสิทธิภาพการผลิตและสุขภาพดีขึ้นกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม และให้ผลใกล้เคียงกับกลุ่มที่ใช้ปฏิชีวนะ หลังจากนั้นจึงมีการศึกษาเปรียบเทียบชนิดของน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยใช้นำมันหอมระเหยจากกานพลู ตะไคร้หอม และสะระแหน่ฝรั่งเป็นสารเสริมในอาหารสุกรหย่านม ที่ระดับ 5 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในลูกสุกรหย่านม มีแนวโน้มดีขึ้นเมื่อเสริมด้วยน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด และน้ำมันหอมระเหยจากการพลูให้ผลดีที่สุดในการลดอาการท้องเสียในลูกสุกร

(เกษมสุขและคณะ, 2546) หลังจากนั้นได้ศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้น้ำมันกานพลู วันดี และคณะ (2546) รายงานว่า ที่ระดับ 2-5 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ช่วยให้การเกิดท้องเสียในลูกสุกรลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยมีศักยภาพที่จะนำมาเป็นสารเสริมในอาหารสุกรเพื่อทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะได้ และจะให้ผลดีและเด่นชัด เมื่อมีการผสมกันของน้ำมันหอมระเหยหลายๆ ชนิด แต่ปริมาณการใช้น้ำมันหอมระเหยที่มากเพื่อให้ได้ผล อาจไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีสารอื่นมาช่วยเสริมการทำงานของสารออกฤทธิ์ในน้ำมันหอมระเหย เพื่อให้สามารถลดปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่จะต้องใช้ลงได้ ซึ่งกรดอินทรีย์ เป็นตัวหนึ่งที่มีศักยภาพมาก เนื่องจากมีราคาถูก เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้ และสามารถออกฤทธิ์เสริมกับน้ำมันหอมระเหย ในระบบทางเดินอาหารได้

<u>กรดอินทรีย์ (Organic acid)</u> ประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ ในสุกรได้แก่

1. คุณสมบัติในการเป็นสารต้านจุลชีพ โดยขึ้นอยู่กับการทำให้เป็นกรด-ด่าง (pH) ของระบบทางเดินอาหารลดลงได้มากน้อยเท่าใด ตามที่ทราบกันดีแล้วว่ามีการใช้กรดอินทรีย์ในการถนอมอาหารกันมานานแล้ว หรือการถนอมอาหารโดยการหมักให้เกิดกรด โดยเป็นการใช้แทนความร้อน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ก่อโรค เช่น salmonella (Partanen, 2001) ดังนั้นกรดอิทรีย์ที่เสริมในอาหารจึงมีบทบาทในการควบคุมปริมาณของจุลิทรีย์ที่ก่อโรค (Russell and Diez-Gonzales, 1998)

2. เกี่ยวข้องกับกระบวนการดูดซึม และเมตาบอลิซึมของสารอาหาร (Partanen, 2001) เช่น เพิ่มความสูงของเซลล์ในลำไส้เล็ก (villi) ในลูกสุกรหย่านม ทำให้ลำไส้สามารถดูดซึมโภชนะได้ดีขึ้นได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มการหลั่งน้ำย่อยจากตับอ่อน ทำให้การย่อยและดูดซึมโปรตีน กรดอะมิโน และแร่ธาตุเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้สุกรสามารถนำพลังงาน ที่เกิดจากการหมัก ในส่วนของลำไส้ใหญ่ กลับมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

3. ประสิทธิภาพในการเป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโต และการปรับปรุงคุณภาพซากคุณภาพเนื้อ สุกรสามารถเจริญเติบโตได้ดี คุณภาพซากดี และคุณภาพเนื้อที่ดี ไม่มีสารปนเปื้อน และลดการปนเปื้อนของ salmonella ในเนื้อสุกร (Partanen, 2001)

<u>พรีไบโอติค</u> จากข้อมูลความรู้ทางด้านรายละเอียดภายในระบบทางเดินอาหารของสุกร พบว่ามีองค์ประกอบของจุลินทรีย์หลากหลายชนิด ซึ่งรูปแบบจะใกล้เคียงกันระหว่างคน และสัตว์อีกหลายชนิด ซึ่งประกอบด้วยกลุ่ม lactic acid bacteria, enterobacteria, และ streptococcus ซึ่งปรากฏเป็นกลุ่มแรกๆ นอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์กลุ่มไม่ใช้ออกซิเจนอีกมากมายหลายชนิด (Cornway, 1996) การเจริญและเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ ในระบบทางเดินอาหาร เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน เป็นการคัดเลือกตามธรรมชาติและการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (Rolfe, 1996) มีอิทธิพลเนื่องมาจากหลายๆ ปัจจัย ที่มาจาก จุลินทรีย์ และตัวสัตว์ รวมทั้งกลุ่มจุลินทรีย์ ที่ควบคุมกันอยู่ ซึ่งในสภาวะปกติ ที่สุกรมีสุขภาพดี จุลินทรีย์ ในระบบทางเดินอาหารจะมีความสมดุล และปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญมาก นอกเหนือจากสภาวะของร่างกายสัตว์ ได้แก่ สารอาหารที่อยู่ในระบบทางเดินอาหาร ส่วนเหลือของอาหารที่ไม่ถูกดูดซึม จะถูกหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร จึงได้มีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวาง ในการหาแนวทาง ส่งเสริมสุขภาพทางเดินอาหารของสุกร ด้วยวิธีการต่างๆ สารพรีไบโอติค เป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ใน

กลุ่ม oligosaccharide ที่ไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยจากตัวสัตว์ แต่สามารถถูกหมักย่อยได้ดี โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นประโยชน์ เช่น Lactobacilli และ Bifidobacteria จึงมีการนำมาใช้เพื่อเป็นแหล่งของอาหารเสริม (feed additive) อีกชนิดหนึ่ง

จากที่ได้กล่าวไปแล้วว่า องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากพืช มีคุณสมบัติต่างๆ ที่ดีต่อระบบทางเดินอาหารสุกร นอกจากนี้ ในน้ำมันหอมระเหย ยังมีกรดอินทรีย์ เป็นองค์ประกอบอยู่ แต่มีปริมาณน้อย ดังนั้นการเสริมกรดอินทรีย์ลงไปในส่วนของน้ำมันหอมระเหย นอกจากจะได้คุณสมบัติเฉพาะตัวที่ดี ของกรดอินทรีย์แล้ว ยังช่วยให้สามารถลดระดับการใช้น้ำมันหอมระเหยลง จากผลของการเสริมฤทธิ์ของกันและกัน เพราะถ้าใช้น้ำมันหอมระเหยเพียงอย่างเดียว จะต้องใช้ปริมาณมาก ทำให้ไม่เหมาะสมทางเศรษฐกิจ ซึ่งการใช้ส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหย และกรดอินทรีย์ จุดประสงค์หลักคือ ลดจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร กระตุ้นการกินอาหาร และส่งเสริมภาวะความเป็นกรด เพื่อให้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์สามารถเจริญได้ดี ดังนั้นงานวิจัยนี้ เพื่อเพิ่มศักยภาพของสารเสริมในอาหารสุกร โดยการเสริมอาหารของจุลินทรีย์ เข้าไปอีก เพื่อประสิทธิภาพของสารเสริมในอาหารสุกร ดีและเห็นผลได้ชัดเจนขึ้น

1.2. วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขั้นต้นเพื่อเป็นสารเสริมจากธรรมชาติในอาหารสุกร

1.2.2 เพื่อหาแนวทางเพิ่มศักยภาพ และประสิทธิภาพในการใช้สารเสริมจากธรรมชาติ โดยลดปริมาณการใช้ น้ำมันหอมระเหย และกรดอินทรีย์ โดยการ หาแนวทาง เพิ่มสารธรรมชาติพรีไบโอติค

1.2.3 เป็นแนวทางในการวิจัยในเชิงลึกเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สารเสริมในอาหารสุกร ในเชิงการค้าที่ปลอดภัยต่อสุกรและผู้บริโภค และสามารถใช้ผลิตสุกรแบบอินทรีย์ได้

1.2.4 เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารเสริมจากธรรมชาติ สำหรับสัตว์ชนิดอื่นต่อไป

1.2.5 เป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อวัตถุดิบชนิดอื่นๆ มาใช้ เพื่อเป็นสารเสริมจากธรรมชาติในอาหารสัตว์ต่อไป

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้ผลิตภัณฑ์ขั้นต้น อย่างน้อยหนึ่งชนิด หรือมากกว่า ที่เหมาะสมในการนำไปเป็นแนวทางพัฒนาเป็นผลิตผลิตภัณฑ์สารเสริมสำเร็จรูปในอาหารสุกรต่อไป

1.3.2 เป็นแนวทางในการพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า

1.3.3 สามารถนำไปจดอนุสิทธิบัตรส่วนผสมได้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 น้ำมันหอมระเหย (essential oils or volatile oils)

เป็นของเหลวในรูปน้ำมัน มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว สามารถระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ น้ำหนักเบากว่าน้ำ สกัดได้จากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ดอก ผล เมล็ด ใบ หรือ ราก เป็นต้น วิธีการให้ได้มาซึ่งน้ำมันหอมระเหยได้แก่ การบีบ การหมัก หรือการสกัด ซึ่งวิธีที่ใช้กันมากที่สุดในทางการค้าคือการสกัดด้วยไอน้ำ (steam distillation) (Burt, 2004) มีรายงานทางวิชาการมากมายแสดงให้เห็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยชนิดต่างๆ โดยองค์ประกอบหลักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ได้สรุปไว้โดย Bauer et al. (2001) การวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบสามารถทำได้โดยใช้เครื่อง chromatography and mass spectrometry น้ำมันหอมระเหยมีองค์ประกอบของสารเดี่ยวๆ มากมาย อาจมากกว่า 60 ชนิด (Senastore, 1996 and Russo et. al., 1998) โดยมีองค์ประกอบหลักประมาณ 85% ของน้ำมันหอมระเหย ที่เหลือเป็นส่วนประกอบที่มีอยู่จำนวนน้อย องค์ประกอบที่มีองค์ประกอบเป็นฟีนอล (Phenolic component) ทำให้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านเชื้อแบคทีเรีย (Cosentino et.al., 1999) สารเหล่านี้ เช่น geraniol acetate, eugenyl acetate, trans-cinnamaldehyde, menthol, carvacrol, thymol, geraniol, eugenol, p-cymene, limonene, γ-terpinene และ carvone เป็นต้น (Bauer et al., 2001)

กานพลู (Clove) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Eugenia caryophyllus* (Spreng) Bullock & Harrison หรือ *Syzygium aromaticum* (Linn) Merr & Perry. (Syn.) หรือ *Caryophyllus aaromaticus* Linn. (ดาลัด, 2526) ในดอกตูมเมื่อนำมาสกัดจะมีน้ำมันหอมระเหยอยู่ 14-20 % (สมพร, 2536) ซึ่งประกอบด้วย Eugenol 75-85% และ Eugenyl acetate 8-15 % (Bauer et al., 2001) หรือมี Eugenol 24.37 mg/g และ Eugenyl acetate 23.54 mg/g (Lee and Shibamoto, 2001) เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมี α และ β -caryophyllene และ caryophyllene oxide ซึ่งสารพวก phenol ที่สำคัญคือ eugenol ($C_{10}H_{12}O_2$) หรือชื่อทางเคมี 1-allyl-4-hydroxy-3-methoxybenzene หรือ 4-allyl-2-methoxyphenol หรือ phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 70-90 ของปริมาณน้ำมันหอมระเหยทั้งหมด มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองอ่อนๆ มีจุดเดือด 254 °C และความถ่วงจำเพาะ 1.0620 (25 °C) (สมชาย, 2529) มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคพืช (ขจรศักดิ์, 2539; วรนาฎ, 2544) และเชื้อแบคทีเรียพวกไวต่อกรด (acid fast) รวมทั้งแบคทีเรียที่ย้อมติดสีแกรมบวกและแกรมลบ เช่น เชื้อโรคไทฟอยด์ โรคบิดไม่มีตัว เชื้อหนองและแบคทีเรียในลำไส้ (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน, 2538; บัญญัติ, 2520)

ณครินทร์ (2545) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella sp.*, *Escherichia coli*, *Enterobactor aergenes*, *Vibrio cholerae* และ *V.parahaemolyticus* ที่ความเข้มข้น 33% และที่ความเข้มข้น 30% สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Shigella spp.* ได้ทุก species ทั้งนี้เนื่องจากสาร eugenol จะเข้าขัดขวางกระบวนการละลายของไขมันที่

เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้ Osmotic barrier ลดลง ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ โดยทำให้เอนไซม์ และโปรตีนอื่นๆ เสียสภาพไป เซลล์จึงถูกทำลาย นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคกลากเกลื้อนได้ เมื่อใช้ความเข้มข้น 1: 8,000 ถึง 1:16,000 โดยที่ eugenol และ eugenol acetate ยังสามารถฆ่าพยาธิ *Trichomonas vaginalis* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคตกขาวอีกด้วย (วรนาฎ, 2544) ในการนำมาใช้ในคน ได้แก่ใช้ในการแต่งรส กลิ่น ช่วยในการย่อยอาหาร ขับลม แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แน่นท้อง ลดการจุกเสียดที่เกิดจากการย่อยไม่สมบูรณ์ มีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ทำให้อาการปวดท้องลดลง ฆ่าเชื้อราโรคพืชและเชื้อแบคทีเรียหลายชนิด เช่นเชื้อโรคไทฟอยด์ บิดชนิดไม่มีตัว เป็นต้น แก้อาการท้องเสีย (นิจศิริ และพะยอม, 2534) นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยทางชีววิทยาอีกมากมาย ว่าน้ำมันกานพลู มีคุณสมบัติที่เด่นชัดในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค เมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Arora and Kaur, 1999; Moreira et.al., 2005; Wannissorn et. al., 2005) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นสารกันหืนอีกด้วย (Lee and Shibamoto, 2001) และยับยั้งเชื้อรา และการสร้าง aflatoxin ได้อย่างสมบูรณ์ ที่ความเข้มข้น 0.5-1% (Gowda et.al., 2004)

Main et. al. (2001) ได้ทดสอบผลของการให้น้ำมันกานพลู ในสุกรหย่านม เพื่อทดแทน สารปฏิชีวนะ เช่น carbadox, mecadox ทดลองให้สุกรกินอาหารเป็นเวลา 21 วัน พบว่า เมื่อเสริมน้ำมันกานพลูที่ 0.5 % ปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าเมื่อเสริมด้วย carbadox 50g/ton แต่ถ้าเสริมน้ำมันกานพลูในระดับที่มากขึ้น คือ 1 และ 2 % มีแนวโน้มทำให้การกินอาหารได้ของสุกรลดลง ดังการศึกษาการใช้น้ำมันกานพลูในอาหารสุกรควรศึกษาในรายละเอียดต่อไป นอกจากนี้ จากการศึกษาเปรียบเทียบชนิดของน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ในการเสริมในอาหารลูกสุกร โดยใช้น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ตะไคร้หอม และสะระแหน่ฝรั่งเป็นสารเสริมในอาหารสุกรหย่านม ที่ระดับ 5 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในลูกสุกรหย่านม มีแนวโน้มดีขึ้นเมื่อเสริมด้วยน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด และน้ำมันหอมระเหยจากการพลู ให้ผลดีที่สุดในการลดอาการท้องเสียในลูกสุกร (เกษมสุข และคณะ, 2546; Tartrakoon et.al., 2003a) หลังจากนั้นได้ศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้น้ำมันกานพลู วันดี และคณะ (2546) รายงานว่า ที่ระดับ 2-5 มิลลิลิตร ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ช่วยให้การเกิดท้องเสียในลูกสุกรลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สะระแหน่ หรือ peppermint (*Mentha piperita* Linn.) ส่วนที่ใช้ คือ ใบแห้ง นำมากลั่นด้วยไอน้ำจะได้น้ำมันหอมระเหย 0.7–1.5% ซึ่งประกอบด้วย menthol 50 – 60% เป็นองค์ประกอบหลัก ประโยชน์ของน้ำมันสะระแหน่ พบว่า ใช้แต่งกลิ่นยาและอาหารในพวกยำต่างๆ ใช้เป็นยาขับลม ช่วยย่อยอาหาร แก้ปวดท้อง ฆ่าเชื้อโรค ระงับอาการเกร็งของกระเพาะอาหารและลำไส้ (โครงการสมุนไพรเพื่อการพึ่งตนเอง, 2529) ขับเหงื่อ รักษาหืด แก้อาการเกร็งของกล้ามเนื้อ (สมสุข, 2542) ในส่วนของสารที่อยู่น้ำมัน ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ ต่างๆ เช่น methyl acetate, menthone, cineole, limonene, phellandrene, pinene และ β-caryophyllene (Price, 1993) ซึ่งสารต่างในกลุ่ม Mentol และ limonene มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียเช่นกัน (Bauer et al., 2001) ซึ่ง Wannissorn et. al. (2005) ทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ญวน มีฤทธิ์ ในการยับยั้งการเจริญของ

เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคหลายชนิด รวมทั้ง *salmonella* spp. ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ก็คือ การไปเสริมฤทธิ์กับกานพลูในการต่อต้านจุลินทรีย์ที่เป็นโทษส่วนหนึ่ง เพื่อให้สามารถลดปริมาณการใช้น้ำมันกานพลูลงได้ เนื่องจากน้ำมันกานพลูมีราคาแพงกว่าชนิดอื่นๆ วัตถุประสงค์อีกส่วนหนึ่งคือ การช่วยย่อยอาหาร และรักษาสภาพระบบทางเดินอาหาร ช่วยให้สุกรกินอาหารได้มากขึ้น หรือกระตุ้นการกินอาหารได้

น้ำมันผิวส้ม (Orange peel oil) เป็นน้ำมันที่สกัดได้จากเปลือกส้ม ถ้าเป็นส้มเขียวหวานของไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulate* Blanco เป็นพืชในวงศ์ Rutaceae เช่นเดียวกับส้มชนิดอื่น รวมทั้ง มะนาวฝรั่ง (*Citrus limon* (linn.) Burm.f.) ดังนั้นน้ำหอมระเหยที่สกัดได้จากผิวมะนาวฝรั่งใช้ชื่อว่า lemon oil จะใช้วิธีบีบเย็น ส่วนของน้ำมันที่สกัดจากใบมะนาวจะใช้วิธีการกลั่น ในส่วนของน้ำมันที่ได้จากเปลือกจะประกอบด้วย citral 6 %, limonene 70 %, pinene 15%, β-pinene 22% และ γ-terpinene 12% โดยองค์ประกอบหลักที่ได้คือ limonene ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติต้านเชื้อแบคทีเรีย (Bauer et al., 2001) ส่วนสารที่ช่วยให้เกิดกลิ่นและรส คือ isometric citrals, neral and geranial (Weiss, 1997) ส่วนของน้ำมันผิวส้มที่มีข้อมูลอยู่ได้แก่ น้ำมันส้ม (Bitter Orange Oil) เป็นน้ำมันหอมระเหยที่บีบจากเปลือกผลสดโดยไม่ใช้ความร้อนจากส้ม (*Citrus aurantium* L.) ซึ่งสารประกอบส่วนใหญ่ ร้อยละ 90 ที่พบในน้ำมัน เป็นพวก terpine ได้แก่ d-limonene, cymene, cajeputene (สนั่น, 2540) ส่วนที่มีรายงานไว้ น้ำมันผิวส้ม (Sweet Orange Oil or Orange Oil) เป็นน้ำมันที่มีขายในท้องตลาดของอเมริกา ได้จากส้ม *Citrus sinensis* (Linn) Osbeck. หรือ *Citrus aurantium* var. *sinensis* Linn. มีองค์ประกอบในน้ำมันใกล้เคียงกับที่กล่าวไปแล้ว คือมี terpene ที่เป็น limonene เป็นส่วนใหญ่ ประมาณ 90% ดังนั้นจะเห็นได้ว่า น้ำมันจากเปลือกส้มจะมีสารประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ limonene มีคุณสมบัติต้านเชื้อแบคทีเรียได้ และมี citral ซึ่งช่วยในเรื่องของกลิ่นและรสของอาหารได้ ซึ่ง Caccioni et. al. (1998) ได้วิเคราะห์หาสารประกอบในน้ำมันหอมระเหยในพืชตระกูลส้ม(Citrus Fruit) ส่วนใหญ่ ซึ่งเรียก Citrus essential oil พบว่า มากกว่า 90% เป็น limonene เช่นเดียวกับ Steuer et.al. (2001) ซึ่งวิเคราะห์ใน grapefruit และ orange และถ้ามี monoterpene ปริมาณมาก จะมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อรามากตามไปด้วย (Caccioni et. al., 1998)

2.2 กรดอินทรีย์ (organic acids)

กรดอินทรีย์ประกอบด้วยคาร์บอนสายสั้น (C1-C7) ที่พบได้โดยทั่วไปในธรรมชาติ โดยเป็นส่วนประกอบของพืชและเนื้อเยื่อสัตว์ มนุษย์และสัตว์สามารถผลิตกรดอินทรีย์ได้จากกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยไม่ได้โดยจุลินทรีย์ภายในลำไส้ใหญ่ ลักษณะทางกายภาพและเคมีที่สำคัญของกรดอินทรีย์ดังแสดงในตารางที่ 1 นอกจากนี้กรดอินทรีย์ยังสามารถอยู่ในรูปเกลือของโซเดียม โปแตสเซียม หรือแคลเซียม ในส่วนของกรดอินทรีย์ที่นิยมใช้อยู่มีหลายชนิด แต่ละชนิดแตกต่างกันที่โมเลกุลและลักษณะทางเคมี กรดอินทรีย์สามารถออกฤทธิ์ต่อต้านแบคทีเรียทั้งในอาหารและระบบทางเดินอาหารของสัตว์ การที่สัตว์ได้รับอาหารที่เสริมกรดอินทรีย์จะทำให้ระดับ pH ในระบบทางเดิน

อาหารลดลง ซึ่งระดับ pH เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโต และปริมาณของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ในส่วนของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษจะเจริญได้ดีในระดับ pH ที่เป็นกลางดังแสดงในตารางที่ 2 ดังนั้นเมื่อมีการลดลงของระดับ pH จำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นโทษก็น่าจะมีปริมาณลดลง แต่ระดับ pH ที่ลดลงจะผลต่อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์น้อย เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์สามารถทนต่อระดับ pH ที่ลดต่ำลงได้

Table 2.1 Physical and chemical characteristics of the most common used organic acids.

	Formula	MM[1] g mol^{-1}	Density g ml^{-1}	Form	pK_a	pK_a	pK_a	Solubility
Acetic acid	$C_2H_4O_2$	60.05	1.049	liquid	4.76			+++
Butyric acid	$C_4H_8O_2$	88.12	0.958	liquid	4.82			+++
Citric acid	$C_6H_8O_7$	192.14	1.665	solid	3.13	4.76	6.40	++
Formic acid	CH_2O_2	46.03	1.220	liquid	3.75			+++
Fumaric acid	$C_4H_4O_4$	116.07	1.635	solid	3.02	4.38		+
Lactic acid	$C_3H_6O_3$	90.08	1.206	liquid	3.83			+++
Malic acid	$C_4H_6O_5$	134.09	1.601	liquid	3.40	5.10		+
Propionic acid	$C_3H_6O_2$	74.08	0.993	liquid	4.88			+++

[1] MM, molecular mass expressed in grams ; ที่มา : Andre (2000)

Table 2.2 Optimal pH for the bacterial growth.

	pH
E.coli	6.0-8.0
Salmonella sp.	6.8-7.5
Steptococci	6.0-7.5
Staphylococci	6.8-7.5
Clostridium	6.0-7.5

ที่มา : Stockill (1989)

การใช้กรดอินทรีย์เสริมในอาหารสุกรได้มีการศึกษามาหลายสิบปีแล้ว เพื่อประโยชน์ทางด้านสุขภาพของสุกร โดยเฉพาะในสุกรอายุน้อย กรดอินทรีย์ที่ใช้ เช่น citric acid, fumaric acid, propionic acid, lactic acid และ malic acid หรือบางทีก็เป็นกรดเหล่านี้ผสมกัน ซึ่งพบว่าให้ผลในทางบวกต่อประสิทธิภาพการผลิตของสุกร (Kirchgessner and Roth, 1988) ซึ่ง Roth and Kirchgessner (1995) รายงานว่า กรดอินทรีย์ ทำหน้าที่ 3 อย่างได้แก่ การต้านเชื้อแบคทีเรียด้วยตัวของกรดเอง การทำให้ pH ในกระเพาะลดลง และลดการเกิดเชื้อรา และการสร้างสารพิษ

ตัวแปรสำคัญที่ใช้สำหรับศึกษาสุขภาพของทางเดินอาหารของสุกรคือ ปริมาณของ coliform และ lactic acids bacteria ซึ่งกลุ่มแรกก่อให้เกิดอันตรายต่อสุกร โดยเฉพาะโรคท้องเสีย ในขณะที่กลุ่มหลัง มีประโยชน์ต่อสัตว์ เนื่องจากสามารถผลิต lactate ทำให้ pH ในระบบทางเดินอาหารลดต่ำลง นอกจากนี้ยังเชื่อว่า lactic acids bacteria ทำหน้าที่เป็นเกราะปราการ ในการต่อต้านการ colonization ของจุลินทรีย์ก่อโรค โดยเฉพาะ coliform bacteria ในทางเดินอาหารส่วนต้นของสัตว์อายุน้อย ซึ่ง Knarreborg et al. (2002) ศึกษาการใช้กรดอินทรีย์ 6 ชนิด ได้แก่ กรด fumaric, benzoic, butyric, lactic, formic และกรด propionic โดยเป็นการศึกษาผลต่อจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารสุกร ในห้องปฏิบัติการ พบว่า coliform bacteria ไม่สามารถเจริญได้ในกระเพาะ ที่ pH 4.5 โดยประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ กรด benzoic, fumaric, lactic, butyric, formic และกรด propionic ตามลำดับ แต่กรด benzoic และ fumaric ก็มีผลต่อการลดจำนวนลงของ จุรินทรีย์ที่มีประโยชน์ คือ lactic acid bacteria ด้วย แต่กรดชนิดอื่นมีผลเช่นกัน แต่น้อยกว่า ซึ่งเช่นเดียวกับรายงานของ Sutton et al. (1991) ซึ่งพบว่า การเสริม fumaric acid ในอาหารลูกสุกรหลังหย่านม ทำให้จำนวนของ lactic acid bacteria ในกระเพาะและลำไส้เล็กส่วนต้นลดจำนวนลง

มีการศึกษาการใช้กรดอินทรีย์เสริมในอาหารสุกร พบว่าช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้อาหารและอัตราการเจริญเติบโตของสุกร (Falkwoski and Aherne, 1984; Giesting and Easting, 1985) ซึ่ง Scipioni et al. (1978) พบว่าการเสริม citic acid 1% ในอาหารสุกรอายุ 42 สัปดาห์ สามารถลด pH ในกระเพาะจาก 4.5 เป็น 3.5 ได้ เช่นเดียวกับ Edmonds et al., (1978) พบว่าการเสริม citric acid หรือ fumaric acid ที่ 1.5 % ในลูกสุกรหลังหย่านมใหม่ อายุ 28-32 วัน ช่วยเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ Radecki et al. (1988)

Partanen (2001) ได้รวบรวมผลงานวิจัยจำนวนมากที่เกี่ยวกับการใช้กรดอินทรีย์ ในอาหารสุกร ที่มีการตีพิมพ์ผลงาน สรุปไว้ว่า การเสริมกรดอินทรีย์ ในอาหารสุกรหย่านม และสุกรขุน ให้ผลดีต่อประสิทธิภาพการผลิตได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น การเกิดอาการท้องเสียของลูกสุกรลดลง โดยกรดอินทรีย์ที่นิยมใช้กันมากได้แก่ formic acid, fumaric acid, citric acid, propionic acid, potassium diformate และได้แนะนำไว้ว่า ในทางปฏิบัติ การใช้กรดในอาหารควรใช้ต่ำกว่า 10 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม หรือ ต่ำกว่า 1% เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อการกินอาหารได้ของสุกร ตามที่ กรรณิการ์ และคณะ (2546) ทดลองเปรียบเทียบการใช้กรด fumaric, citric และ fumaric + citric ในระดับ 2% ในอาหารลูกสุกรหย่านม พบว่า การใช้กรด fumaric ร่วมกับ citric อย่างละ 1% มีแนวโน้มของสัมประสิทธิการย่อยได้ของโภชนะในสุกร ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมกรดอินทรีย์ ชนิดใดชนิดหนึ่งอย่างเดียว

ดังนั้นจากรายงานวิจัยที่รวบรวมได้ทั้งหมด จะเห็นได้ว่า กรดอินทรีย์ ที่มีประสิทธิภาพ ต่อการทำหน้าที่ทดแทนปฏิชีวนะในการลดจำนวนของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษกับสุกร คือ fumaric acid ในขณะที่อาจไปมีผลต่อ lactic acid bacteria ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์สังเคราะห์กรดแลคติค ทำให้ลด

จำนวนลงได้ ดังนั้นการเสริมกรด lactic เข้าไปช่วยในส่วนนี้ น่าจะให้ผลดีได้ ขณะเดียวกัน การใช้กรด citric เพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มการใช้ประโยชน์ของอาหาร โดยเฉพาะอาหารที่ต้องประกอบด้วยธัญพืช กากถั่วเหลือง ซึ่ง phytate เป็นองค์ประกอบอยู่ ซึ่ง phytate นี้จะจับตัวกับโปรตีน และแร่ธาตุโดยเฉพาะ ฟอสฟอรัส และแร่ธาตุอื่น ซึ่งมีรายงานว่า กรด citric ช่วยให้การใช้ประโยชน์ของโภชนะต่างๆ ดีขึ้น Burnell *et al.* (1988) พบว่า การเสริมกรดซิตริกในอาหารที่มีข้าวโพด กากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบ สุกรจะมีอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่าอาหารที่มีข้าวโพด กากถั่วเหลือง และข้าวสาลีเป็นส่วนประกอบ ทั้งนี้อาจเป็นเหตุผลจากที่ Ravindran *et al.* (1993) รายงานว่า กรดซิตริกเป็นคีเลติ้งเอเจนต์ (chelating agent) ที่ช่วยเพิ่มการดูดซึมแร่ธาตุในระบบลำไส้ นอกจากนี้ในช่วงหลังหย่านมลูกสุกรจะมีไขมันที่เก็บสะสมเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานอยู่น้อย มีผลทำให้ อัตราการเจริญเติบโตช้า และเกิดความเครียด (Fenten *et al.*, 1985) ดังนั้นการเสริมกรดซิตริกซึ่งเป็น "สารตัวกลาง" (intermediate) ในวัฏจักรไตรคาร์บอกซิลิก ซึ่งเป็นส่วนที่ช่วยเพิ่มแหล่งพลังงานของลูกสุกร รวมทั้งลดการเกิด กระบวนการกลูโคนีโอจีนีซิส (gluconeogenesis) และไลโปไลซิส (lipolysis) ได้ด้วย ทำให้ร่างกายสุกรไม่สูญเสียแหล่งพลังงานสำรองมากเกินไป

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงเลือกใช้ กรด 3 ชนิด ได้แก่ fumaric acid, lactic acid และ citric acid ในวัตถุประสงค์หนึ่งคือ ศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมของการใช้ส่วนของการใช้กรดอินทรีย์หลายชนิดเพื่อเป็นสารเสริมในอาหารลูกสุกรหลังหย่านม และนำมาเพื่อเสริมฤทธิ์กับน้ำมันหอมระเหยที่ได้ได้รับการทดสอบแล้วว่าดีที่สุดต่อการเสริมในอาหารสุกร จากรายงานของ Tartrakoon et al. (2004) มองเห็นแนวโน้มที่ค่อนข้างชัดเจนว่า เมื่อใช้กรดชนิดเดียวคือ citric acid 2% เสริมในอาหารลูกสุกรหย่านมใหม่ประสิทธิภาพการใช้อาหารของลูกสุกรดีที่สุด และเมื่อเสริมน้ำมันกานพลู 2.5 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ร่วมกับ citric acid 2% พบว่าอัตราการเกิดท้องเสียต่ำสุด ในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกับเมื่อใช้กรดเพียงอย่างเดียว และดีกว่าไม่เสริมอะไรเลยในอาหาร

2.3 พรีไบโอติค (Prebiotic)

ชนิดของแบคทีเรียในระบบทางเดินอาหารของสุกร ที่จัดเป็นกลุ่มที่ให้ประโยชน์สำหรับสุขภาพของทางเดินอาหาร เรียกเป็นกลุ่มใหญ่ว่า กลุ่มจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์กรดแลคติค ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ Lactobacilli, Bifidobacteria, กลุ่มของ Streptococci เป็นต้น (Gibson and Roberfroid, 1995) การเพิ่มขึ้นของประชากรจุลินทรีย์กลุ่มที่สังเคราะห์กรดแลคติคดังกล่าว เป็นผลดีกับสุขภาพสุกรในหลายด้าน โดยเฉพาะการกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน และลดปริมาณของกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรค เนื่องจากการเข้าจับจองพื้นที่จับเกาะ กับพื้นที่ผิวเซลล์ ของเซลล์ผนังลำไส้เล็ก (Bernet et al., 1993) จากข้อมูลการศึกษาวิจัยที่ค้นพบเหล่านี้ ทำให้มีความพยายามที่จะศึกษา ถึงแนวทางในการคงสภาพของทางเดินอาหารสุกร ให้มีสุขภาพดีที่สุด นอกเหนือจากเพื่อลดปัญหาการเกิดโรคท้องเสีย ที่จะส่งผกระทบให้สุกรแคระแกร็นแล้ว ยังทำให้การดูดซึมสารอาหารไปใช้ประโยชน์ ของสุกรลดน้อยลง ทำให้

สูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมากมายในแต่ละปี ดังนั้นจึงมีการนำเอายาปฏิชีวนะมาใช้เสริมในอาหารสุกร เพื่อเป็นการป้องกัน และลดจุลินทรีย์ก่อโรค ทำให้สุกรเจริญเติบโตดี จึงเรียกสารที่เสริมเพื่อจุดประสงค์ดังกล่าวว่า "สารกระตุ้นการเจริญเติบโต (Growth Promoter)" ภายหลังพบว่า การใช้สารปฏิชีวนะอย่างพล่ำเพลื่อ ก่อผลเสียตามมาหลายอย่าง เช่นการดื้อยาของเชื้อโรค ทำให้การรักษาโรคมักไม่ค่อยได้ผล ต้องเปลี่ยนยาอยู่เรื่อยๆ การตกค้างของสารเคมีในผลผลิต ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค จึงมีการห้ามใช้สารปฏิชีวนะเพื่อเป็นสารเสริมกระตุ้นการเจริญเติบโต ในเวลาต่อมา ดังนั้นในการศึกษาวิจัยจึงหันมาให้ความสนใจ การเพิ่มความเข้มข้นของ กลุ่มจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์กรดแลคติค ให้มากขึ้นในทางเดินอาหาร ในรูปแบบของการใช้สารเสริมในอาหารลูกสุกร เพื่อทดแทนสารปฏิชีวนะ วิธีการที่มีการนำมาใช้กันมากชนิดหนึ่งได้แก่ การใช้ในรูปของ จุลินทรีย์มีชีวิต หรือที่เรียกว่า โปรไบโอติค (Probiotics) ส่วนใหญ่ได้แก่ lactic acid bacteria ซึ่งรวมถึง lactobacilli และ bifidobacteria (Jonsson et al., 1992) ต่อมามีการศึกษาการใช้คาร์โบไฮเดรตในกลุ่ม ที่ช่วยในการเจริญของเชื้อกลุ่มจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์กรดแลคติค เสริมเข้าไปในอาหารสุกร ซึ่งเรียกว่า สารพรีไบโอติค (Prebiotics) คาร์โบไฮเดรตกลุ่มดังกล่าวได้แก่ โอลิโกแซคคาไรด์ หรือเรียกเต็มๆว่า Nondigestible Oligosaccharides (NDO) สารในกลุ่มที่เป็น NDO มีมากมายหลายรูปแบบ เช่น Fructans (inulin and oligofructose), Transgalactosylated oligosaccharides, Soybean oligosaccharides, Xylooligosaccharides, Lactosucrose และอีกหลายๆ ชนิด เป็นต้น

การใช้ NDO เสริมในอาหารสุกร พบว่าช่วยในการส่งเสริมการเจริญของ bifidobacteria และลดการเจริญของ Salmonella ในลูกสุกร (Letellier et al., 2000) ซึ่งศักยภาพการใช้ประโยชน์ของเยื่อใยดังกล่าว ไม่ได้จำกัดแค่เพียงเป็นสารอาหารสำหรับ lactic acid bacteria เท่านั้น ผลที่ได้ยังช่วยปรับปรุงด้านสุขภาพ และประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรได้อีกด้วย ซึ่งการประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์ในอาหารสัตว์ ที่มีการผลิตออกมาจำหน่ายในทางการค้า ควบคู่กับการศึกษาในอาหารคน (Gibson et al, 2000)

2.3.1 พรีไบติคจากกล้วยดิบ

กล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่น่าสนใจ มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Musa Jaradisiaca L. var. sapientum O. Ktze* วงศ์ *Musaceae* ปัจจุบันนี้การแยกชนิดของกล้วยโดยใช้จีโนม (genome) เป็นตัวกำหนดพันธุกรรม โดยทั่วไปกล้วยรับประทานได้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กล้วย *Musa acuminata* และ *Musa balbisiana* กล้วยรับประทานได้พันธุ์ acuminata มีจีโนมทางพันธุกรรม เป็น AA ได้แก่ กล้วยไข่ ส่วนจีโนม AAA ได้แก่ กล้วยหอมทอง และกล้วยในกลุ่มไจแอนด์คาเวน-ดิช ซึ่งสุกผิวสีเขียว เช่น กล้วยหอมเขียว กล้วยหอมแกรนด์เนน กล้วยหอมวิลเลี่ยม เป็นต้น ส่วนกล้วยรับประทานได้พันธุ์ลูกผสม acumunita X balbisiana จีโนม ABB ได้แก่ กล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยน้ำว้าแดง กล้วยน้ำว้าขาว กล้วยน้ำว้าค่อม กล้วยพันธุ์ต่าง ๆ เหล่านี้มีบทบาทเกี่ยวข้องกับ คนไทยมาตั้งแต่สมัยโบราณ เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่ายในทุกภาคของประเทศเติบโตเร็ว ให้ผลตลอดปี ผลกล้วยเหมาะต่อ การบริโภคสำหรับทุกเพศทุกวัย ตั้งแต่ทารกจนถึง

วัยชรา เพราะเป็นผลไม้ที่อุดมด้วยคุณค่าทางอาหารในการบริโภคสด หรือ การแปรรูปเป็นอาหารทั้งคาวและหวาน ส่วนอื่น ๆ ของกล้วยยังสามารถนำไปใช้ทำประโยชน์ได้หลากหลาย

จึงมีการวิจัยและ พัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร ได้เล็งเห็นถึงปัญหาของกล้วย ซึ่งเป็นผลไม้ที่มีปริมาณมากและราคาต่ำ ในบางช่วงของปี หรือเป็นกล้วยที่มีคุณภาพต่ำเหลือจากการคัดคุณภาพขนาดมาตรฐานเพื่อเป็นสินค้าส่งออก จึงได้ศึกษาวิจัย การใช้ประโยชน์จากกล้วย โดยแปรรูปกล้วยเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางเกษตร ช่วยทำให้เกษตรกร ีรายได้เพิ่มขึ้น และเป็นการสร้างข้อมูลเพื่อนำไปสู่การผลิตผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ให้แก่ผู้สนใจและนักธุรกิจหรืออุตสาหกรรม ขนาดเล็กที่ต้องการพัฒนา ผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม ผลงานวิจัยในด้านต่างๆ

2.3.1.1 กล้วยน้ำว้า มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ Musa sapientum Linn. Musaceae หรือ ชื่อสามัญ Banana กล้วยเป็นพืชที่ปลูกได้ง่าย และปลูกกันมาก โดยเฉพาะในเขต ร้อนและร้อนชื้น ผลผลิตกล้วยตามข้อมูลของ FAO (2003) ทั่วโลก ประมาณ 102 เมตตริกตัน ประเทศที่มีผลผลิตมากที่สุดได้แก่ อินเดีย แต่ประเทศที่ผลิตกล้วยส่งออกมาก รวมกันแล้วประมาณ 80% ของปริมาณส่งออกทั้งหมด สำหรับในประเทศไทยสามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ โดยเฉพาะจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งมีการปลูกกล้วยน้ำว้าเป็นจำนวนมาก ปริมาณผลผลิตรวม นับว่าเป็นจังหวัดที่ปลูกกล้วยน้ำว้ามากที่สุดในประเทศไทย จากรายงานปี 2546 มีพื้นที่การเพาะปลูกในจังหวัดพิษณุโลก 19,906 ไร่ มีผลผลิตรวม 160,006 ตัน (http://www.doae.go.th/data/fruit/7.pdf) จนมีผลิตภัณฑ์ ที่แปรรูปจากกล้วยมากมายหลายชนิด

ภาพที่ 2.1 กล้วยน้ำหว้า

ชื่อสามัญ Pisang Awak

ชื่อพ้อง กล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยใต้ กล้วยอ่อง

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Musa* (ABB group) "Kluai Nam Wa"

แหล่งที่พบ พบได้ทุกภาคของไทย

ลักษณะทั่วไป

ต้น ลำต้นสูงไม่เกิน 3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกมีสีเขียวอ่อน มีประดำบ้างเล็กน้อย

ใบ ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางใบสีเขียว

ดอก ก้านช่อดอกไม่มีขน ปลีรูปไข่ค่อนข้างป้อม ปลายป้าน ด้านนอกสีแดงอมม่วงมีนวลหนา ด้านในมีสีแดงเข้ม

ผล เครือหนึ่งมีประมาณ 7 - 10 หวี หวีหนึ่ง มี 10 - 16 ผล ก้านผลยาว เปลือกหนา สุกมีสีเหลืองเนื้อสีขาว รสหวาน ไส้กลางมีสีเหลือง ชมพูหรือขาว ทำให้แบ่งออกเป็นกล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยน้ำว้าแดง และกล้วยน้ำว้าขาว

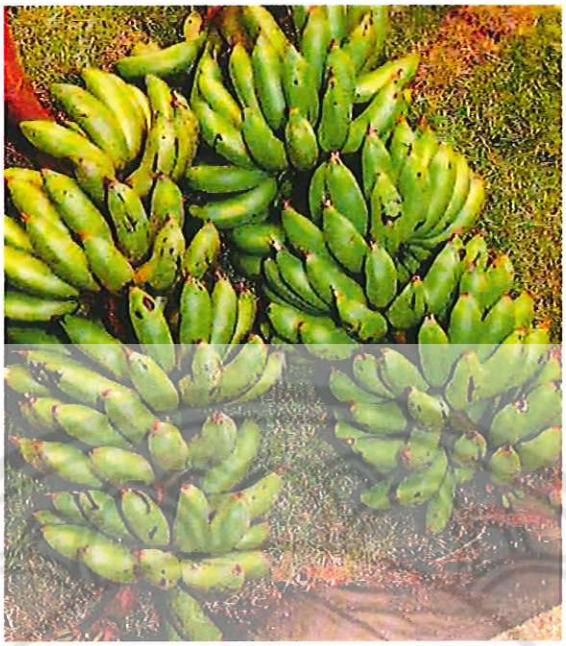
2.3.1.2 กล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อง

ลักษณะ กล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องมีลักษณะพิเศษ ดังนี้

ต้น มีลำต้นสูง 3.5 เมตร เส้น ผ่าศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร ก้านลำต้น ด้านนอกสีเขียวอ่อน มีประดำเล็กน้อย ดอก ก้านช่อดอกไม่มีขน ใบประดับ รูปไข่ค่อนข้างป้อมม้วนงอขึ้น ปลายม้วนด้านบนมีสีแดงอมม่วง สีนวล ด้านล่าง สีแดงเข้ม ผล เครือหนึ่งมี 7-10 หวี ๆ หนึ่ง มี 10-16 ผล ผลมีเหลี่ยมเล็กน้อย ถ้าแก่ จัดค่อนข้างกลม ผลกว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 11-13 เซนติเมตร เปลือกบาง มีสีเหลืองนวล เนื้อ ขาว ไส้กลางมีสีขาว เนื้อนุ่ม มี รสหวานจัด ไม่มีเมล็ด

การใช้ประโยชน์ ผลใช้แปรรูป และรับประทานสด

กล้วยหักมุก มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Silver Bluggoe มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ Musa sapientum Linn หรือ Musa (ABB group).จัดอยู่ในวงศ์ Musaceae (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2548)



ภาพที่ 2.2 กล้วยหักมุก

ชื่อสามัญ Silver Bluggoe
ชื่อท้องถิ่น -
ชื่อวิทยาศาสตร์ *Musa* (ABB group) "Kluai Hak Mulk " กลุ่มย่อย Bluggoe
แหล่งที่พบ พบได้ทั่วไป

ลักษณะทั่วไป

ต้น ลำต้นสูง 2.5 - 3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกมีประดำเล็กน้อย ด้านในมีสีเขียวอ่อน

ใบ ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ และมีครีบ เส้นกลางใบสีเขียวมีนวลทางด้านล่าง

ดอก ช่อดอกไม่มีขน ปลีรูปไข่ค่อนข้างป้อม ม้วนงอขึ้น ด้านบนป่านมีนวลหนา ด้านล่างมีสีแดงเข้ม

ผล เครือหนึ่งมีประมาณ 7 หวี หวีหนึ่งมี 10 - 16 ผล ผลใหญ่ ก้านผลยาว ปลายผลลีบลง มีเหลี่ยมชัดเจน เปลือกหนา เมื่อสุกสีเหลืองอมน้ำตาล มีนวลหนา เนื้อสีส้ม

การใช้ประโยชน์ ผลใช้แปรรูป ผลสุกนำมาปิ้ง รับประทานได้รสชาติดี หรือนำไปเชื่อม

กล้วยเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเมื่อเทียบกับผลไม้ประเภทอื่นๆ กล้วยดิบมีคาร์โบไฮเดรตซึ่งอยู่ในรูปแป้งสูง และเมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลให้ความหวานและมีกลิ่นหอมรสชาติดี เพราะแป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลในกล้วยดิบมีปริมาณ 1-2% ปริมาณแป้งในผลดิบประมาณ 20% (กุลยา, 2540) ดังนั้นการเตรียมแป้งกล้วยต้นทุนต่ำจึงเป็นการแปรรูปอาหารให้คงอยู่ได้

นานขึ้น และสามารถนำแป้งกล้วยไปเป็นส่วนผสมกับอาหารอื่นๆ เพื่อให้เกิดคุณค่าทางอาหารมากขึ้นอีกด้วย และการที่จะทำให้ทราบว่ากล้วยมีคุณสมบัติที่ดีเพื่อนำไปผสมกับอาหารอื่นๆ หรือผสมอาหารสัตว์นั้น คุณสมบัติที่ควรตรวจสอบแป้งกล้วย คือ การทดสอบการเป็น พรีไบโอติก (Prebiotics) ซึ่งพรีไบโอติก คือ สารหรือองค์ประกอบที่ไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหารมีประโยชน์ ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตอย่างจำเพาะต่อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร พรีไบโอติกบางชนิดมีตำแหน่งจับจำเพาะสำหรับจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogenic Bacteria) เช่น Salmonella และ *E.coli* ซึ่งต่อมาจะถูกกำจัดออกจากระบบทางเดินอาหารไปกับอุจจาระ ในขณะที่พรีไบโอติกชนิดอื่นๆ ก็กระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ เช่น Bifidobacteria และ Lactobacilli โดยการเป็นแหล่งอาหารให้กับแบคทีเรีย ทำให้ลำไส้เกิดความสมดุลและยังช่วยเพิ่มการนำสารอาหารไปใช้ด้วย (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548) มีรายงานว่าแป้งซึ่งไม่สามารถย่อยในลำไส้เล็กได้ มีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพ โดยเรียกแป้งชนิดนี้ว่า Resistant starch (RS) โดยแป้งกล้วยจัดเป็น RS type III เป็นแป้งที่เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหลังจากใช้ความร้อน (Englys et. al., 1992 ; Sajilata et. al., 2006) จัดเป็น polysaccharides ซึ่งจะไม่ถูกดูดซับในลำไส้เล็ก ประกอบด้วย amylase ประมาณร้อยละ 20-25 (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540) ซึ่งแป้งกล้วยมีลักษณะของสายโซ่ยาวของ amylopectim ทำให้สามารถผลิต RS type III โดยใช้กระบวนการผ่านความร้อนได้ ซึ่งจะได้เป็น โอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharide) ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้วจะจัดกลุ่ม น้ำตาลที่ได้และโอลิโกแซคคาไรด์ซึ่งเป็นพรีไบโอติกในกลุ่ม short-chain polysaccharide ประกอบด้วยน้ำตาลตั้งแต่ 2 ถึง 20 หน่วย (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540)

2.3.1.3 แป้ง (starch)

แป้งเป็นโพลิเมอร์ของกลูโคสที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่มีสูตรทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ แป้งมีหน่วยพื้นฐานเป็น anhydroglucose unit เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ a-glycosidic linkage ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคสกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของหน่วยกลูโคสที่อยู่ถัดไป ด้านปลายของโมเลกุลแป้งจะมี anomeric carbon (C1) ซึ่งว่างอยู่ไม่ได้จับกับโมเลกุลอื่นๆ ดังนั้นแต่ละโมเลกุลของแป้งจะมีด้านปลาย ที่มีคุณสมบัติรีดิวซ์ (reducing end) นั่นคือ แป้งหนึ่งโมเลกุลจะมีตำแหน่ง reducing end 1 ตำแหน่ง โมเลกุลแป้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ตามขนาดโมเลกุลและลักษณะการจัดเรียงตัว คือ อะมิโลส ซึ่งมีขนาดเล็กมีกิ่งก้านสาขาเพียงเล็กน้อย และอะมิโลเพคตินซึ่งมีขนาดใหญ่และ มีกิ่ง ก้าน สาขา มาก มาย นอกจากนี้ยังพบโมเลกุลแป้งอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งมี ขนาดใหญ่กว่า อะมิโลสแต่เล็กกว่าอะมิโลเพคติน เรียกว่า " intermediate material " แต่พบในปริมาณไม่มากนัก อะมิโลสและอะมิโลเพคตินมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.2

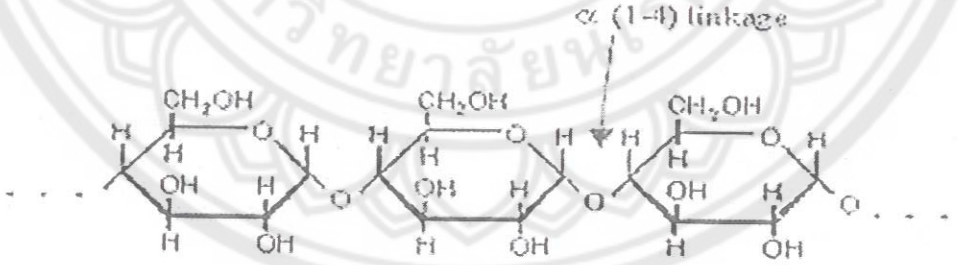
ตารางที่ 2.1 สมบัติของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน

อะมิโลส	อะมิโลเพคติน
1. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ a-1,4	1. โมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะ a-1,4 และมี การแตกกิ่งด้วยพันธะa-1,6
2. ประกอบด้วยกลูโคส 200-6000 หน่วย	2. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
3. ละลายน้ำได้น้อยกว่า	3. ละลายน้ำได้ดีกว่า
4. เมื่อต้มในน้ำจะมีความข้นหนืดน้อย	4. ข้นหนืดมากและใส
5. ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	5. ให้สีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลแดงกับสารละลายไอโอดีน
6. ต้มแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็งได้	6. ไม่จับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง

ที่มา : Beynum and Roels [1985]

2.3.1.4 อะมิโลส (amylose)

อะมิโลสเป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 1,000 – 6,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ a-1, 4 –glycosidic linkage ดังรูปที่ 2.1 อาจพบกิ่งก้านสาขาในโมเลกุลของอะมิโลสได้บ้างในปริมาณเล็กน้อย [Hizukuri, 1985]



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของอะมิโลส

โดยทั่วไปแป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง มีปริมาณอะมิโลสสูงประมาณ 22-30% ส่วนแป้งจากรากและหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาคูจะมีปริมาณ อะมิโลสต่ำกว่าคืออยู่ในช่วง18-24% น้ำหนักโมเลกุลอะมิโลสอยู่ในช่วง 105 ถึง 106 ดาลตัน โดย อะมิโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันไป เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมี degree of polymerization (DP) ของอะมิโลสแตกต่างกัน แป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมี DP ของ อะมิโลส

อยู่ในช่วง 1,000 ถึง 6,000 สูงกว่าแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีซึ่งมี DP ของอะมิโลสในช่วง 200 ถึง 1,200 แป้งที่มีสายของอะมิโลส ยาวมากจะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ลด ลง [Hizukuri, 1988] ปริมาณและสมบัติของอะมิโลสในแป้งแต่ละชนิด

2.3.1.5 Starch จากกล้วย

แป้งกล้วย กล้วยดิบเป็นผลิตผลที่นำมาใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรทที่อยู่ในรูปสตาร์ชปริมาณสูง จึงเหมาะต่อการทำแป้งกล้วย ซึ่งมีผู้ทดลองทำแป้งกล้วยน้ำว้าดิบ และนำไปใช้ประโยชน์ในการทำผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดแทนที่แป้งชนิดอื่นบางส่วนในการทำขนม เช่น ทดแทนแป้งสาลีในขนมเค้ก ช่วยลดดุลทางการค้าในการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศ ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการศึกษาคุณค่าทางอาหารของกล้วยดิบเพื่อการผลิตและการพัฒนาอาหารจากแป้งกล้วย พบว่าการใช้ ความร้อนในขั้นตอนการแปรรูปกล้วยเป็นแป้งกล้วย มีผลต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งกล้วยที่ผลิตได้บางประการ และได้ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กและคุ้กกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งกล้วย

2.3.1.6 Resistant starch

เป็นแป้งคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยเอนไซม์ และได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นกลูโคสซึ่งสามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานของมนุษย์เมื่อพิจารณาแป้งตามความสามารถในการถูกย่อยสลายสามารถแบ่งประเภทของแป้งในอาหารได้เป็น แป้งที่สามารถถูกย่อยได้อย่างรวดเร็ว แป้งที่สามารถถูกย่อยได้อย่างช้าและแป้งที่ไม่สามารถถูกย่อยได้ด้วยเอนไซม์

แป้งที่ไม่สามารถถูกย่อยได้ด้วยเอนไซม์ (Enzyme-resistant starch หรือ Resistant starch) ตามคำนิยามของ European FLAIR-Concerted Action on Resistant Starch หมายถึง แป้งและผลิตภัณฑ์ของแป้งที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์และดูดซึมภายในลำไส้เล็กได้ของมนุษย์ปกติได้ ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะและแหล่งที่มาได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. แป้งที่ลักษณะทางกายภาพขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ (Physically inaccessible starch; RS 1) โดยเม็ดแป้งอาจถูกห่อหุ้มอยู่ภายในร่างแหของโปรตีนหรือถูกตรึงอยู่ภายในเซลล์หุ้มเมล็ดพืช ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาในเม็ดแป้งได้ Resistant starch ชนิดนี้จะพบในโครงสร้างของพืชที่ถูกทำลายไปบางส่วนเช่น ในเมล็ดธัญพืชที่ถูกบดมาบางส่วน เป็นต้น

2. เมล็ดแป้งดิบที่ทนทานต่อการทำงานของเอนไซม์ (Raw starch granules; RS 2) ได้แก่ เม็ดแป้งมันฝรั่งดิบ เม็ดแป้งกล้วยดิบและแป้งจากเมล็ดถั่วโดยความคงทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างตามธรรมชาติของเม็ดแป้งที่ไม่มีรูหรือช่องเปิดให้เอนไซม์เข้าไปในเม็ดแป้ง การเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งจะช่วยให้เอนไซม์สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับเม็ดแป้งได้มากขึ้น

3. แป้งคืนตัว (Retrograded starch; RS 3) Resistant starch โดยส่วนใหญ่จะจัดอยู่ในประเภท Retrograded starch ซึ่งได้แก่อาหารที่ผ่านการให้ความร้อนจนแป้งการเจลาติไนซ์ แล้วถูกทำให้เย็นตัวลง ทำให้ส่วนอะมิโลส (โพลิเมอร์เชิงเส้นของกลูโคส) ในน้ำแป้งที่หลุดออกมาในขณะที่เม็ดแป้งพองตัวเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ ได้เป็นผลึกแป้งที่แข็งแรงและทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (Asp and Bjorck,1992; Eerlingen et al, 1994) ดังนั้นแป้งที่มีอัตราส่วนของอะมิโลสสูงกว่าจะสามารถเกิดรีโทรเกรเดชั่นได้มากกว่าแป้งที่มีอะมิโลเพกติน(โพลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส) สูง แป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงก็สามารถผลิต Resistant starch ได้ในระดับสูงเช่นเดียวกัน

2.3.1.7 ประโยชน์ของ Resistant starch ต่อสุขภาพ

เนื่องจากคุณสมบัติที่สำคัญของ Resistant starch คือ ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยเอนไซม์มนลำไส้เล็ก ดังนั้น Resistant starch จึงมีคุณสมบัติเทียบเท่ากับเส้นใยอาหาร (dietary fiber; Mauro,1996) ซึ่งมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่ายและระบบหมุนเวียนเลือด โดย Resistant starch ที่ไม่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ในลำไส้เล็กจะผ่านมาถึงส่วนของลำไส้ใหญ่และถูกหมักโดย จุลินทรีย์ภายในลำไส้ใหญ่ได้เป็นกรดไขมันสายสั้นๆเช่น Acetate , proprionate และ butyrate และมีก๊าซเกิดร่วมด้วย กรดไขมันทั้ง 3 ชนิดที่เกิดจะสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดของ Resistant starch และสามารถถูกดูดซึมภายในลำไส้ใหญ่และขนส่งไปถึงตับได้ กรดไขมันที่เกิดขึ้นจะ ช่วยให้สุขลักษณะของปลายลำไส้ใหญ่ดีขึ้น โดยกรดไขมันจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค เพิ่มปริมาณของของเหลวและปรับสภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในลำไส้ใหญ่ให้ต่ำลง butyrate ที่สร้างขึ้นจะช่วยปรับสภาวะตอนปลายของลำไส้ใหญ่ให้สมบูรณ์ ยับยั้งการเจริญของ transformed cell ในสิ่งมีชีวิตซึ่งจะมีบาทในการป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ (Alexander, 1995) การเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหารในอาหารที่บริโภคเข้าไปจะทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้ดีขึ้นโดยช่วยเพิ่มปริมาณอุจาระ เพิ่มความถี่ในการขับถ่ายและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคท้องผูก โรคผนังลำไส้ใหญ่อักเสบและมะเร็งในลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้การบริโภค Resistant starch หรือเส้นใยอาหาร จะช่วยป้องกันหรือลดภาวะโรคอ้วนและมีบทบาทในการลดปริมาณคลอเรสเตอรอลในเส้นเลือด ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคหัวใจ และ โรคเบาหวานอีกด้วย

(Ranhotra et al , 1996)

2.3.1.8 การวิเคราะห์ Resistant starch

- โดยใช้วิธี Scaning electron microscopy (SEM)

Scaning electron microscopy(SEM)) หรือกล้องจุลทรรศน์แบบอิเลคตรอนที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิวอย่างละเอียดของเม็ดแป้งได้เนื่องจากกล้องจุลทรรศน์มีกำลังขยายสูง

สามารถดูเม็ดแป้งขนาด 70 อังสตรอม หรือเล็กกว่านั้นได้ SEM เข้ามามีบทบาทประมาณปี 1968 ในการใช้ SEM ตรวจลักษณะเม็ดแป้งเพื่อให้ทราบขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้ง ตรวจสอบความเสียหายของเม็ดแป้งในสภาวะการทดลองต่างๆ ในกรณีของ Resistant starch จะใช้ SEM เพื่อตรวจดูลักษณะและความหนาแน่นของผลึกภายใน Resistant starch

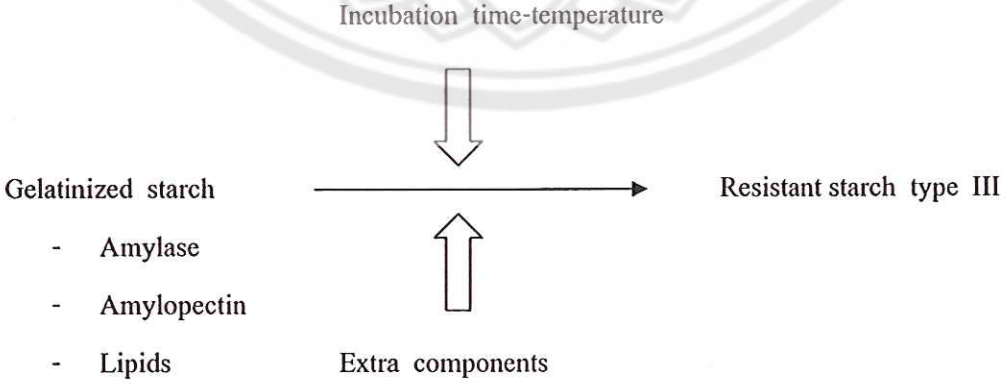
การ Retrograded starch

ตามที่ได้มีการจำแนกชนิดของ Resistant starch (RS) เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ สำหรับชนิด RS1 และ RS2 นั้นจะย่อยได้อย่างช้าๆ แต่จะเกิดขึ้นจนสมบูรณ์ ถ้าแหล่งอาหารนั้นผ่านกระบวนการให้ความร้อน (Preprocessing) มาอย่างเหมาะสม แต่สำหรับ RS3 ถือว่าเป็น total resist digestion ได้มีการศึกษาโดยทาง enzyme และ physiochemical พบว่าโครงสร้างผลึกของ amylase ในระหว่างกระบวนการ retrograded ของ starch จะตอบสนองต่อการเป็น RS3 โครงสร้างผลึกของ amylase เป็นการขยายสายของโมเลกุลของ amylase ซึ่งอยู่ทางด้าน terminal chain กับ chain folding ; ในการขยายของสาย amylase fold และการจับตัวกันของ helix-helic ด้วย H-bond ระหว่างสาย (chain) ซึ่งการ pack ตัวของ helic 2 สาย เป็นผลให้เกิดโครงร่างที่เป็นผลึก ทำให้สามารถที่จะต้านการแพร่กระจายหรือการซึมผ่านของ enzyme ที่ย่อยแป้งได้เข้าไปด้านใน และการเชื่อมต่อกันของ starch chain นี้ จะทำให้เกิดการต้านการย่อยสลายด้วย enzyme

Retrograded starch มีโครงสร้าง 3 ชนิด ได้แก่

- Well-developed crystallite
- Less-ordered segments-regions
- Fully disordered amorphous region

กระบวนการผลิต Resistant starch (RS3)



ภาพที่ 2.4 กระบวนการผลิต Resistant starch (RS3)

2.3.1.9 ปัจจัยในการผลิต Resistant starch

ในการผลิต Resistant starch มีองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ แป้งที่ใช้ในการผลิต สารเคมีหรือส่วนผสมที่ใช้ในการผลิต รวมทั้งสภาวะที่ใช้ในการผลิต ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการผลิต Resistant starch โดยทั่วไปสามารถแบ่งประเภทของปัจจัยต่อการผลิตได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ชนิดและคุณสมบัติของแป้ง

แป้งแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบภายในเม็ดแป้ง ได้แก่ อัตราส่วนของอะมิโลสต่ออะมิโลเพกติน ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน แตกต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบที่ต่างกันเหล่านี้จะทำให้แป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อนำมาผลิต Resistant starch ย่อมจะได้ผลของ Resistant starch ที่ต่างกัน

1.1 ปริมาณอะมิโลสในเม็ดแป้ง

แป้งแต่ละชนิดมีปริมาณอะมิโลสที่แตกต่างกัน ทำให้คุณสมบัติของแป้งแตกต่างกันไปรวมทั้งคุณสมบัติในการเกิดรีโทรเกรเดชั่น ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการผลิต Resistant starch จากการทดลองซึ่งศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณอะมิโลสต่อผลผลิตของ Resistant starch โดยนำแป้งดิบแต่ละชนิดมาหาปริมาณ Resistant starch เปรียบเทียบกับเมื่อนำแป้งไปผ่าน Autoclave และทำให้เย็น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงจะสามารถผลิต Resistant starch ได้สูง นอกจากนี้ในการนำแป้งไปผ่านการให้ความร้อนและทำให้เย็น ซึ่งจะเกิดปรากฏการณ์รีโทร เกรเดชั่น จำทำให้สามารถผลิต Resistant starch ได้สูงขึ้น

1.2 ขนาดของสายอะมิโลส

เนื่องจาก Resistant starch เกิดจากการคืนตัวของอะมิโลส ดังนั้นขนาดของอะมิโลส (Degree of Polymerzation,DPn) น่าจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการผลิต Resistant starch พบว่า เมื่อโมเลกุลอะมิโลสมีขนาดเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ของ Resistant starch จะเพิ่มขึ้นและค่อยๆคงที่ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเปอร์เซ็นต์ของ Resistant starch ไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของโมเลกุลของอะมิโลส

1.3 ปริมาณไขมัน

ปริมาณไขมันที่มีผลต่อการผลิต Resistant starch พบว่าการเพิ่มปริมาณไขมัน ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนอะมิโลสกับไขมัน (amylose-lipid complex) ที่สามารถย่อยด้วยเอนไซม์ได้ ดังนั้น ปริมาณอะมิโลสที่เกิดจากการสร้าง Resistant starch จึงมีน้อยลง ระดับการผลิต Resistant starch จึงลดลงด้วย ซึ่งจะพบได้ว่าแป้งที่มีปริมาณไขมันสูงหรือแป้งที่มีการเติมไขมันลงไป จะผลิต Resistant starch ได้ต่ำ และแป้งที่มีการกำจัดไขมันจะสามารถผลิต Resistant starch ได้เพิ่มขึ้น

ประมาณหนึ่งในห้าของกล้วยที่เก็บเกี่ยวผลผลิต จะถูกคัดทิ้ง เนื่องจากมีตำหนิ หรือถูกทำลายบางส่วน เนื่องจากโรคพืชบางชนิด หลังจากคัดทิ้งส่วนที่เน่าเสีย ส่วนที่ดี มีการนำมาเป็นอาหารสัตว์ หรือทำผลิตภัณฑ์ เช่น กล้วยแผ่น แป้ง เป็นต้น ความสำเร็จในการนำกล้วยมี่ถูกคัดทิ้ง กลับมาใช้ประโยชน์ ที่มีประสิทธิภาพที่สุดคือ การนำกล้วยทั้งหวี มาผลิตเป็นแป้งกล้วยต้นทุนต่ำ (Zhang et.al, 2005) แป้งกล้วยเป็นสินค้าที่มีความพิเศษจำเพาะ คือ มีราคาถูก ที่ทำมาจากกล้วยดิบทั้งหวี ซึ่งมีแป้งประมาณ 70-80% ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งใกล้เคียงกับเอนโดเสปอร์มของเมล็ดข้าวโพด หรือมันฝรั่งขาว

ลักษณะของแป้งดิบจากกล้วย ไม่สามารถถูกย่อยได้ด้วย α-amylase และ glucoamylase จากผลการศึกษาพบว่า แป้งประมาณ 75-84% ไม่ถูกย่อยจนกระทั่งถึงส่วนปลายของลำไส้เล็ก (Englyst and Cummings, 1986; Faisant et.al., 1995) มีรายงานว่าแป้งซึ่งไม่สามารถถูกย่อยในลำไส้เล็ก มีคุณสมบัติที่ดี ต่อสุขภาพ โดยเรียกแป้งชนิดนี้ว่า resistant starch (RS) ซึ่งแบ่งเป็น 4 ชนิด ได้แก่ RS type I เป็นแป้งที่คงตัว พบในเมล็ดธัญพืช RS type II เป็นแป้งที่พบในมันฝรั่งหรือกล้วยดิบ RS type III เป็นแป้งที่เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหลังจากใช้ความร้อน และ RS type IV เป็นแป้งดัดแปลงที่มีการใช้เคมี (Englyst et.al., 1992; Sajilata et.al., 2006) โดยทั่วไปแล้ว RS เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้ว จะทำให้เพิ่ม interaction ระหว่าง starch polymers ทำให้มีการเรียงตัวของสายโซ่ที่เป็นเส้นตรงมากขึ้น ทำให้เกิดการ Retrogradation (Eerligen and Delcour , 1995) ซึ่งความยาวของสายโซ่ α-polyglucans ที่ค่าของ DP (degree of polymerlization) สูงสุดประมาณ 20 เป็นค่าที่บ่งบอกได้ว่ามี RS type III สูงสุด (Schmiedl et al., 2000) ถ้าแป้งมี side chain ที่ α-1, 6 ที่มีขนาดยาวเพียงพอ ก็สามารถผลิต RS type III จากแป้งที่ amylopectin อยู่มาก ได้ ซึ่งแป้งกล้วย จะมีลักษณะของสายโซ่ยาวของ amylopectin ทำให้สามารถผลิต RS type III โดยใช้กระบวนการผ่านความร้อนได้ ซึ่ง Lehmann et.al. (2002) พบว่าแป้งในกล้วยซึ่งมีองค์ประกอบ amylase 8.47 $\pm$0.19 มี RS 50% หลังจากผ่านกระบวนการใช้ความร้อนชื้น ที่ 145 °C จะได้ RS เพิ่มขึ้นเป็น 84% หลังจากนั้นนำมาทดสอบคุณสมบัติการเป็น พรีไบโอติค โดยใช้จุลินทรีย์ที่ได้จากทางเดินอาหารของคนที่มีสุขภาพดี พบว่าสัดส่วนของ acetate:propionate:byterate ที่ได้คือ 49:17:34 ซึ่งแสดงว่ามีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพเนื่องจากการหมักย่อยมีสัดส่วนของ butyrate อยู่สูง จึงจัดได้ว่า RS เป็นแหล่งของ พรีไบโอติค ได้ เนื่องจากไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหาร แต่เป็นแหล่งสารอาหารที่ดีของจุลินทรีย์กลุ่ม bifidobacterium หรือ โปรไบโอติค (probiotic) (Sajilata et.al., 2006)

Faisant et.al. (1995a and 1995b) ศึกษาการย่อยได้ของกล้วยดิบที่ผ่านกระบวนการ freeze-dried ซึ่งไม่ผ่านกระบวนการใช้ความร้อน ซึ่งแป้งกล้วยดิบที่ได้ มี โปรตีน เยื่อใย และ α-glucan ปริมาณ 38, 93, 770 g/kg ตามลำดับ ซึ่งในส่วน α-glucan ประกอบด้วย oligosaccharides 60 g/kg และ insoluble starch 710 g/kg ซึ่งเป็น resistant starch 542 g/kg ซึ่งพบว่า 84% ของ α-glucan ไม่ถูกย่อยและถูก ferment เกือบทั้งหมดในส่วนของลำไส้ใหญ่ แสดงให้เห็นถึงการส่งเสริมสุขภาพที่ดีของทางเดินอาหารส่วนปลาย

Kayisu et.al. (1981) ศึกษาการสกัดแป้งจากกล้วยดิบด้วยน้ำ พบว่าสามารถสกัดแป้งให้บริสุทธิประมาณ 99.5% Whistler (1998) ได้พัฒนาเทคนิคที่มีประสิทธิภาพ ในการผลิตแป้งจากกล้วยที่คัดทิ้งโดยใช้สารเคมีน้อยที่สุด โดยการแช่กล้วยในสารละลาย sodium bisulfide ที่ pH 3.5-5.5 เป็นเวลา 2-8 ชั่วโมง ซึ่งเวลาที่ดีที่สุดคือ 4 ชั่วโมง ในช่วงที่แช่สารละลาย เอนไซม์ที่มีอยู่ในกล้วย เช่น pectinase และ polygalacturonase ทำให้ผนังเซลล์ แตกออก ทำให้เม็ดแป้งถูกปล่อยออกมาอยู่ในสารละลาย หลังจากนั้น กรอง ด้วยตะแกรงลวด เพื่อแยกเอาส่วนที่ไม่ใช่แป้งออก แล้วทำการปั่นแยกอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะได้ผลผลิตแป้งจากกล้วยดิบ 20-60% ขึ้นอยู่กับความดิบของกล้วย นอกจากนี้ กล้วย มีมากมายหลายชนิด ปริมาณของแป้งย่อมมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากขนาดของผลที่แตกต่างกัน ทำให้สัดส่วนของเปลือกมีปริมาณแตกต่างกันไปด้วย Chiang et.al.(1987) รายงานการผลิตแป้งจากกล้วยน้ำว้า (*M. sapientum*) ในระดับโรงงานต้นแบบ โดยใช้กล้วยดิบทั้งหวี พบว่ากล้วยทั้งหวีมีของแข็ง 30% ประกอบด้วยแป้งประมาณ 80% โปรตีน 6.4% เยื่อใย 8.5% และ pectin 2.5% ส่วนกล้วยที่ปอกเปลือกนำมาหั่นและบดในสารละลาย 0.5 M NaOH หลังจากนั้นนำมาล้าง ปั่นแยกเอาส่วนตะกอน มาทำให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิ 50 °C ได้แป้ง 70% ความบริสุทธิประมาณ 94% ส่วน Fichtali et.al. (1999) ได้พัฒนาการสกัดแป้งจากกล้วยดิบทั้งเปลือก โดยบดกล้วย ในสารละลาย 0.5 M NaOH แล้วนำมาทำการกรองผ่านตะแกลงขนาด 60, 80 และ 200 mesh เพื่อร่อนเอาเยื่อใยและกากจากเปลือกออก หลังจากนั้นนำแป้งมาล้างด้วยน้ำอีกครั้ง จะได้แป้งออกสีน้ำตาล หลังจากนั้นน้ำมาล้างด้วยน้ำอีกครั้งและทำการปั่นแยก แล้วทำให้แห้งจนมีความชื้น 9.2% จะได้แป้งที่บริสุทธิ 95% มีโปรตีนต่ำกว่า 1%

ในส่วนของเปลือกกล้วย ซึ่งมีประมาณ 20% เป็นแหล่งของเยื่อใยที่มีราคาถูก ประกอบด้วย hemicellulose และ pectin Chiang et.al.(1987) รายงานว่า เปลือกกล้วยน้ำว้ามี เยื่อใย 21% และ pectin 5% ซึ่ง hemicellulose จากเปลือกกล้วยสามรถกระตุ้น macrophage cell ซึ่งเป็นตัวชี้วัดถึงสุขภาพที่ดี ดังนั้น จึงมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นสารเสริมสุขภาพได้ (Zhang et.al., 2004)

da Mota et.al., (2000) รายงานองค์ประกอบของแป้งกล้วยดิบ จากหลายๆ สายพันธุ์ พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของการ gelatinization คือ 68-72°C ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ พบว่าได้แป้งเป็นองค์ประกอบ 61-76.5%, amylose 19-23%, protein 2.5-3.3%, moisture 0.3-0.8%, lipids 2.6-3.5% และ total fiber 6-15% สำหรับรายงานของ L'Homme et.al.(2003) พบว่าในกล้วยบด (banana puree) มี fructan 16% ซึ่ง oligosaccharides ในกล้วย มีความคงทน เมื่อใช้ความร้อน 80-100 °C นาน 30 นาที

Fructooligosaccharide (FOS) หมายถึงคาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของน้ำตาล 3 ชนิด ได้แก่ 1-kestose (β-D-Fru-(2$\rightarrow$1)$_2$-α-D-glucopyranoside, GF2), nystose (β-D-Fru- (2$\rightarrow$1)$_2$-α-D-glucopyranoside, GF3) และ fructofuranosylnystose (β-D-Fru-(2$\rightarrow$1)$_4$ -α-D--glucopyranoside GF4) ซึ่งหน่วยของ fructosyl (F) จับที่ตำแหน่ง β (2$\rightarrow$1) ของ sucrose (GF) (L'homme, 2003) ซึ่งพบมากในพืชผัก และผลไม้หลายชนิด เช่น กล้วย พลัม หอมหัวใหญ่ (onion) หอมหัวเล็ก (shallot) chicory และ artichoke (Chembell et.al.,1997; Hogarth et.al, 2000)

ดังนั้นจากรายงานต่างๆ จะเห็นได้ว่า ในกล้วยดิบ นอกจากจะมีส่วนของ FOS เป็นองค์ประกอบแล้ว ยังมีส่วนของ RS ที่มีคุณสมบัติเป็น พรีไบโอติคได้อีกด้วย ซึ่งในการทดสอบในคน พบว่าช่วยในการเพิ่ม bifidobateria ในระบบทางเดินอาหารส่วนปลาย (Gibson et.al., 1995) สำหรับการทดสอบการเสริม FOSในอาหารลูกสุกรหย่านม Klein et.al.(2001) พบว่า มีการเพิ่มของ Bifidobacteria และลดปริมาณของ *Escherichia coli* ในลำไส้ใหญ่ของลูกสุกร เช่นเดียวกับรายงานของ Buddington (2001) ซึ่งได้รวบรวมผลการวิจัยการใช้ NDO (nondigestible oligosaccharides) สามารถเพิ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติคในระบบทางเดินอาหาร ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคต่างๆ ส่งผลให้ระบบภูมิคุ้มกันโรคที่ดีขึ้น รวมทั้งการใช้ประโยชน์ของพลังงาน และสารอาหารดีขึ้น Sghir et.al. (1998) รายงานไว้ว่า Lactobacilli สามารถใช้ประโยชน์ FOS ได้ดีกว่า กลุ่ม bifidobacteria นอกจากนี้ Mikkelson and Jensen (2004) พบว่า FOS มีผลต่อรูปแบบการหมักย่อยในทางเดินอาหารส่วนปลายของสุกร ช่วยเพิ่มปริมาณของกรด butyric และลดปริมาณกรด acetic รวมถึงเพิ่มปริมาณของยีสต์ อีกด้วย นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่ม saccharolytic activity ทำให้การย่อยได้ของ NFE, NDF และ hemicellulose ในทางเดินอาหารสุกรเพิ่มขึ้น (Mountzouris et.al., 2006)

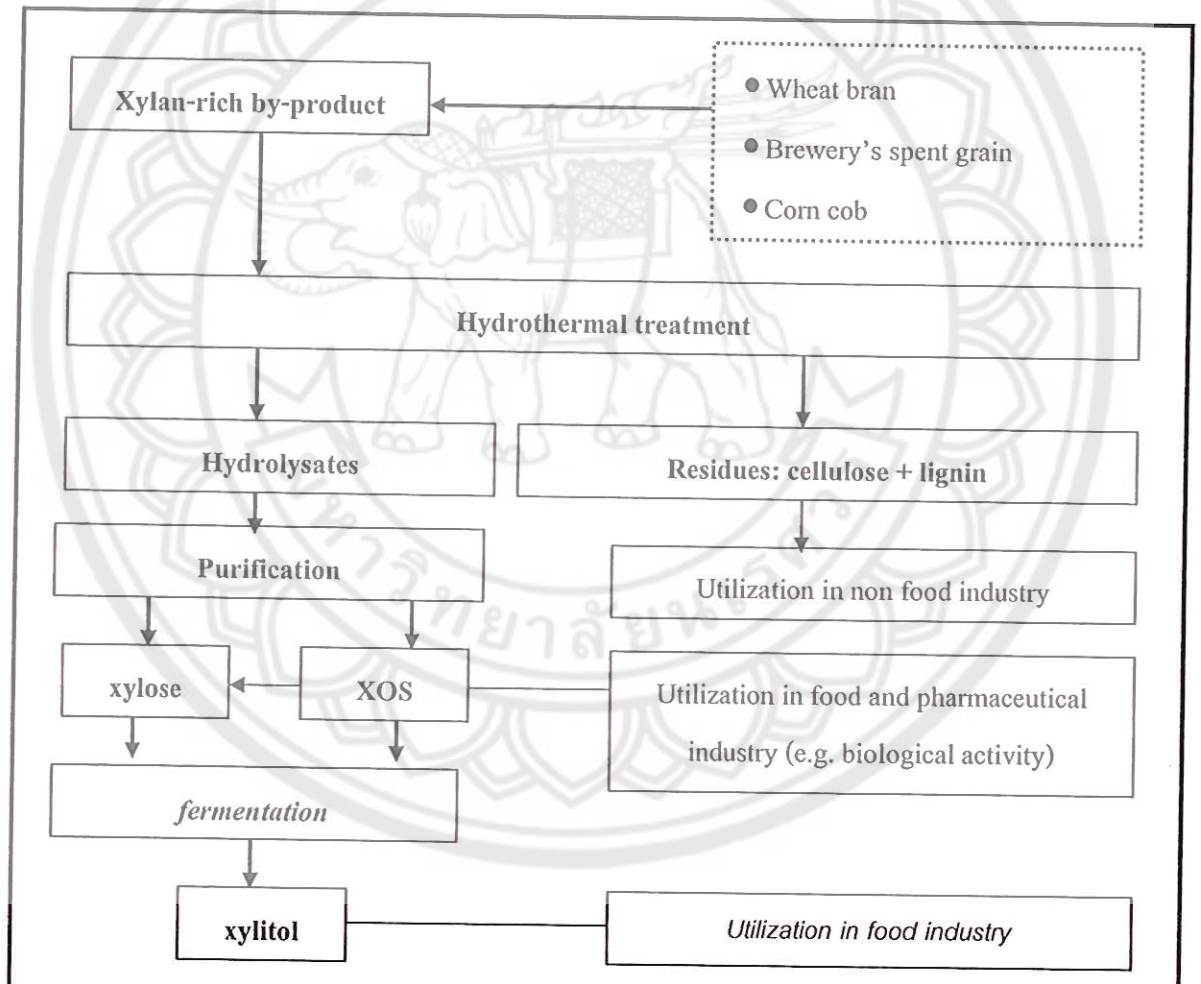
ในการนำกล้วยน้ำว้ามาใช้ประโยชน์ในทางยาหรือสมุนไพรในคน มีรายงานว่าผลกล้วยห่ามฝานตากแดด ให้แห้งบดเป็นผงใช้ป้องกันหรือบำบัด โรคแผลในกระเพาะอาหาร การที่ผงกล้วยดิบสามารถ ป้องกัน การเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ได้ เพราะในกล้วย จะมีสาร ไปกระตุ้น ให้เซลล์ใน เยื่อบุกระเพาะ หลั่งสาร mucin ออกมา ช่วยเคลือบกระเพาะ - รักษา อาการ ท้องเสีย การที่ กล้วยห่ามสามารถ แก้อาการ ท้องเสีย ได้ เพราะมี สารแทนนิน โดยขนาดและวิธีใช้ คือ ใช้ผลกล้วยห่าม 3 - 4 ช้อนชา หรือ 5 - 7 กรัม ผสมน้ำหรือน้ำผึ้ง หนึ่ง ถึง สองช้อนโต๊ะ ดื่มวันละ 4 ครั้ง ก่อนอาหาร และ ก่อนนอน (http:/www.phuketjettuor.com/herbs/banana.htm)

2.3.2 พรีไบโอติคจากชานอ้อย

ปัจจุบันมีการปลูกอ้อย ในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย จำนวนมาก โดยเฉพาะในเขตภาคเหนือตอนล่างและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากความต้องการในการบริโภคน้ำตาล ทั้งภายในประเทศและการส่งออก รวมทั้งในปัจจุบัน มีการส่งเสริมให้มีการปลูกมากขึ้น เพื่อรองรับการผลิตเอธานอล เพื่อนำมาเป็นพลังงานทดแทน ในการผลิตแก๊ซโซฮอลล์ ดังนั้นเศษเหลือจากอุตสาหกรรม ที่ได้จากการอุตสาหกรรมน้ำตาล และอัลกอฮอล์ คือชานอ้อย ย่อมมีปริมาณมากตามไปด้วย ปริมาณอ้อยหนึ่งตัน จะมีเศษเหลือในรูปชานอ้อย ประมาณ 280 กิโลกรัม (Sun et al, 2004) องค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อยประกอบด้วย กลูโคสโพลิเมอร์ในรูปของ cellulose ประมาณ 40-50% และ hemicelluloses 25-35% ส่วนที่เหลือ จะเป็นพวก linin, waxes แร่ธาตุ และอื่น ซึ่งในส่วนของ hemicelluloses ประกอบไปด้วย xylose, arbinose, galactose, glucose และ mannose (Jacopsen and Wyman, 2002)

15608363 e3
สำนักหอสมุด
29 ส.ค. 2554
QF
Q5
ร๗๑
2553

Hemicellulose จัดเป็น heteropolysaccharides ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ ผนังเซลล์พืชเป็นส่วนใหญ่ โดยมี xylan อยู่ในปริมาณมากที่สุด อาจมากกว่า 30% ของน้ำหนัก ถ้าเป็น xylans จากฟางของธัญพืช (cereal straw) มีลักษณะ ของ β-(1→4)-D-Xyl*p*backbone ซึ่งมี arabinosyl, glucuronic และ acetyl เข้าจับ ที่ตำแหน่ง C-2 และ C-3 ที่มีกลุ่มอิสระของ OH อยู่ นอกจากนี้ ถ้าเป็น xylan จาก ไม้ เนื้ออ่อน หรือพืชอื่นๆ ก็จะมีโครงสร้างการจับตัวของกลุ่ม arabinosyl, glucuronic และ acetyl ที่เชื่อมต่อเข้ากับ xylose ที่มีจำนวนและความซับซ้อนแตกต่างกันไป ในปัจจุบัน ได้มีการการสกัดเพื่อนำเอา Hemicellulose มาใช้ประโยชน์ เป็นโพลิเมอร์ สำหรับการประยุกต์ใช้สำหรับ การผลิตทางเคมี และการผลิตยา นอกจากนี้ ยังมีการนำไปผลิต xylytol โดยผ่านกระบวนการหมักโดยใช้จุลินทรย์ จะได้ xylitol ซึ่งเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล สำหรับนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ (ดังแสดงในภาพที่ 2.5)



ภาพที่ 2.5 แสดงแนวทางและขั้นตอนการนำผลพลอยได้ที่มี xylan เป็นองค์ประกอบอยู่สูงไปใช้ประโยชน์ ในรูปแบบต่างๆ (Kabel, 2002)

จากกระบวนการ Hydrothermal treatment ในส่วนผลผลิตที่ผ่านกระบวนการแล้ว (hydrolysates) จะประกอบไปด้วย xylo-oligosaccharides (XOS) อยู่ในปริมาณมาก ซึ่งนอกจากการนำ XOS ไปใช้ประโยชน์เพื่อผลิต xylitol แล้ว XOS ยังมีคุณสมบัติของ prebiotics ช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ และคน ซึ่ง XOS จัดเป็น non-digestible oligosaccharides (NDO's) ไม่แตกตัวในสภาพที่มี pH ต่ำ เช่นในกระเพาะอาหาร จึงไม่สามารถถูกย่อยโดยเอนไซม์ ของคนหรือสัตว์ได้ ดังนั้นเมื่อกิน XOS เข้าไป ก็จะผ่านระบบทางเดินอาหารเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ซึ่งมีจุลินทรีย์มากมายหลายชนิดอยู่ ซึ่ง XOS เป็นอาหารอย่างดีของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ bifidobacteria ก่อให้เกิดการหมักย่อย ได้ผลผลิตเป็นกรดไขมันสายโซ่สั้น (Short Chain Fatty Acid; SCFA) ได้แก่ acetate, propionate and butyrate นอกจากนี้ยังมี lactate, CO2 และ H2 ซึ่งการเพิ่มขึ้นของทั้ง SCFA และ bifidobacteria มีผลต่อการเพิ่มสุภาพที่ดีของระบบทางเดินอาหาร การดูดซึมแคลเซียม เมตาบอลิซึมของไขมัน รวมทั้งลดการเสี่ยงต่อมะเร็งลำไส้ใหญ่ (Gibson and Wang, 1994) อย่างไรก็ตาม ในการผลิต XOS เพื่อการนำมาใช้ประโยชน์ในอาหารคน หลังจากกระบวนการ Hydrothermal treatment แล้ว จำเป็นต้องมีการนำมาทำให้บริสุทธิมากขึ้นที่เรียกว่า กระบวนการ purification ด้วยวิธีการต่างๆ ทั้งทางเคมีและฟิสิกส์ ทำให้ผลผลิตที่ได้มีความบริสุทธิ์ เหมาะสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารคน ซึ่งส่งผลให้ ผลผลิตของ XOS ที่ได้ มีราคาสูง ไม่เหมาะสมทางเศรษฐกิจ ถ้าจะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เนื่องจากในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์นั้น ต้นทุนค่าอาหารซึ่งคิดเป็นประมาณ 70% เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงให้มากที่สุด ดังนั้นกรรมวิธีในการเตรียม XOS เพื่อนำมาใช้เพื่อส่งเสริมสุขภาพทางเดินอาหารของสัตว์ อาจไม่จำเป็นต้องทำให้บริสุทธิ เหมือนในอาหารคนก็ได้ เพียงแต่มีความปลอดภัยก็เพียงพอแล้ว ก็จะช่วยให้การผลิตเพื่อนำมาใช้ในอุสาหกรรมอาหารสัตว์สามารถเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

2.3.3 กระบวนการสำหรับการผลิต XOS

ในการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ทางการเกษตร ที่มี Xylan เป็นองค์ประกอบอยู่สูง ได้มีการศึกษาวิจัยแล้วมากมาย ซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อที่จะหาวิธี แยกเอาส่วน ที่เป็น hemicellulose และ lingo-cellulosic materials ออกจากกัน วิธีการที่มีการศึกษาวิจัย มุ่งสองประเด็นหลักคือ การใช้กรรมวิธีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (หรือมีการใช้เคมีน้อยที่สุด) และต้องเป็นกรรมวิธีที่ต้นทุนต่ำที่สุด

การใช้ความดันไอน้ำหรือ Streaming treatment (150-240 °C) เป็นวิธีการที่ดีสำหรับการแยก hemicellulose จาก ligno-cellulosic หลังจากนั้นต้องทำการ hydrolysis เพื่อแยก xylans ออกมาอีกครั้ง โดยการใช้กรดเจือจาง เนื่องจากพันธะที่จับกันของ hemicellulose จะอ่อนแอกว่าส่วนที่ มี cellulose เช่น การใช้กรด sulphuric ซึ่งจะทำให้ทั้งองค์ประกอบที่เป็น lignin และ cellulose จะคงอยู่ในส่วนที่เป็นของแข็ง (Saska and Ozmer, 1995) อย่างไรก็ตามการใช้กรดอย่างแรง เช่น กรด sulphuric ส่งผลเสียต่อ

สภาพแวดล้อม และต้นทุนสูง เนื่องจาก ต้องมีการป้องกันการกัดกล่อนของเครื่องมือ ดังนั้น กระบวนการที่เหมาะสม จึงมีการศึกษาเพิ่มเติม เช่น เปรียบเทียบการใช้กรด hydrochlolic กับ กรด sulphuric ในการ hydrolysis ซึ่งก็ยังพบว่า การใช้กรด sulphuric ยังให้ผลผลิตที่ดีกว่า (Lavarack et. al., 2002) ส่วนการศึกษาเพื่อเลี่ยงการใช้กรด เพื่อสกัด hemicellulose ออกจากชานอ้อย Sun et.al. (2004) ศึกษาการสกัดในสภาพด่าง โดยใช้ NaOH เป็นสารปรับ pH ให้สารละลายอยู่ในสภาพที่เป็นด่าง ซึ่งผลการวิจัยพบว่าเมื่อใช้ 0.5 M NaOH, 0.5% H_2O_2 ที่ pH 11.5 ระยะเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิ 55 °C ในการสกัด พบว่าให้ผลดีที่สุดในการสกัด อย่างไรก็ตาม กระบวนการกว่าจะได้มาของผลผลิต ต้องมีขั้นตอนอีกหลายขั้นตอนในการปรับ pH และ การชะล้างเอาสารเคมีออกด้วย ethanol เป็นต้น ดังนั้น ในทางปฏิบัติ ย่อมทำให้ต้นทุนการผลิตสูง และมีการใช้สารเคมีหลายขั้นตอน ส่วนการใช้กรดในการ hydrolysis นั้น จะได้ acetic acid ที่มาจาก acetyl group ของ hemicellulose ซึ่งกรด acetic นี้ จะมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Growth inhibitors) เมื่อมีอยู่ในปริมาณ 4-10 g/l (van Zyl et.al., 1991) นอกจากนี้ยังสารที่เกิดจากการย่อย น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น furfural (จาก pentoses) และ hydroxymethylfurfural (จาก hexoses) (Almazan et.al., 2001) ซึ่งสารเหล่านี้มีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เช่นเดียวกัน (Gong et.al., 1993) ต่อมาได้มีการพยายามศึกษาเพิ่มเติม ในการเลือกใช้ชนิดของกรด เพื่อให้ปริมาณของ สารละลายที่มี xylose มากที่สุด และมี Growth inhibitors น้อยที่สุด เช่น Antonio et.al. (2004) พบว่าการใช้ การทำ Streaming treatment ที่อุณหภูมิ 122 °C โดยใช้ 6% nitric acid เป็นระยะเวลา 9.3 นาที ให้ผลดีที่สุด รวมทั้งมี Growth inhibitors อยู่ในระดับที่ปลอดภัย ซึ่งให้ผลดีกว่าการใช้กรด hydrochlolic หรือกรด sulphuric ต่อมา Xu et.et. (2006) พบว่า การใช้วิธีการสกัดโดยใช้ ด่างอย่างอ่อน ได้แก่ 1M NaOH ที่อุณหภูมิ 20, 25, 30, 35 และ 40 °C โดยใช้เวลา 18 ชั่วโมง หลังจากนั้นแยกส่วนที่เป็นของเหลวมาทำการปรับ pH ให้เป็นกลาง คือ 6.0 โดยใช้ 6M HCL หลังจากนั้นทำให้เข้มข้นโดยใช้ ethanol ในปริมาณ 3 เท่า ของสารละลาย แล้วนำมากรองเพื่อแยกเอาส่วนของ lignin ซึ่งอยู่ในส่วนของสารละลายออก นำส่วนที่เป็นกากของแข็ง ล้างด้วย 70% ethanol แล้วตากให้แห้งจะได้ hemicellulose 55.5, 57.3, 59.1, 60.9 และ 62.1 % ตามลำดับ ซึ่งในส่วนดังกล่าวมีปริมาณของ xylose 78-82.2% ของปริมาณ hemicellulose ดังกล่าว

ในกระบวนการต่างๆ ที่กล่าวมา ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการใช้กรด ต่างๆ หรือ การใช้ด่าง ต้องมีการจัดการหลังจากการ hydrolysis คือ การทำให้เป็นกลาง โดยใช้เคมี เช่นการใช้ calcium carbonate ปรับให้เป็นกลางหลังจากการใช้ กรด sulphuric ในการ hydrolyze เพื่อให้เกิดการจับกรด ให้อยู่ในรูป calcium sulphate ถึงแม้การทำให้แห้งโดยการระเหย จะช่วยให้ Growth inhibitors บางส่วนระเหยออกไป ผลผลิตที่ได้ ก่อนจะนำมาใช้สำหรับเป็นสารสำหรับการหมักโดยจุลินทรีย์ จำเป็นต้องมีการเติมสารอาหารสำหรับจุลินทรีย์บางชนิดลงไป เช่น nitrogen และ micronutrients ต่างๆ ดังนั้น Gamez et.al. (2006) จึงได้ทำการศึกษาโดยใช้ phosphoric acid สำหรับการ hydrolysis เนื่องจากหลังจากทำสารละลายให้เป็นกลาง โดยใช้ NaOH จะเกิดเกลือในรูป sodium phosphate ซึ่งไม่จำเป็นต้องแยกออก

จากผลผลิต เนื่องจากสามารถใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ได้ต่อไป ซึ่งกระบวนการที่มีประสิทธิภาพที่สุด ได้แก่ การใช้ 4% H_3PO_4 ทำการ hydrolyze ที่อุณหภูมิ 122°C โดยใช้เวลา 300 นาที พบว่า ได้ผลผลิต ถึง 55% โดยมี xylose ในสารละลาย 17.6 g/l และมีสารที่เป็น Growth inhibitors ในระดับที่ปลอดภัย

ดังนั้นในการเตรียม XOS จากชานอ้อยเพื่อใช้เป็น feed supplements ในอาหารสัตว์ โดยใช้ phosphoric acid ในการ hydrolysis น่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีการที่ประหยัด ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก ในขณะเดียวกัน สัตว์เองก็สามารถใช้ประโยชน์ จาก Phosphorus ที่อยู่ในรูป sodium phosphate ได้อีกด้วย เพราะปกติ ในอาหารผสมสำหรับสุกร จะต้องมีการเสริมแหล่งของ Phosphorus ในรูปของ dicalcium phosphate อยู่แล้ว เพื่อให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตที่รวดเร็วของสุกร ซึ่งเป็นเป้าหมายของการจัดการด้านอาหารสำหรับการผลิตสุกร

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 โครงการที่ 1 : ศึกษาปริมาณการใช้และส่วนผสมที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์เสริมในอาหารลูกสุกร

ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ นำส่วนผสมเหล่านั้นมาผสมรวมกัน ในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 ในระดับการใช้ 0.5, 1 และ 2 % ในอาหารเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมอะไรเลย เป็นกลุ่มควบคุมดังนั้นจึงแบ่งเป็น 10 กลุ่มทดลอง

<u>การทดลองที่ 1:</u> ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ทำการทดลองในสุกร ลูกผสม ดูรอค x (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) หย่านมที่อายุ 21 วัน จำนวน120 ตัว สุ่มสุกรแบ่งออกเป็น 10 กลุ่ม ๆ ละ 12 ตัว โดยมีเพศผู้และเพศเมียในแต่ละกลุ่มจำนวนเท่าๆ กันทุกกลุ่มการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการเลี้ยงบนกรงตับขังเดี่ยวเป็นเวลา 42 วัน หรือ 6 สัปดาห์ สุกรจะได้รับอาหารและน้ำเต็มที่ การประกอบสูตรอาหารฐานจะใช้แหล่งวัตถุดิบอาหารหลัก คือ ข้าวโพด และกากถั่วเหลือง และหางนม เป็นหลัก สูตรอาหารทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยปรับให้มีระดับโภชนะไม่ต่ำกว่าตามคำแนะนำของ NRC (1998) ซึ่งกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหาร ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ได้รับอาหารฐานเพียงอย่างเดียว กลุ่มที่ 2 – 10 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย ส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย (essential oil mixes; EOM) และส่วนผสมของกรดอินทรีย์ (organic acid mixes; OAM) โดยกำหนดสัดส่วนของ EOM : OAM ในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 และในแต่ละสัดส่วนแบ่งระดับการใช้ 0.5, 1 และ 2 % ในอาหาร

สุ่มสุกรแต่ละกลุ่มให้ได้รับอาหารทดลอง 1 ใน 10 ชนิด บันทึกน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นทดลอง น้ำหนักเพิ่มทุกๆ สัปดาห์และน้ำหนักสุดท้ายของการทดลอง รวมทั้งปริมาณอาหารที่สุกรกินแต่ละวัน เพื่อทำการคำนวณหาสมรรถภาพการผลิตต่างๆ นอกจากนี้ยังบันทึกสุขภาพของลูกสุกร เพื่อวัดอัตราการเกิดท้องเสียของสุกร โดยดูจากลักษณะรูปร่าง และสีของมูลสุกร ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลองโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple range Test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1986)

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมและค่าวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารทดลองที่ได้จากการคำนวณและห้องปฏิบัติการ

วัตถุดิบ	จำนวน (กรัม/กิโลกรัม)
ปลายข้าว	350
รำละเอียด	50
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	521.5
หางนม	50
ไดแคลเซี่ยมฟอสเฟต (P18)	10
หินฝุ่น	10
เกลือ	3.5
พรีมิกซ์	5
พรีไบโอติคจากซังข้าวโพด	x
ค่าโภชนะที่วิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการ (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)	
โปรตีน	245
พลังงาน(kcal/กิโลกรัม)	4565
ไขมัน	114.8
เยื่อใย	40.1
แคลเซี่ยม	5.6
ฟอสฟอรัส	5.6

หมายเหตุ : x หมายถึง ปริมาณการเสริมสารเสริม โดยทดแทนในส่วนของปลายข้าว

การทดลองที่ 2 : ศึกษาการย่อยและใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะของสุกร

นำผลการทดลองของสัดส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย และกรดอินทรีย์มาผสมรวมกัน ในอัตราส่วน EOM: OAM 1:1, 1:2 และ 2:1 ในระดับการใช้ 0.5, 1 และ 2 % แบ่งเป็น 10 ชนิดอาหาร อาหารทุกชนิดจะผสม titanium dioxide 0.5% เพื่อเป็น indigestible marker สำหรับวิเคราะห์ความเข้มข้นเพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่อไป เลี้ยงสุกรบนกรงศึกษาการย่อยได้ โดยใช้สุกรจำนวน 40 ตัว วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design; RCBD) สุ่มให้สุกรแต่ละตัว กินอาหารที่ต้องการทดสอบ 1 ใน 10 ชนิด ดังกล่าวเป็นเวลา 5 วัน โดย 3 วันแรกเป็นช่วงปรับตัวของสุกรกับอาหารทดสอบ และ 2 วันสุดท้าย เป็นช่วงเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะโดยสุ่มตัวอย่างมูลและปัสสาวะ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ถ่ายออกมา

ทั้งหมด นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20°C ทันที เพื่อยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ และก่อนเก็บตัวอย่างปัสสาวะ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4) 25 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 50 มิลลิลิตร ลงในขวดเก็บปัสสาวะ เพื่อคง pH ให้ต่ำกว่า 2 ป้องกันการระเหยของแอมโมเนียในปัสสาวะ การเก็บตัวอย่างจะทำวันละ 2 ครั้งในช่วงเวลาก่อนการให้อาหารคือ 5.45 น. และ 17.45 น. วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างอาหาร มูล และปัสสาวะในห้องปฏิบัติการ ตามวิธีการของ AOAC (2000) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1986)

หมายเหตุ: การผสมน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์แต่ละชนิดเข้าด้วยกัน จะทำการผสมน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์แต่ละชนิดเข้ากับสารสื่อก่อน ได้แก่กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันบดละเอียด เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ต่างชนิดกันหลังจากจึงค่อยนำมาผสมกันก่อนผสมอาหาร

สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

1. สถานีวิจัยและฝึกอบรมบึงราชนก คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลก

3.2 โครงการที่ 2: การเตรียมสารพรีไบโอติคจากกล้วยดิบเพื่อเป็นอาหารเสริมในสุกร

Prebiotic Preparation from Raw Banana as Pig Feed Supplements

3.2.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เป็นการพัฒนาการผลิตสารพรีไบโอติคจากวัตถุดิบในท้องถิ่น
2. เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกล้วยดิบซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่
3. เพื่อนำการวิจัยไปใช้ประกอบการวิจัยต่อเนื่องเพื่อผลิตสารเสริมในอาหารสุกรต่อไป

3.2.2 ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีฟิสิกส์ของวัตถุดิบจากกล้วยดิบในท้องที่ จ. พิษณุโลก
2. ศึกษาปัจจัยและกระบวนการในการผลิตสารพรีไบโอติคจากกล้วยดิบ
3. คุณสมบัติของสารพรีไบโอติคที่ได้และทดสอบการย่อยได้ในระดับห้องปฏิบัติการ และทดสอบการย่อยได้ของโภชนะของสุกรควบคู่ไปด้วย

3.2.3 วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุ อุปกรณ์

1. กล้วยน้ำว้าและกล้วยหักมุก ที่อยู่ในระยะแก่จัด
2. สารละลายเมตตาไบซัลไฟต์
3. เครื่อง centrifuge
4. ตู้อบลมร้อน
5. ชุดวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี(proximate analysis)
6. ชุดเครื่องแก้ว

วิธีดำเนินการวิจัย

1.) เตรียม starch จากกล้วยทั้ง 2 สายพันธุ์ (กล้วยน้ำว้า,กล้วยหักมุก) ด้วยวิธีโม่เปียก (Wet milling)

ปอกเปลือกและหั่นกล้วยดิบเป็นลูกเต๋าขนาด 1×1 cm

⇩

แช่ในสารละลายเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.7 % (W/V)

เป็นเวลา 1 นาที

⇩

นำไปปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 2 นาทีในอัตราส่วน กล้วย:น้ำ คือ 1:2

⇩

กรองด้วย sieve ขนาด 50 mesh 1 ครั้ง

⇩

กรองด้วย sieve ขนาด 100 mesh 1 ครั้ง

⇩

นำไปปั่นด้วยเครื่อง centrifuge ที่อุณหภูมิ 25 ^{0}C ที่ 20,000 g เป็นเวลา 15 นาที

⇩

นำตะกอนแป้งที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

⇩

นำแป้งที่ได้บดเป็นผงและกรองผ่าน sieve ขนาด 100 mesh และนำไปชั่งน้ำหนัก

⇩

เก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

ภาพที่ 3.1 การเตรียมสตาร์ชกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหักมุก

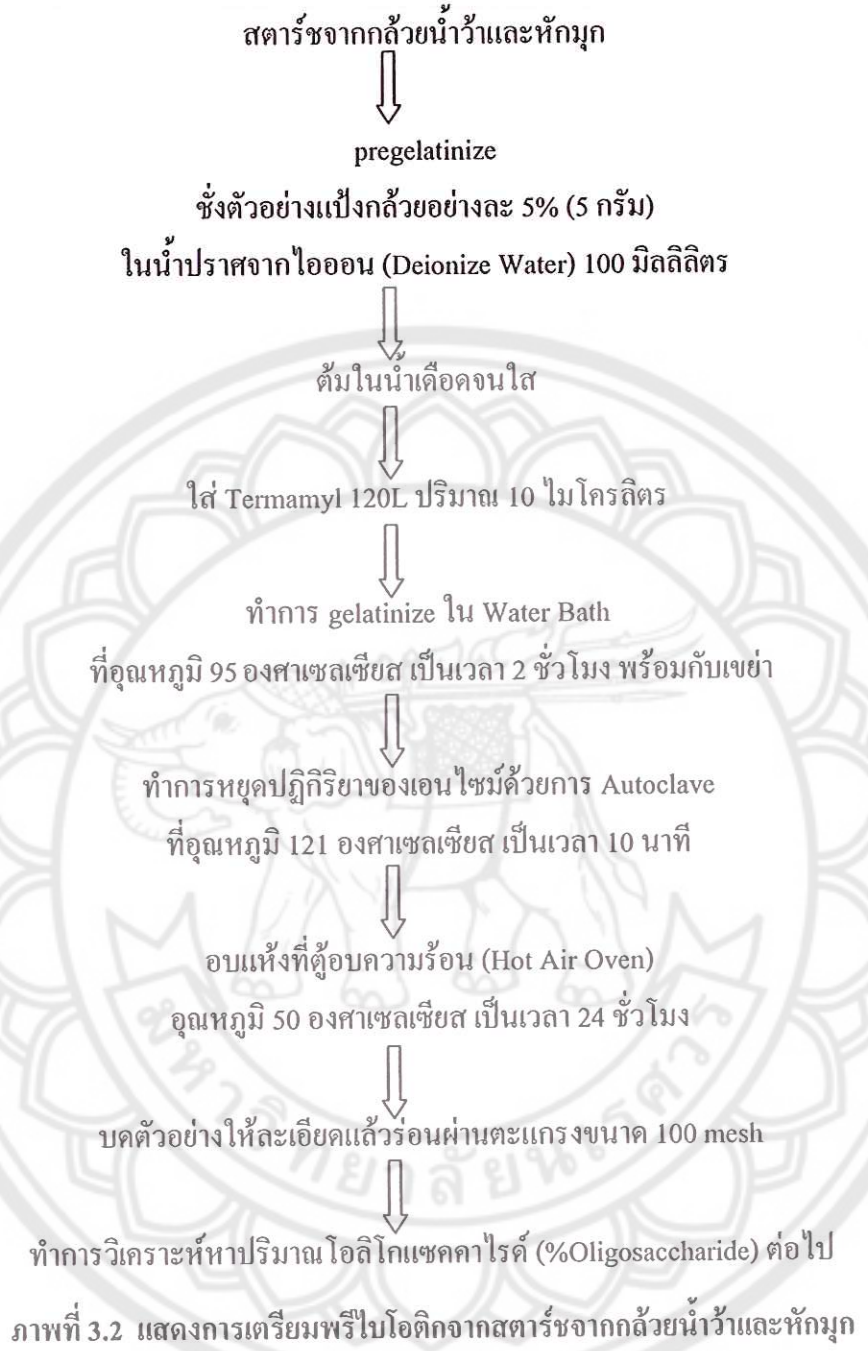
3.2.4 การศึกษาคุณสมบัติของสตาร์ชที่ได้จากกล้วย

วิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติของแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหักมุก ดังนี้

1. ร้อยละของผลผลิต(ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)
2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดย AOAC,1990 (เยื่อใย เถ้า ไขมัน โปรตีน และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในรูปของ nitrogen free extract)
3. การวัดสี
4. ปริมาณอะมิโลส ตามวิธีของ Knutson 1986
5. การพองตัวและการละลายของแป้ง
6. ลักษณะของเม็ดแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด Scanning electron microscopy(SEM)
7. การเตรียมพรีไบโอติกจากสตาร์ชกล้วย

3.2.5 การเตรียมพรีไบโอติกจากสตาร์ชกล้วย (ดัดแปลงวิธีการจาก Hofvendahl et al., 1999; Kasaoka et al., 1999)

หลังจากได้สตาร์ชจากกล้วยดิบทั้งสองชนิดคือ สตาร์ชกล้วยน้ำว้า และสตาร์ชกล้วยหักมุกผง มาทำการ pregelatinize โดยเรียมตัวอย่างสารละลายแป้งกล้วย 5% (w/v)ในน้ำปราศจากไอออน (Deionize Water) จากนั้นนำมาต้มในน้ำเดือดจนน้ำแป้งใสขึ้น แล้วจึงใส่เอนไซม์เทอมามิล (Termamyl 120L) ปริมาณ 10 ไมโครลิตร จากนั้นนำตัวอย่างมาทำการ gelatinize ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พร้อมกับเขย่าอย่างสม่ำเสมอ เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วทำการหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หลังจากตัวอย่างเย็น นำมาอบให้แห้งที่ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าตัวอย่างจะแห้ง จากนั้นทำการบดตัวอย่างให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh เพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณโอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharide) ต่อไป



ภาพที่ 3.2 แสดงการเตรียมพรีไบโอติกจากสตาร์ชจากกล้วยน้ำว้าและหักมุก

3.2.6 .ศึกษาสมบัติบางประการของสารพรีไบโอติกที่ได้

3.2.6.1 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (Moist Content)

ทำการหาปริมาณความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ ยี่ห้อ sartorius รุ่น MA 40 S/N 51101392

3.2.6.2 การหาปริมาณผลผลิต (% Yield)

การหาปริมาณผลผลิตในรูปร้อยละโดยน้ำหนักแห้งคำนวณการหาปริมาณผลผลิต ตามสูตร ดังนี้

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{wt.oligo (db.oligo)}}{\text{wt.starch (db.strach)}} \times 100$$

$$\text{wt.oligo (d.b. of oligo)} = \text{oligo (g)} \times \left[\frac{100 - \text{MC.oligo}}{100}\right]$$

$$\text{wt.starch (d.b. of strach)} = \text{starch (g)} \times \left[\frac{100 - \text{MC.starch}}{100}\right]$$

โดย wt.starch (db.strach) คือ น้ำหนักของสตาร์ชกล้วย (หน่วยเป็นกรัม)

wt. oligo (db.oligo) คือ น้ำหนักของพรีไบโอติกจากสตาร์ชกล้วย (หน่วยเป็นกรัม)

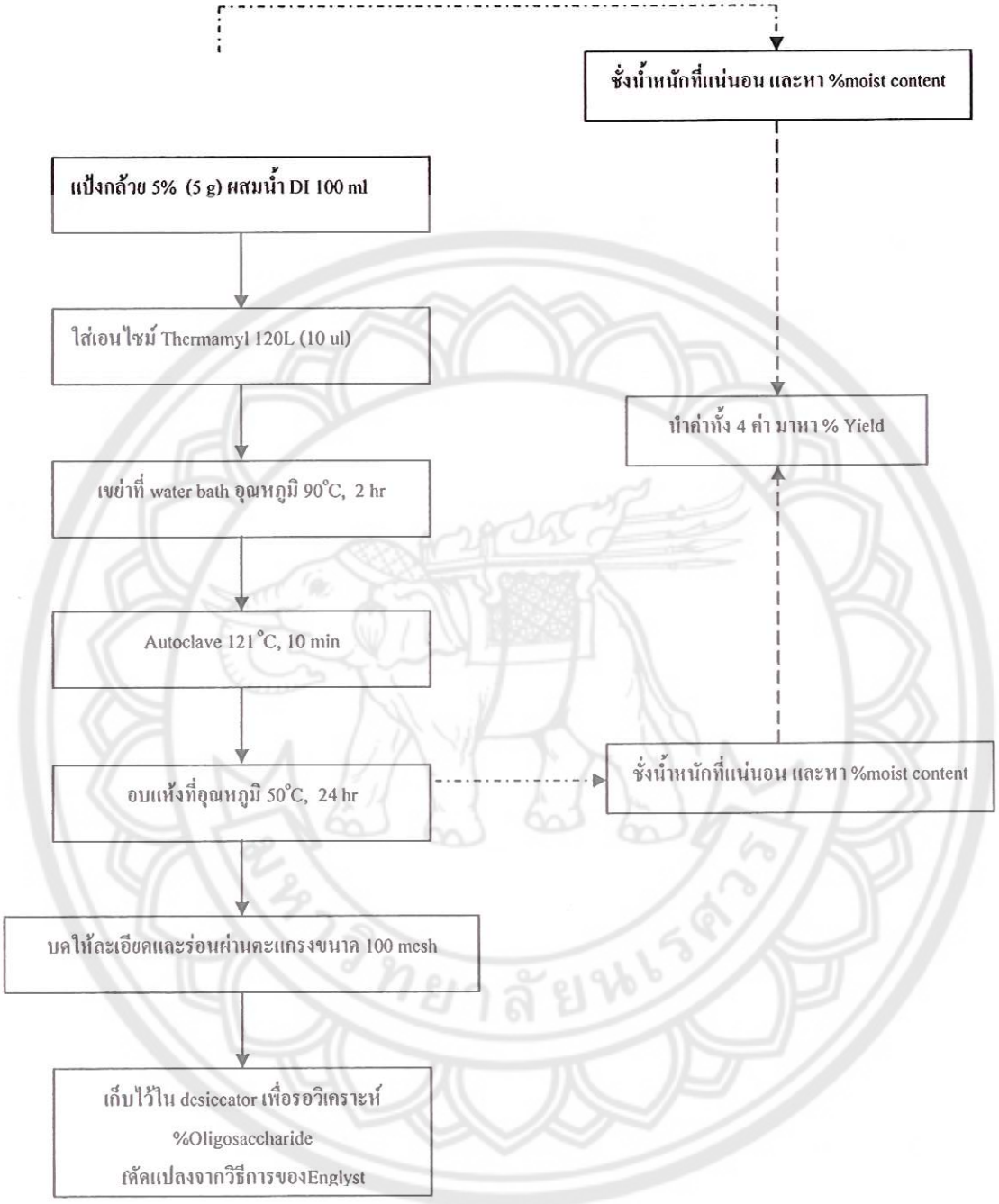
MC.starch คือ ปริมาณความชื้นของสตาร์ชกล้วย (%)

MC.oligo คือ ปริมาณความชื้นของพรีไบโอติกจากสตาร์ชกล้วย (%)

3.2.6.3 การหาเปอร์เซ็นต์โอลิโกแซคคาไรด์ (% Oligosaccharide)

ทำการหา % Oligosaccharide โดยวิธี UV-Visible ใช้ Standard Oligosaccharide เปรียบเทียบจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงตัวอย่างที่นำมาทดลอง (ดัดแปลงจากวิธีการของ Englyst et al.1992)

ขั้นตอนวิธีการทำ



ภาพที่ 3.3 แผนผังการเตรียมพรีไบโอติก

3.3 โครงการที่ 3: การเตรียมสารพรีไบโอติคจากชานอ้อยเพื่อเป็นอาหารเสริมในสุกร

Prebiotic Preparation from Sugarcane Bagasse as Pig Feed Supplements

3.3 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตพรีไบโอติคจากชานอ้อย

3.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยชานอ้อยเพื่อผลิตพรีไบโอติค

3.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

เพื่อศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมการผลิตพรีไบโอติคจากชานอ้อย เพื่อใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์

การเตรียม xylo-oligosaccharide สามารถทำได้โดยการนำชานอ้อยที่เป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำตาลมาย่อยเพื่อให้ได้ Oligosaccharides ชนิด xylo-oligosaccharide (XOS) ซึ่งเป็น Prebiotics ชนิดหนึ่งซึ่งสามารถนำไปเป็นอาหารเสริมให้แก่สุกรได้

3.5.1 วิธีการเตรียม xylo-oligosaccharide

1) นำชานอ้อยที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำตาลมาบดให้มีขนาดน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร
2) ชั่งชานอ้อยที่บดแล้ว 10 กรัม เติมกรดฟอสฟอริกเจือจาง 4% ลงไป 100 มิลลิลิตร ในฟลาก์สขนาด 250 มิลลิลิตร คนผสมให้ชานอ้อยบดและกรดเจือจางเข้ากัน ปิดจุกสำลีและคลุมจุกสำลีด้วยกระดาษ
3) นำไปให้ความร้อนโดยใช้ Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 40 นาที เพื่อให้ได้น้ำตาล xylo-oligosaccharide
4) ทำการกรองแยกกากชานอ้อยออกจากสารละลายน้ำตาล xylo-oligosaccharide **โดยการกรองรอบแรกเป็นการกรองแบบหยาบคือใช้ผ้าขาวบางกรองก่อน จากนั้นกรองโดยใช้เครื่องกรองความดันจะได้สารละลายน้ำตาล xylo-oligosaccharide ที่ใสและมีสภาวะเป็นกรด**
5) ทำการปรับค่า pH ให้เป็นกลางโดยใช้ NaOH
6) นำไปวิเคราะห์หา ปริมาณ xylo-oligosaccharide โดยวิธีพาราโบรโมเอนิลีน

3.5.2 การวิเคราะห์หาปริมาณ xylo-oligosaccharide

การวิเคราะห์หาปริมาณ xylo-oligosaccharide ซึ่งเป็นน้ำตาลเพนโทสสามารถทำได้โดยการประยุกต์ใช้วิธีพาราโบรโมเอนิลีน (Deschatelets and Yu, 1986) โดยอาศัยการเกิดเฟอฟิวรัล (furfural) ของเพนโทสในสารละลายกรดแอซีติกที่มี thiourea อยู่ แล้วเติม ρ-bromoanilline เพื่อทำปฏิกิริยากับเฟอฟิวรัลได้เป็นสารละลายสีชมพู

3.5.2.1 สารเคมี

1) ρ-bromoanilline reagent เตรียมโดยละลาย thiourea ประมาณ 4 กรัมในกรดแอซีติกเข้มข้นปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วแยกสารละลายอิ่มตัวออกมา (กรดแอซีติกอิ่มตัวด้วย thiourea) จากนั้นละลาย ρ-bromoanilline 2 กรัม ลงในสารละลายอิ่มตัวที่แยกออกมา
2) สารละลายไซโลสมาตรฐานความเข้มข้น 1.0 กรัมต่อลิตร เตรียมโดยละลายไซโลส 0.1000 กรัมในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางให้ได้สารละลายไซโลสมาตรฐานความเข้มข้นตั้งแต่ 0-0.5 กรัมต่อลิตร ดังนี้

หลอดที่	สารละลายไซโลสมาตรฐาน(1.0 g/L) (mL)	น้ำกลั่น (mL)	สารละลายไซโลสมาตรฐาน (g/L)
1	0.0	10.0	0
2	1.0	9.0	0.1
3	2.0	8.0	0.2
4	3.0	7.0	0.3
5	4.0	6.0	0.4
6	5.0	5.0	0.5

3.5.2.2 วิธีการทดลอง

1) ปิเปตสารละลายตัวอย่าง (จากข้อ 1.5) ที่มีไซโลสไม่เกิน 0.5 กรัมต่อลิตร หรือสารละลายไซโลสมาตรฐาน(ความเข้มข้น 0-0.5 กรัมต่อลิตร) ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง ถ้าสารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้นไซโลสเกิน 0.5 กรัมต่อลิตร ให้ทำการเจือจางให้อยู่ในช่วง Standard curve
2) เติม ρ-bromoanilline reagent ลงๆไป 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3) นำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที
4) ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว แล้วบ่มต่อในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 70 นาที
5) วัดค่าความดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

6) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากสารละลายไซโลสมาตรฐานความเข้มข้นตั้งแต่ 0-0.5 กรัมต่อลิตร ไปสร้างกราฟมาตรฐาน และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากสารละลายตัวอย่างไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้นของไซโลสในสารละลายตัวอย่าง หรือคำนวณได้จาก

ความเข้มข้นของไซโลส (g/L)

$$= \frac{\text{(ค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร) x (อัตราการเจือจาง)}}{\text{(ความชันของกราฟมาตรฐาน) X (1000)}}$$

มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.4 โครงการที่ 4: การศึกษาการเสริมผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจาก กล้วยดิบและชานอ้อย ในอาหารสุกรหลังหย่านม

Study of Essential Oil-Organic Acid Product Supplementation with Prebiotic from Raw Banana and Sugarcane Bagasse in Weaned Pig Diets

ผลิตภัณฑ์ขั้นต้นที่ได้จากน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ (Primary Product from Essential Oil and Organic Acis; PPEOOA) ที่มีสัดส่วนและระดับการใช้ที่เหมาะสม จากโครงการที่ 1 นำ RBP และ SBP (ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 เรียกส่วนผสมนี้ว่า RBP-SBP) ในอัตราส่วนการใช้ PPEOOA : RBP, PPEOOA : SBP, PPEOOA : RBP-SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5 และ 1 % ในอาหารทดลอง เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริมสารใดๆ การประกอบสูตรอาหารฐานจะใช้แหล่งวัตถุดิบอาหารหลัก คือ ข้าวโพด และกากถั่วเหลือง และหางนม เป็นหลัก สูตรอาหารทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยปรับให้มีระดับโภชนะไม่ต่ำกว่าตามคำแนะนำของ NRC (1998)

ทดสอบอาหารทดลองในสุกรลูกผสมหลังหย่านม ดูรอค x (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) หย่านมที่อายุ 21 วันจำนวน 56 ตัว สุ่มสุกรแบ่งออกเป็น กลุ่ม ๆ ละ 8 ตัว โดยมีเพศผู้และเพศเมียในแต่ละกลุ่มจำนวนเท่าๆ กันทุกกลุ่มการทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูณ์ (Completely Randomized Design) ทำการเลี้ยงในคอกขังเดี่ยว เลี้ยงสุกรบนกรงตับขังเดี่ยวเป็นเวลา 42 วัน หรือ 6 สัปดาห์ สุกรจะได้รับอาหารและน้ำเต็มที่ ได้แก่

กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ได้รับอาหารฐานเพียงอย่างเดียว

กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%

กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%

กลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%

กลุ่มที่ 5 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%

กลุ่มที่ 6 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP-SBP ในอัตราส่วนการใช้ 1:1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5% ในอาหาร

กลุ่มที่ 7 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP-SBP ในอัตราส่วนการใช้ 1:1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1 % ในอาหาร

สุ่มสุกรแต่ละกลุ่มให้ได้รับอาหารทดลอง 1 ใน 7 ชนิด บันทึกน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นทดลอง น้ำหนักเพิ่มทุกๆ สัปดาห์และน้ำหนักสุดท้ายของการทดลอง รวมทั้งปริมาณอาหารที่สุกรกินแต่ละ

วัน เพื่อทำการคำนวณหาสมรรถภาพการผลิตต่างๆ นอกจากนี้ยังบันทึกสุขภาพของลูกสุกร เพื่อวัดอัตราการเกิดท้องเสียของสุกร โดยดูจากลักษณะรูปร่าง และสีของมูลสุกร ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลองโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple range Test (Steel and Torrie, 1980)

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมและค่าวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารทดลองที่ได้จากการคำนวณและห้องปฏิบัติการ

วัตถุดิบ	จำนวน (กรัม/กิโลกรัม)
ปลายข้าว	350
รำละเอียด	50
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	521.5
หางนม	50
ไดแคลเซี่ยมฟอสเฟต (P18)	10
หินฝุ่น	10
เกลือ	3.5
พรีมิกซ์	5
พรีไบโอติคจากซังข้าวโพด	x
ค่าโภชนะที่วิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการ (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)	
โปรตีน	245
พลังงาน(kcal/กิโลกรัม)	4565
ไขมัน	114.8
เยื่อใย	40.1
แคลเซี่ยม	5.6
ฟอสฟอรัส	5.6

หมายเหตุ : x หมายถึง ปริมาณการเสริมสารเสริม โดยทดแทนในส่วนของปลายข้าว

บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

4.1 โครงการวิจัยที่ 1 : ศึกษาปริมาณการใช้และส่วนผสมที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์เสริมในอาหารลูกสุกร

สัดส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ จากรายงานของ วันดี และคณะ (2552) นำส่วนผสมที่เหมะสมเหล่านั้นมาผสมรวมกัน ในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 ในระดับการใช้ 0.5, 1 และ 2 % ในอาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมอะไรเลย เป็นกลุ่มควบคุม ดังนั้นจึงแบ่งเป็น 10 กลุ่มทดลอง ดังตารางที่

ตารางที่ 4.1 แสดงสัดส่วนการใช้น้ำมันหอมระเหย และกรดอินทรีย์ในอาหารทดลองกลุ่มต่างๆ

อาหารสูตรที่	น้ำมันหอมระเหย กานพลู : สะระแหน่ : ผิวส้ม อัตราส่วน 1:1:1	กรดอินทรีย์ ฟิวมาริค : แลคติค : ซิตริค อัตราส่วน 1:1:1	ระดับการใช้ (%)
1	0	0	0
2	1	1	0.5 %
3	1	1	1 %
4	1	1	2 %
5	1	2	0.5 %
6	1	2	1 %
7	1	2	2 %
8	2	1	0.5 %
9	2	1	1 %
10	2	1	2 %

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณการใช้ (%) ส่วนผสม และน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ ในอาหารทดลองสูตรต่างๆ

อาหารสูตรที่	ปริมาณส่วนผสมที่ใช้	น้ำมันกานพลู	น้ำมันสะระแหน่	น้ำมันผิวส้ม	กรดฟิวมาริค	กรดแลคติค	กรดซิตริค
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.50	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
3	1.00	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
4	2.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
5	0.50	0.06	0.06	0.06	0.11	0.11	0.11
6	1.00	0.11	0.11	0.11	0.22	0.22	0.22
7	2.00	0.22	0.22	0.22	0.44	0.44	0.44
8	0.50	0.11	0.11	0.11	0.06	0.06	0.06
9	1.00	0.22	0.22	0.22	0.11	0.11	0.11
10	2.00	0.44	0.44	0.44	0.22	0.22	0.22

4.1.1 การทดลองที่ 1: ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรทดลองที่ได้รับอาหารทดลองเสริมด้วยน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์

จากการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรหย่านมที่ได้รับอาหารทั้ง 10 ชนิด ดังผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4.8 พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารเสริมด้วยน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ในสัดส่วนต่างๆ น้ำหนักเพิ่มของสุกรตลอดการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโตของสุกรกลุ่มที่ 5 (225 กรัม/วัน) สูงกว่ากลุ่มที่ 6 (147 กรัม/วัน) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และยังมีแนวโน้มที่สูงกว่าแต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับสุกรกลุ่มอื่นๆ

ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และมีแนวโน้มของปริมาณอาหารที่กินได้ตลอดการทดลองมากที่สุด แต่เมื่อประเมินอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของสุกรกลุ่มที่ 6 มีค่าต่ำสุดที่สุด และกลุ่มที่ 4 มีค่าการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักมากที่สุดที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) สำหรับคะแนนรูปร่าง และคะแนนสีของมูลสุกร ทั้ง 10 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า สุกรกลุ่มที่ 5 มีแนวโน้มทางด้านประสิทธิภาพการผลิตที่ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งสุกรกลุ่มที่ 5 ได้รับอาหารที่เสริมด้วยสารเสริมในปริมาณ 0.5% ของสูตรอาหาร โดยที่ส่วนผสมดังกล่าว ประกอบด้วย น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู สะระแหน่ และผิวส้ม อย่างละ 0.06 % และกรดอินทรีย์ ที่ประกอบด้วย กรดฟิวมาลิค กรดแลคติค และกรดซิตริค อย่างละ 0.11 % อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองดังกล่าว ยังไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่นอน เนื่องจากเป็นเพียงค่าแนวโน้มที่ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมสารเสริมใดๆ ดังนั้นจึงต้องนำมาพิจารณาประกอบกับการทดลองค่าการย่อยได้ของสารอาหารต่างๆ เพื่อทดสอบคุณสมบัติของสารเสริมในอาหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร จากผลการทดลองตารางที่ 4.9 พบว่า ที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสารเสริมในระดับดังกล่าว มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของสารอาหารได้แก่

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน สุกรกลุ่มที่ 5 ดีกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับสุกรในกลุ่มที่ 7

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงาน สุกรกลุ่มที่ 5 ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ (P<0.05) แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 7

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ เยื่อใยสุกรกลุ่มที่ 5 ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ (P<0.05) แต่แตกต่าง **อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 7 และกลุ่มที่ 8**

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันของสุกรกลุ่มที่ 5 ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ (P<0.05) แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 8

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้าของสุกรกลุ่มที่ 5 ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ (P<0.05) แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 7

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแคลเซียมของสุกรกลุ่มที่ 5 ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$) แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 4, 7 และกลุ่มที่ 8

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของฟอสฟอรัสของสุกรกลุ่มที่ 5 ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$) แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2, 3, 7 และกลุ่มที่ 9

จากค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ของโภชนะต่างๆ พบว่าอาหารสูตรที่ 5 ที่เสริมด้วยสารเสริมในปริมาณ 0.5% ของสูตรอาหาร โดยที่ส่วนผสมดังกล่าว ประกอบด้วย น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู สะระแหน่ และผิวส้ม อย่างละ 0.06 % และกรดอินทรีย์ ที่ประกอบด้วย กรดฟิวมาลิค กรดแลคติค และกรดซิตริค อย่างละ 0.11 % ให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ รวมทั้งดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่เสริมสารเสริมใดๆ ของค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและโปรตีน ซึ่งสอดคล้องกับผลของการทดลองที่ 1 ซึ่งพบว่าสุกรที่ได้รับอาหารสูตร 5 ดังกล่าวมีแนวโน้มทางด้านประสิทธิภาพการผลิตที่ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สารเสริมที่มีส่วนผสมน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู สะระแหน่ และผิวส้ม อย่างละ 0.06 % และกรดอินทรีย์ ที่ประกอบด้วย กรดฟิวมาลิค กรดแลคติค และกรดซิตริค อย่างละ 0.11 % ในระดับการใช้ในอาหาร 0.50% มีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นสารเสริมในอาหารสุกรหลังหย่านมได้ และเป็นสูตรที่เลือกไปใช้พัฒนาต่อในการศึกษาวิจัยโครงการที่ 4 ต่อไป

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการผลิต และคะแนนมูลของลูกสุกรที่ได้รับอาหารทดสอบเสริมด้วยน้ำมันหอมระเหย และกรดอินทรีย์ในสัดส่วนต่างๆ

รายการ	กลุ่มทดลองที่										SEM
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
จำนวนตัว	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน)	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
นน.เริ่ม (กก.)	7.36	7.08	7.33	8.01	7.54	7.14	7.01	7.00	6.49	6.71	0.15
นน.สุดท้าย (กก.)	15.78	15.08	15.16	15.62	17.00	13.36	15.81	15.73	14.89	14.35	0.36
นน. เพิ่ม (กก.)	8.41^{ab}	8.00^{ab}	7.84^{ab}	7.65^{ab}	9.46^{a}	6.23^{b}	8.80^{ab}	8.73^{ab}	8.40^{ab}	7.64^{ab}	0.27
อาหารที่กินทั้งหมด (กก.)	16.82	16.16	15.59	15.91	17.81	14.19	16.71	17.56	17.08	14.81	0.37
อาหารที่กินได้ต่อวัน (กก./วัน)	0.40	0.39	0.37	0.38	0.42	0.34	0.40	0.42	0.41	0.35	0.01
อัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน)	201^{ab}	189^{ab}	186^{ab}	184^{ab}	225^{a}	147^{b}	207^{ab}	207^{ab}	200^{ab}	181^{ab}	0.01
อัตราการแลกน้ำหนัก (FCR)	2.03^{ab}	2.08^{ab}	2.01^{ab}	2.26^{b}	1.97^{ab}	1.55^{a}	1.93^{ab}	2.09^{ab}	2.07^{ab}	1.95^{ab}	0.06
คะแนนมูลสุกร[1/]											
รูปร่าง	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0.057
สี	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	0.056

[a, ab, b] ระหว่างแถวแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

[1/] ดัชนีแสดงรูปร่างและสีของมูลระหว่างการทดลอง ดังนี้ รูปร่าง 1= แข็งคงรูปได้ดี และรูปร่าง 5= เหลวเป็นน้ำ ; สี 1= ดำ และสี 5= เหลือง

4.1.2 การทดลองที่ 2: ศึกษาการย่อยและใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะของสุกร

ตารางที่ 4.4 แสดงสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะเฉลี่ยของสุกรที่ได้รับอาหารทดสอบเสริมด้วยน้ำมันหอมระเหย และกรดอินทรีย์ในสัดส่วนต่างๆ

กลุ่มทดลอง	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ							
	วัตถุแห้ง	โปรตีน	พลังงาน	เยื่อใย	ไขมัน	เถ้า	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
1	0.91^{bc}	0.92^{bcd}	0.94^{ab}	0.87^{abc}	0.92^{ab}	0.84^{ab}	0.94^{ab}	0.85^{abcd}
2	0.85^{d}	0.90^{cde}	0.88^{de}	0.83^{cde}	0.90^{abc}	0.80^{bc}	0.90^{bcd}	0.86^{abc}
3	0.85^{d}	0.87^{c}	0.91^{bcd}	0.83^{cde}	0.87^{cde}	0.81^{bc}	0.89^{d}	0.84^{abcd}
4	0.85^{d}	0.84^{f}	0.94^{ab}	0.79^{ef}	0.85^{de}	0.83^{abc}	0.92^{abcd}	0.81^{cd}
5	0.95^{a}	0.96^{a}	0.97^{a}	0.91^{a}	0.94^{a}	0.86^{a}	0.95^{a}	0.88^{a}
6	0.85^{d}	0.88^{de}	0.87^{e}	0.77^{f}	0.83^{e}	0.79^{bc}	0.88^{d}	0.80^{d}
7	0.92^{ab}	0.93^{ab}	0.94^{ab}	0.90^{ab}	0.89^{bcd}	0.82^{abc}	0.90^{bcd}	0.87^{ab}
8	0.91^{bc}	0.93^{bc}	0.92^{bc}	0.89^{ab}	0.90^{abc}	0.81^{bc}	0.92^{abcd}	0.85^{abcd}
9	0.88^{cd}	0.90^{cde}	0.91^{bcd}	0.83^{ef}	0.87^{cde}	0.82^{abc}	0.93^{abc}	0.84^{abcd}
10	0.86^{d}	0.89^{de}	0.89^{cde}	0.86^{bcd}	0.84^{e}	0.79^{c}	0.89^{d}	0.82^{bcd}
SEM	0.005	0.005	0.006	0.004	0.005	0.004	0.004	0.005

[a, b] ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีอักษรยกกำลังแตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

4.2 โครงการที่ 2: การเตรียมสารพรีไบโอติคจากกล้วยดิบเพื่อเป็นอาหารเสริมในสุกร

Prebiotic Preparation from Raw Banana as Pig Feed Supplements.

4.2.1 การศึกษาร้อยละของผลผลิต(ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

จากการศึกษาร้อยละของผลผลิต(ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) หาได้จาก

ร้อยละของแป้งกล้วยที่ได้ = (น้ำหนักแห้งของผลผลิต/น้ำหนักแห้งเริ่มต้น) × 100

ในสภาวะเริ่มต้นของวัตถุดิบกล้วยทั้งสองชนิดที่ใช้ในการทดลองคือกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องและกล้วยหักมุกพันธุ์พื้นเมืองมีปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 65.70 และ 69.12 ตามลำดับ เมื่อนำมาสกัดสตาร์ชด้วยวิธีการ โม่เปียกจะได้สตาร์ชที่มีปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 12.23 และ 14.06 ตามลำดับ เมื่อนำมาหาปริมาณร้อยละขอผลผลิตโดยน้ำหนักแห้งให้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 4.5 แสดงร้อยละของผลผลิต(โดยน้ำหนักแห้ง) ของสตาร์ชกล้วยน้ำว้า และกล้วยหักมุกจากการเตรียมโดยวิธีโม่เปียก(wet milling)

ชนิดกล้วย	น้ำหนักแห้ง(กรัม)		ร้อยละของผลผลิต
	เนื้อล้วน	แป้งกล้วย	
กล้วยน้ำว้า	12487.00	1717.40	13.75
กล้วยหักมุก	11242.00	1632.86	14.52

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าร้อยละของผลผลิต(โดยน้ำหนักแห้ง) ของสตาร์ชจากกล้วยน้ำว้าและกล้วยหักมุกที่เตรียมจากกล้วยสดด้วยวิธีโม่เปียกให้ผลผลิตร้อยละ 13.75 และ 14.52 ตามลำดับปริมาณผลผลิตที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันซึ่งกล้วยทั้งสองชนิดนี้จัดเป็นกล้วยชนิด plantain ซึ่งจะมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ค่อนข้างสูงกว่า กล้วยหอมหรือกล้วยไข่

4.2.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีตามวิธี AOAC (AOAC,1990)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสตาร์ชกล้วยทั้งสองชนิดตามวิธีการของ AOAC 1990 ให้ผลตามตารางที่ 4.2 เป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบทางเคมีวิธี AOAC,1990 (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

ชนิดกล้วย	เยื่อใย	เถ้า	ไขมัน	โปรตีน	คาร์โบไฮเดรต
กล้วยน้ำว้า	2.02±0.47	0.59±0.04	0.23±0.06	0.86±0.04	96.30±0.03
กล้วยหักมุก	1.82±0.40	0.55±0.04	0.21±0.1	0.44±0.02	96.98±0.1

หมายเหตุ :

ค่าที่ได้แสดงในรูปของ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

= (100-ร้อยละของโปรตีน-ร้อยละของไขมัน- ร้อยละของเส้นใยหยาบ- ร้อยละของเถ้า)

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีของสตาร์ชกล้วยทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน **แต่ที่**ต่างกันชัดเจนคือปริมาณโปรตีนในสตาร์ชกล้วยหักมุกมีค่าน้อยกว่าในกล้วยน้ำว้า และปริ**มาณ**คาร์โบไฮเดรตในรูปของ nitrogen free extract อยู่ที่ร้อยละ 96.30และ96.98 ตามลำดับ

จากคุณสมบัติขององค์ประกอบทางเคมีเห็นได้ว่าสตาร์ชจากกล้วยน้ำว้าและกล้วยหัก**มุกมี**องค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกันและมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในปริมาณสูงถึงร้อยละ96 ซึ่งเป็น**ปัจจัย**หนึ่งที่จะเตรียมไปผลิต Resistant starch

4.2.3 การศึกษาสีของสตาร์ชกล้วยน้ำว้า และกล้วยหักมุก

ในการศึกษาคุณสมบัติทางด้านสีของสตาร์ชที่ได้จากกล้วยทั้งสองชนิดด้วยเครื่อง Hunter lab **ผลที่**ไดแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.7 ค่าสีโดยวิธี Hunter lab

สตาร์ช	L*	a*	b*
กล้วยน้ำว้า	81.27	3.07	13.01
กล้วยหักมุก	86.86	1.10	12.42

จากตารางที่ 4.7 พบว่าแป้งกล้วยน้ำว้ามีค่า L*(ค่าความสว่าง) a*(ค่าสีแดง) และ b*(ค่าสีเหลือง) **คือ** 81.27 , 3.07 และ 13.01 ตามลำดับ และ แป้งกล้วยหักมุกคือ 86.86 , 1.10 และ 12.42 ตามลำดับพบว่าแป้งกล้วยน้ำว้ามีสีคล้ำกว่าแป้งกล้วยหักมุกทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในกล้วยน้ำว้าจะเป็นพวกน้ำตาลที่สามมารถเกิดปฏิกิริยาให้สีน้ำตาลได้ดีกว่า แต่ในกล้วยหักมุกจะมีสารสีจำพวก แคโรทีนอยด์ ซึ่งจะให้สีเหลืองที่ค่อนข้างสว่างกว่าเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนในระดับหนึ่งจึงไม่ส่งผลต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมากนักจึงทำให้สตาร์ชจากกล้วยน้ำว้ามีสีคล้ำกว่าค่อนข้างชัดเจน

4.2.4 การศึกษาปริมาณอะมิโลสของแป้งกล้วยน้ำว้า และแป้งกล้วยหักมุก

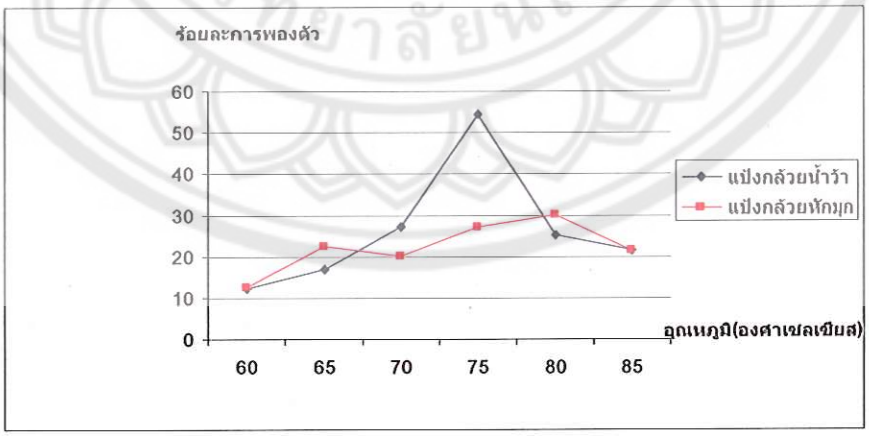
ปริมาณอะมิโลสและอิโลเพคตินวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการเกิดสี ซึ่งดัดแปลงวิธีการจาก Knotson แสดงผลในตารางที่ 4.8 ในรูปของร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 4.8 ปริมาณอะมิโลสของสตาร์ชกล้วยน้ำว้า และกล้วยหักมุก

ชนิดกล้วย	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง		อัตราส่วน
	อะมิโลส*	อะมิโลเพคติน**	อะมิโลส/อะมิโลเพคติน
กล้วยน้ำว้า	11.90	88.10	0.13
กล้วยหักมุก	11.10	88.90	0.12

จากตารางที่ 4.8 พบว่าแป้งกล้วยน้ำว้ามีปริมาณอะมิโลส (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) คือ 11.90 ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าแป้งกล้วยหักมุก คือ 11.10 จะเห็นได้ว่าปริมาณของอะมิโลสที่ได้มีค่าในช่วงเดียวกับกลุ่มของ Plantains จากงานวิจัยของ Eggleston และคณะ 1992 ซึ่งมีปริมาณของอะมิโลสอยู่ที่ร้อยละ 11.1-11.9 และในกลุ่มของ Plantains hybrids จะอยู่ที่ร้อยละ 9 - 12 ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากปริมาณของอะมิโลสที่วิเคราะห์ได้จากสตาร์ชกล้วยทั้งสองชนิดในท้องที่จังหวัดพิษณุโลกที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีการโม่เปียกจึงเหมาะสมที่จะนำมาศึกษาการเป็นพรีไบโอติกต่อไป เนื่องจากปริมาณอะมิโลสเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการนำแป้งกล้วยน้ำว้าไปผลิต Resistant starch

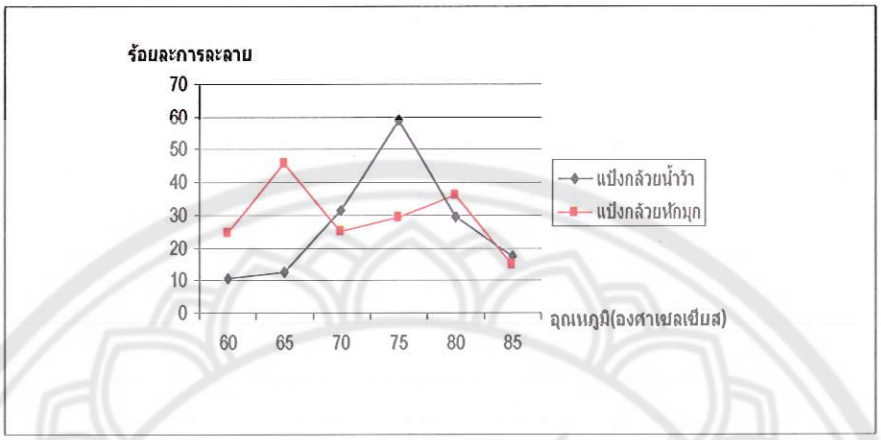
4.2.5 การศึกษาการพองตัวและการละลายของสตาร์ชกล้วยน้ำว้า และกล้วยหักมุก



ภาพที่ 4.1 การพองตัวของแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหักมุก

จากภาพที่ 4.1 สตาร์ชจากกล้วยน้ำว้ามีการพองตัวได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส และกล้วยหักมุกมีการพองตัวได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 80องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าความสามารถในการพองตัวหรือการ

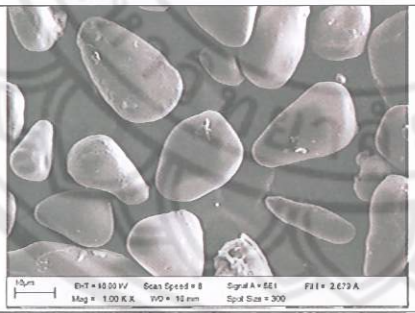
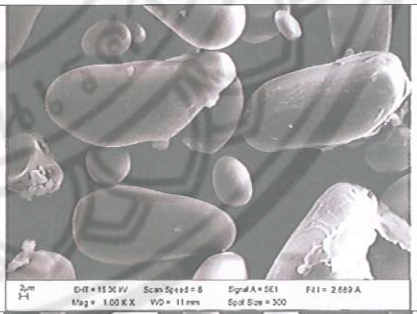
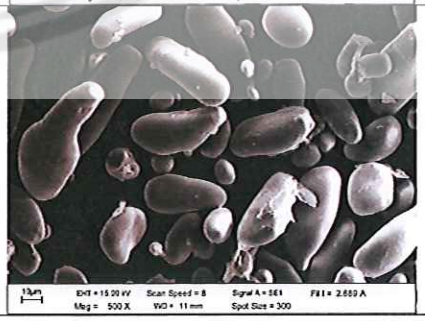
ดูดซึมน้ำในชั้นของผลึกเม็ดสตาร์ชนั้น ในกล้วยน้ำว้าสามมารถเกิดได้ที่ช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่ากล้วยหักมุกซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Kayisu และคณะ 1981 พบว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการพองตัวของสตาร์ชจากกล้วยนั้นจะอยู่ในช่วง 70-80 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.2 การละลายของแป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งกล้วยหักมุก

จากภาพที่ 4.2 แป้งกล้วยน้ำว้ามีการละลายได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 75 °C และแป้งกล้วยหักมุกมีการละลายได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 65 °C เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วแป้งกล้วยน้ำว้ามีร้อยละการละลายได้สูงกว่าแป้งกล้วยหักมุก

4.2.6 การศึกษาลักษณะเม็ดสตาร์ชกล้วยน้ำว้าและสตาร์ชกล้วยหักมุก โดย Scaning electron microscopy(SEM)

	สตาร์ชกล้วยน้ำว้า	สตาร์ชกล้วยหักมุก
1000X		
500X		

ภาพที่ 4.3 ลักษณะเม็ดแป้งกล้วยน้ำว้าและกล้วยหักมุก

จากภาพที่ 4.3 เป็นภาพที่ได้จาก Scaning electron microscopy(SEM) หรือกล้องจุลทรรศน์แบบอิเลคตรอนที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิวอย่างละเอียดของเม็ดแป้งได้เนื่องจากกล้องจุลทรรศน์มีกำลังขยายสูง สามารถดูเม็ดแป้งขนาด 70 อังสตรอม หรือเล็กกว่านั้นได้และตรวจลักษณะเม็ดแป้งเพื่อให้ทราบขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งตรวจสอบความเสียหายของเม็ดแป้งในภาวการณ์ทดลองต่างๆ ในกรณีของ Resistant starch จะใช้ SEM ตรวจดูลักษณะและความแน่นของผลึกภายใน Resistant starch ซึ่งจากการศึกษาลักษณะของเม็ดสตาร์ชกล้วยน้ำว้าและสตาร์ชกล้วยหักมุกที่กำลังขยาย 500X และ 1000X สตาร์ชที่ได้มีลักษณะรูปร่างเป็นวงรีรูปไข่ ผิวของเม็ดสตาร์ชค่อนข้างเรียบซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะบ่งบอกถึงการจัดเรียกตัวแบบแน่นหนาในระดับโครงร่างผลึกซึ่งจะยากต่อการที่สารย่อยจะเข้าทำลายที่ผิวของเม็ดแป้งจึงทำให้เม็ดแป้งเหล่านี้มีสมบัติที่ยากต่อการย่อยในสภาวะธรรมชาติซึ่งเป็นลักษณะเด่นอันหนึ่งของ resistant starch เม็ดแป้งมีความสมบูรณ์และมีสิ่งเจือปนบางส่วนซึ่งได้แก่พวกโพลีแซคคาไรด์ เซลลูโลส ลิกนิน ติดอยู่บนพื้นผิวของแป้งอันเนื่องมาจากขั้นตอนการล้างในช่วงของการเตรียมสตาร์ชจากกล้วยทั้งสองชนิดที่ล้างออกได้ยาก

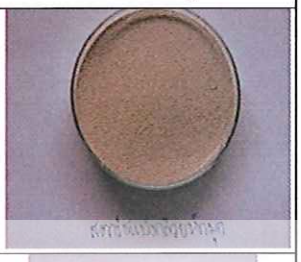
4.2.7 การเตรียมพรีไบโอติกและการศึกษาสมบัติบางประการ

4.2.7.1 ร้อยละของผลผลิตพรีไบโอติกจากสตาร์ชกล้วย

การเตรียมพรีไบโอติกจากสตาร์ชกล้วยทั้งสองชนิดโดยดัดแปลงวิธีการจาก Hofvendahl et al., 1999; Kasaoka et al., 1999) .ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.9 โดยพรีไบโอติกที่ได้จากสตาร์ชกล้วยทั้งสองชนิดมีปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 13 และ 11.8 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 ร้อยละโดยน้ำหนักแห้งของปริมาณพรีไบโอติก(โอลิโกแซคคาไรด์)

	น้ำหนักแห้ง(กรัม)		ร้อยละของผลผลิต
	สตาร์ช	โอลิโกแซคคาไรด์	
กล้วยน้ำว้า	2457.56	1685.08	68.57
กล้วยหักมุก	2406.32	1663.24	69.12

		กล้วยน้ำว้า	กล้วยหักมุก
สตาร์ช			
พรีไบโอติก			

ภาพที่ 4.4 ลักษณะของสตาร์และสารพรีไบโอติกที่เตรียมจากกล้วย

จากการศึกษาร้อยละของผลผลิตของสตาร์ชจากกล้วยสดสองชนิดในระยะเก็บเกี่ยวคือกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องและกล้วยหักมุกพันธุ์พื้นเมืองในท้องที่จังหวัดพิษณุโลกแล้วนำมาสกัดสตาร์ชด้วยวิธีการ โม่เปียก (wet milling) พบว่า ร้อยละของผลผลิตโดยน้ำหนักแห้งของสตาร์ชกล้วยน้ำว้าเท่ากับ 13.75และจากกล้วยหักมุก 14.52 เมื่อพิจารณาองค์ประกอบางเคมีพบว่าคุณสมบัติของสตาร์ชทั้งสองชนิดใกล้เคียงกัน มีเพียงปริมาณโปรตีนจากกล้วยหักมุกที่ต่ำกว่าในกล้วยน้ำว้าอย่างเด่นชัด สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตซึ่งค่อนข้างสูงถึงร้อยละ96 จึงทำให้สตาร์ชจากกล้วยทั้งสองชนิดเหมาะสมในการเตรียมเป็นพรีไบโอติกเพราะมีคุณสมบัติในการเป็นResistant starch

การวัดสีจะเห็นว่าแป้งกล้วยน้ำว้ามีค่า L*(ค่าความสว่าง) a*(ค่าสีแดง) และ b*(ค่าสีเหลือง) คือ 81.27 , 3.07 และ 13.01 ตามลำดับ และ แป้งกล้วยหักมุกคือ 86.86 , 1.10 และ 12.42 ตามลำดับ พบว่า แป้งกล้วยน้ำว้ามีสีคล้ำกว่าแป้งกล้วยหักมุก

การศึกษาปริมาณอะมิโลส จะพบว่าสตาร์ชกล้วยน้ำว้ามีปริมาณอะมิโลส (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) คือ 11.90 และในกล้วยหักมุก คือ 11.10 ซึ่งเป็นปริมาณใกล้เคียงกับกล้วยในกลุ่มของ plantain อยู่ในช่วง 9-12 เนื่องจากปริมาณอะมิโลสเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการนำไปผลิต Resistant starch โดยทำให้คุณสมบัติของแป้งแตกต่างกัน และมีปริมาณอะมิโลสสูงสามารถผลิต Resistant starch ได้สูง และปริมาณอะมิโลสมีผลต่อการเกิดรีโทรเกรเดชัน

การพองตัวและการละลายแป้งกล้วยน้ำว้ามีการพองตัวได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 75 °C และแป้งกล้วยหักมุกมีการพองตัวได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 80 °C เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วแป้งกล้วยน้ำว้ามีร้อยละการพองตัวได้สูงกว่าแป้งกล้วยหักมุก

แป้งกล้วยน้ำว้ามีการละลายได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 75 °C และแป้งกล้วยหักมุกมีการละลายได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 65 °C เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วแป้งกล้วยน้ำว้ามีร้อยละการละลายได้สูงกว่าแป้งกล้วยหักมุก

จากลักษณะของเม็ดแป้งเมื่อตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเลคตรอนแบบส่องกราด Scaning electron microscopy(SEM) หที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิวอย่างละเอียดของเม็ดแป้งได้ เนื่องจากกล้องจุลทรรศน์มีกำลังขยายสูง สามารถดูเม็ดแป้งขนาด 70 อังสตรอม หรือเล็กกว่านั้นได้และตรวจลักษณะเม็ดแป้งเพื่อให้ทราบขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งตรวจสอบความเสียหายของเม็ดแป้งในภาวการณ์ทดลองต่างๆ ในกรณีของ Resistant starch จะใช้ SEM ตรวจดูลักษณะและความแน่นของผลึกภายใน Resistant starch ซึ่งจากการศึกษาลักษณะของเม็ดสตาร์ชจากกล้วยั้งสองชนิด มีลักษณะเป็นวงรีรูปไข่ เม็ดแป้งมีความสมบูรณ์และมีแปลกปลอมที่เป็นโพลีแซคคาไรด์ เซลลูโลส ลิกนิน ปะปนอยู่บางส่วนในช่วงของการล้างเม็ดแป้ง

เมื่อนำมาผลิตเป็นพรีไบโอติกพบว่าร้อยละของผลผลิตโดยน้ำหนักแห้งจากสตาร์ชกล้วยทั้งสองชนิดอยู่ที่ 68.57 และ 69.12. ในกล้วยน้ำว้าและกล้วยหักมุกตามลำดับ แต่เมื่อนำมาวิเราะห์หาปริมาณของโอลิโกแซคคาไรด์ พบว่าอยู่ที่ร้อยละ 68 และ 64.5ตามลำดับทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะของเม็ดแป้งและการจัดเรียงตัวในรูปโครงร่างผลึกของสตาร์ชจากกล้วยทั้งสองชนิดมีผิเรียบการเรียงตัวแน่นหนาจึงทำให้ย่อยโดยสภาวะตามธรรมชาติได้ยากและร้อยละของผลผลิตการเตรียมพรีไบโอติด้วยวิธีการนี้ให้ปริมาณในระดับปานกลาง ทำให้ได้ปริมาณโอลิโกแซคคาไรด์ไม่สูงมากนัก แต่กล้วยทั้งสองชนิดนี้มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นสารพรีไบโอติกเพื่อศึกษาในเชิงลึกต่อไป

4.3 โครงการที่ 3: การเตรียมสารพรีไบโอติคจากชานอ้อยเพื่อเป็นอาหารเสริมในสุกร

Prebiotic Preparation from Sugarcane Bagasse as Pig Feed Supplements.

การเตรียม xylo-oligosaccharide สามารถทำได้โดยการนำชานอ้อยที่เป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำตาลมาย่อยเพื่อให้ได้ Oligosaccharides ชนิด xylo-oligosaccharide (XOS) ซึ่งเป็น Prebiotics ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไปเป็นอาหารเสริมให้แก่สุกรได้

4.3.1 วิธีการเตรียม xylo-oligosaccharide

1.1 นำชานอ้อยที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำตาลมาบดให้มีขนาดน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร

1.2 ชั่งชานอ้อยที่บดแล้ว 10 กรัม เติมกรดฟอสฟอริกเจือจาง 4% ลงไป 100 มิลลิลิตร ในฟลาก์สขนาด 250 มิลลิลิตร คนผสมให้ชานอ้อยบดและกรดเจือจางเข้ากัน ปิดจุกสำลีและคลุมจุกสำลีด้วยกระดาษ

1.3 นำไปให้ความร้อนโดยใช้ Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 40 นาที เพื่อให้ได้น้ำตาล xylo-oligosaccharide

1.4 ทำการกรองแยกกากชานอ้อยออกจากสารละลายน้ำตาล xylo-oligosaccharide โดยการกรองรอบแรกเป็นการกรองแบบหยาบคือใช้ผ้าขาวบางกรองก่อน จากนั้นกรองโดยใช้เครื่องกรองความดันจะได้สารละลายน้ำตาล xylo-oligosaccharide ที่ใสและมีสภาวะเป็นกรด

1.5 ทำการปรับค่า pH ให้เป็นกลางโดยใช้ NaOH

1.6 นำไปวิเคราะห์หา ปริมาณ xylo-oligosaccharide โดยวิธีพาราโบรโมเอนิลีน

4.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณ xylo-oligosaccharide

การวิเคราะห์หาปริมาณ xylo-oligosaccharide ซึ่งเป็นน้ำตาลเพนโทสสามารถทำได้โดยการประยุกต์ใช้วิธีพาราโบรโมเอนิลีน (Deschatelets and Yu, 1986) โดยอาศัยการเกิดเฟอฟิวรัล (furfural) ของเพนโทสในสารละลายกรดแอซีติกที่มี thiourea อยู่ แล้วเติม ρ-bromoanilline เพื่อทำปฏิกิริยากับเฟอฟิวรัลได้เป็นสารละลายสีชมพู

4.3.2.1 สารเคมี

- ρ-bromoanilline reagent เตรียมโดยละลาย thiourea ประมาณ 4 กรัมในกรดแอซีติกเข้มข้นปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วแยกสารละลายอิ่มตัวออกมา (กรดแอซีติกอิ่มตัวด้วย thiourea) จากนั้นละลาย ρ-bromoanilline 2 กรัม ลงในสารละลายอิ่มตัวที่แยกออกมา
- สารละลายไซโลสมาตรฐานความเข้มข้น 1.0 กรัมต่อลิตร เตรียมโดยละลายไซโลส 0.1000 กรัมในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

- จากนั้นเจือจางให้ได้สารละลายไซโลสมาตรฐานความเข้มข้นตั้งแต่ 0-0.5 กรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าการเจือจางให้ได้สารละลายไซโลสมาตรฐาน

หลอดที่	สารละลายไซโลสมาตรฐาน(1.0 g/L) (mL)	น้ำกลั่น (mL)	สารละลายไซโลสมาตรฐาน (g/L)
1	0.0	10.0	0
2	1.0	9.0	0.1
3	2.0	8.0	0.2
4	3.0	7.0	0.3
5	4.0	6.0	0.4
6	5.0	5.0	0.5

4.3.2.2 วิธีการทดลอง

- ปีเปตสารละลายตัวอย่าง (จากข้อ 1.5) ที่มีไซโลสไม่เกิน 0.5 กรัมต่อลิตร หรือสารละลายไซโลสมาตรฐาน(ความเข้มข้น 0-0.5 กรัมต่อลิตร) ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง ถ้าสารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้นไซโลสเกิน 0.5 กรัมต่อลิตร ให้ทำการเจือจางให้อยู่ในช่วง Standard curve
- เติม ρ-bromoanilline reagent ลงๆไป 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
- นำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที
- ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว แล้วบ่มต่อในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 70 นาที
- วัดค่าความดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร
- นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากสารละลายไซโลสมาตรฐานความเข้มข้นตั้งแต่ 0-0.5 กรัมต่อลิตร ไปสร้างกราฟมาตรฐาน และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากสารละลายตัวอย่างไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้นของไซโลสในสารละลายตัวอย่าง หรือคำนวณได้จาก

ความเข้มข้นของไซโลส (g/L)

จากการเตรียม xylo-oligosaccharide ที่ได้จากชานอ้อยบดโดยการย่อยด้วยการใช้กรดฟอสฟอริกเจือจาง และความร้อนเมื่อนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยมาหาวิเคราะห์หาปริมาณ xylo-oligosaccharide ด้วยวิธีพาราโบรโมเอนิลีนพบว่าในสารละลายตัวอย่างมีปริมาณ oligosaccharide เทียบเท่ากับปริมาณไซโลส 12.60 กรัมต่อลิตร

ภาพที่4.5 ลักษณะของชานอ้อยที่ใช้สำหรับเตรียมพรีไบโอติก

<u>โครงการวิจัยที่ 4</u> : **การศึกษาการเสริมผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจาก กล้วยดิบและชานอ้อย ในอาหารสุกรหลังหย่านม**

Study of Essential Oil-Organic Acid Product Supplementation with Prebiotic from Raw Banana and Sugarcane Bagasse in Weaned Pig Diets.

ผลิตภัณฑ์ขั้นต้นที่ได้จากน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ (Primary Product from Essential Oil and Organic Acids; PPEOOA) ที่มีสัดส่วนและระดับการใช้ที่เหมาะสม จากผลการทดลองโครงการที่ 1 และนำมาเพิ่มศักยภาพของคุณสมบัติเป็นสารเสริมในอาหารสุกรคือ RBP และ SBP (ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 เรียกส่วนผสมนี้ว่า RBP-SBP) ในอัตราส่วนการใช้ PPEOOA : RBP, PPEOOA : SBP, PPEOOA : RBP-SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5 และ 1 % ในอาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริมสารใดๆ เลย

ทำการทดลองในสุกรลูกผสมหลังหย่านม ดูรอค x (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) หย่านมที่อายุ 21 วัน จำนวน 56 ตัว สุ่มสุกรแบ่งออกเป็น กลุ่ม ๆ ละ 8 ตัว โดยมีเพศผู้และเพศเมียในแต่ละกลุ่มจำนวนเท่าๆ กันทุกกลุ่มการทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูณ์ (Completely Randomized Design) ทำการเลี้ยงในคอกขังเดี่ยว เลี้ยงสุกรบนกรงตับขังเดี่ยวเป็นเวลา 42 วัน หรือ 6 สัปดาห์ สุกรจะได้รับอาหารและน้ำเต็มที่ การประกอบสูตรอาหารฐานจะใช้แหล่งวัตถุดิบอาหารหลัก คือ ข้าวโพด และกากถั่วเหลือง และหางนมเป็นหลัก โดยปรับให้มีระดับโภชนะตามคำแนะนำของ NRC (1998) ซึ่งกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหาร ได้แก่

กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ได้รับอาหารฐานเพียงอย่างเดียว

กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%

กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%

กลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%

กลุ่มที่ 5 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%

กลุ่มที่ 6 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP-SBP ในอัตราส่วนการใช้ 1:1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%

กลุ่มที่ 7 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP-SBP ในอัตราส่วนการใช้ 1:1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1 %

สุ่มสุกรแต่ละกลุ่มให้ได้รับอาหารทดลอง 1 ใน 7 ชนิด บันทึกน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นทดลอง น้ำหนักเพิ่มทุกๆ สัปดาห์และน้ำหนักสุดท้ายของการทดลอง รวมทั้งปริมาณอาหารที่สุกรกินแต่ละวัน เพื่อทำการคำนวณหาสมรรถภาพการผลิตต่างๆ นอกจากนี้ยังบันทึกสุขภาพของลูกสุกร เพื่อวัดอัตราการเกิดท้องเสียของสุกร โดยดูจากลักษณะรูปร่าง และสีของมูลสุกร ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลองโดย

วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple range Test (Steel and Torrie, 1980)

ผลการทดลองประสิทธิภาพการผลิตของลูกสุกรที่ได้รับอาหารเสริมด้วย ส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจาก กล้วยดิบและชานอ้อย ในอาหารสุกรหลังหย่านมผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.11 พบว่า เมื่อเลี้ยงสุกรเสริมด้วยส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจาก กล้วยดิบ ในกลุ่มที่ 2 และ 3 ให้ผลด้านประสิทธิภาพการผลิต ได้แก่ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกน้ำหนัก และปริมาณอาหารที่กินได้ รูปร่างและสี ของมูลสุกร รวมทั้งอัตราการถ่ายเหลวของลูกสุกร ไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มที่เสริม PPEOOA : RBP 1:1 อัตราการเสริมในอาหาร 1% มีแนวโน้มของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด ดีกว่ากลุ่มควบคุม และดีกว่าสุกรกลุ่มที่ 4 และ 5 ซึ่งเลี้ยงสุกรเสริมด้วยส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจากชานอ้อย ที่การเสริม 0.5 และ1 % ในอาหาร

จากผลการใช้พรีไบโอติคที่ผลิตจากชานอ้อย เสริมร่วมกับส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ (กลุ่มที่ 4 และ 5) ปรากฏว่า ทำให้ลูกสุกรกินอาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมด้วยส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจาก กล้วยดิบ (กลุ่มที่ 1, 2 และ 3) แต่เมื่อเสริมพรีไบโอติคจากกล้วยดิบเข้าไปในอาหารที่ผสมพรีไบโอติคจากชานอ้อย แล้วใช้ส่วนผสมดังกล่าวผสมในอาหารในระดับ 0.5 และ 1% (สุกรกลุ่มที่ 6 และ 7) พบว่า ช่วยให้สุกรกินอาหารได้มากขึ้นตามระดับการใช้ พรีไบโอติคจากกล้วยดิบ จนทำให้ ทั้งอัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักเพิ่ม และอัตราแลกน้ำหนัก ถึงแม้จะยังมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมด้วยส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจาก กล้วยดิบ ในกลุ่มที่ 2 และ 3 แต่ผลที่ได้แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และให้ผลไปในแนวทางเดียวกันกับลักษณะของมูลและอัตราการเกิดการถ่ายเหลว ซึ่งแสดงให้เห็นว่า พรีไบโอติคจากกล้วยดิบ ซึ่งมีองค์ประกอบของ fructo-oligosacharide 68 % มีผลในการช่วยให้สุกรกินอาหารได้เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการผลิตดีขึ้น อาจมีเหตุผลเช่นจากรายงานของ Mikkelson and Jensen (2004) พบว่า FOS มีผลต่อรูปแบบการหมักย่อยในทางเดินอาหารส่วนปลายของสุกร ช่วยเพิ่มปริมาณของกรด butyric และลดปริมาณกรด acetic รวมถึงเพิ่มปริมาณของยีสต์ อีกด้วย นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่ม saccharolytic activity ทำให้การย่อยได้ของ NFE, NDF และ hemicellulose ในทางเดินอาหารสุกรเพิ่มขึ้น (Mountzouris et.al., 2006)

ในขณะเดียวกันพรีไบโอติคที่ได้จากชานอ้อยซึ่งอยู่ในรูปของเหลว และมีความเข้มข้นของ xylo-oligosaccharide เพียง 12.60 กรัมต่อลิตร ทำให้ต้องใช้ปริมาณพรีไบโอติคที่อยู่ในรูปของเหลวในปริมาณมาก รวมทั้งผลิตภัณฑ์ขั้นต้นดังกล่าวยังมีกลิ่นของ NaOH ที่ใช้ปรับสภาพกรดที่ใช้ย่อยให้เป็นกลาง ทำให้ความน่ากินลดลง จากการมีสารเคมีในปริมาณมากอยู่ส่วนผสมดังกล่าว ซึ่ง Sun et.al. (2004) รายงานว่าต้องมีขั้นตอนอีกหลายขั้นตอนในการปรับ pH และ การชะล้างเอาสารเคมีออกด้วย ethanol แล้วนำมาทำให้อยู่ในสภาพแห้ง น่าจะเหมาะสมกับการนำมาใช้มากกว่า

ตารางที่ 4.11 ประสิทธิภาพการผลิตของลูกสุกรที่ได้รับอาหารเสริมด้วย ส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจาก กล้วยดิบและชานอ้อย ในอาหารสุกรหลังหย่านม

รายการ	กลุ่มทดลอง*							SEM
	1	2	3	4	5	6	7	
จำนวนตัว	8	8	8	8	8	8	8	-
นน.เริ่ม	5.48	5.65	5.58	5.88	5.46	5.28	5.69	0.08
นน.สุดท้าย	14.86^{a}	14.68^{a}	15.00^{a}	12.78^{b}	11.49^{b}	12.98^{b}	13.30^{b}	0.30
นนเพิ่ม (กก.)	9.39^{a}	9.03^{a}	9.43^{a}	6.90^{b}	6.03^{b}	7.70^{ab}	7.61^{ab}	1.27
อัตราการเจริญเติบโต(ADG) (กก./วัน)	0.24^{a}	0.21^{ab}	0.24^{a}	0.16^{bc}	0.15^{c}	0.19^{abc}	0.19^{abc}	0.01
ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน)	42	42	42	42	42	42	42	-
อัตราการแลกน้ำหนัก (FCR)	1.90	1.94	1.95	2.11	2.10	2.03	2.10	0.04
อาหารที่กินทั้งหมด (กก.)	17.57^{a}	17.51^{a}	17.98^{a}	13.88^{bc}	12.55^{c}	15.01^{abc}	16.03^{ab}	0.43
อาหารที่กินได้ต่อวัน (กก./วัน)	0.42^{a}	0.42^{a}	0.43^{a}	0.33^{bc}	0.30^{c}	0.36^{abc}	0.38^{ab}	.010
คะแนนมูลสุกร								
รูปร่าง	2.44^{b}	2.40^{b}	2.28^{b}	2.71^{a}b	2.96^{ab}	2.71^{a}	2.52^{ab}	0.051
สี	2.46^{b}	2.34^{b}	2.26^{b}	2.9^{ab}	3.08^{ab}	2.58^{a}	2.79^{ab}	0.070
** การถ่ายเหลว (%)	12.84	10.10	9.70	18.25	18.29	20.00	16.37	2.02

$^{a, ab, b}$ ระหว่างแถวแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

* กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ได้รับอาหารฐานเพียงอย่างเดียว
กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%
กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%
กลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%
กลุ่มที่ 5 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%
กลุ่มที่ 6 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP-SBP ในอัตราส่วนการใช้ 1:1:1 ในอัตราเสริมในอาหาร 0.5%
กลุ่มที่ 7 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP-SBP ในอัตราส่วนการใช้ 1:1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1 %

** คะแนนลักษณะมูล: <u>รูปร่างมูล:</u> 1= แข็ง คงรูป เป็นพวง 2= คงรูปดี 3= คงรูปปานกลาง ค่อนข้างอ่อนตัว 4= คงรูปไม่ดี ค่อนข้างเหลว 5= เหลวเป็นน้ำ <u>สีมูล</u> : 1= ดำ 2= ดำปนเขียว 3= เขียวเหลืองเทา 4= เขียวเหลืองเทาปนเหลือง 5= เหลือง

<u>เปอร์เซ็นต์การเกิดท้องเสีย</u> = (จำนวนวันที่สุกรมีการถ่ายมูล มี คะแนนมูล รูปร่างมูล = 4, 5 และ สีมูล = 4, 5 ในวันเดียวกัน x 100วัน) / 42

สำหรับการศึกษาถึงพัฒนาการการปรับตัวของสุกร และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรเป็นรายสัปดาห์ ผลดังแสดงในตารางที่ 4.12 จะเห็นได้ว่า ในสัปดาห์แรก สุกรทดลองทุกกลุ่ม ได้รับผลกระทบจากการขนส่งเคลื่อนย้ายสุกรซึ่งใช้ระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 3-4 ชั่วโมง มาเข้าสู่หน่วยทดลอง ซึ่งมีสภาพ

ความเครียดสูง หลังจากนั้นอาหารมื้อแรกที่สุกรได้กิน จะเป็นอาหารทดสอบทันที จะเห็นได้ว่า กลุ่มที่เสริมด้วย ส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจาก กล้วยดิบ และชานอ้อย กลุ่มที่ 6 และ 7 ให้ผลด้านการเจริญเติบโตในสัปดาห์แรก เช่นเดียวกับกลุ่มควบคุม แต่ให้ผลด้านปริมาณอาหารที่กิน (ตารางที่ 4.12) ในสัปดาห์แรกต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวสุกรในกลุ่มที่ 5 ที่เสริมด้วย ส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจากชานอ้อย เพียงอย่างเดียว แต่ที่แตกต่างกันคือสุกรกลุ่มที่ 6 และ 7 สามารถปรับปริมาณการกินอาหารในสัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไปมากขึ้นตามระดับการเสริมส่วนผลดังกล่าวมาขึ้นจนใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับสุกรในกลุ่มที่ 2 และ 3 ซึ่งกลุ่มที่เสริมด้วย ส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจากกล้วยดิบ เพียงอย่างเดียว ก็สามารถปรับปริมาณการกินอาหารจนได้ประสิทธิภาพการผลิตใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมตั้งสัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป (ตารางที่ 4.11, 4.12 และ 4.13) และจุดที่น่าสังเกตุก็คือ สุกรกลุ่มที่ 3 ซึ่งเสริมส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย-กรดอินทรีย์ ร่วมกับแหล่งพรีไบโอติคจากกล้วยดิบ เพียงอย่างเดียว ในระดับการเสริม 1% ให้ความสม่ำเสมอของการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกินอาหาร ที่ค่อนข้างดี ซึ่งสุกรกลุ่มควบคุมมีแนวโน้ม ของการเพิ่มขึ้นที่ดีมากในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ถึง 5 แต่ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ถึง 4 เพิ่มขึ้นได้ไม่มากนัก

ตารางที่ 4.12 อัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน) เฉลี่ยรายสัปดาห์

กลุ่มทดลอง*	สัปดาห์ที่					
	1	2	3	4	5	6
กลุ่มที่ 1	0.04	0.16	0.22^{a}	0.26^{ab}	0.28	0.39^{a}
กลุ่มที่ 2	-0.02	0.18	0.19^{ab}	0.27^{a}	0.28	0.38^{a}
กลุ่มที่ 3	-0.004	0.16	0.23^{a}	0.26^{ab}	0.29	0.41^{a}
กลุ่มที่ 4	-0.02	0.11	0.15^{bc}	0.20^{bc}	0.21	0.34^{ab}
กลุ่มที่ 5	-0.02	0.12	0.12^{c}	0.18^{c}	0.20	0.26^{b}
กลุ่มที่ 6	0.05	0.16	0.12^{c}	0.21^{bc}	0.21	0.36^{a}
กลุ่มที่ 7	0.01	0.15	0.17^{abc}	0.21^{bc}	0.24	0.32^{ab}
SEM	0.0082	0.0075	0.0094	0.0093	0.0122	0.0121

$^{a, ab, b}$ ระหว่างคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

* กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ได้รับอาหารฐานเพียงอย่างเดียว
กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%
กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%
กลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%
กลุ่มที่ 5 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%
กลุ่มที่ 6 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP-SBP ในอัตราส่วนการใช้ 1:1:1 ในอัตราเสริมในอาหาร 0.5%

ตารางที่ 4.13 ปริมาณอาหารที่กิน(กก./สัปดาห์) เฉลี่ยรายสัปดาห์

กลุ่มทดลอง*	1	2	3	4	5	6
กลุ่มที่ 1	1.11^{a}	2.46^{a}	2.47	2.98^{abc}	4.83	3.72
กลุ่มที่ 2	0.33^{c}	2.50^{a}	2.72	3.36^{ab}	4.65	3.97
กลุ่มที่ 3	0.31^{c}	2.34^{a}	3.08	3.60^{a}	4.61	4.06
กลุ่มที่ 4	0.52^{bc}	1.66^{abc}	2.134	2.36^{c}	3.70	3.52
กลุ่มที่ 5	0.34^{c}	1.41^{c}	2.09	2.39^{c}	2.95	3.38
กลุ่มที่ 6	0.70^{b}	1.97^{bc}	2.57	2.98^{abc}	3.03	3.77
กลุ่มที่ 7	0.41^{c}	2.08^{ab}	2.47	2.73^{bc}	4.70	3.64
SEM	0.049	0.087	0.119	0.096	0.247	0.073

$^{a, ab, b}$ ระหว่างคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

* กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ได้รับอาหารฐานเพียงอย่างเดียว

กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%

กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%

กลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%

กลุ่มที่ 5 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%

กลุ่มที่ 6 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP-SBP ในอัตราส่วนการใช้ 1:1:1 ในอัตราเสริมในอาหาร 0.5%

ตารางที่ 4.14 อัตราการแลกน้ำหนักเฉลี่ยรายสัปดาห์

กลุ่มทดลอง*	1	2	3	4	5	6
กลุ่มที่ 1	2.90	2.61	1.67	1.71	2.61^{ab}	1.39^{b}
กลุ่มที่ 2	0.24	2.29	2.10	1.71	3.15^{a}	1.53^{ab}
กลุ่มที่ 3	0.51	2.26	2.23	2.05	2.34^{ab}	1.46^{b}
กลุ่มที่ 4	-0.14	2.19	2.67	1.95	3.41^{a}	1.62^{ab}
กลุ่มที่ 5	-0.21	2.05	2.88	1.98	2.31^{ab}	1.91^{a}
กลุ่มที่ 6	-0.30	1.78	1.07	2.40	0.56^{b}	1.58^{ab}
กลุ่มที่ 7	-1.04	2.05	2.27	1.84	2.68^{ab}	1.75^{ab}
SEM	0.423	0.156	0.264	0.090	0.282	0.053

$^{a, ab, b}$ ระหว่างคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

* กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ได้รับอาหารฐานเพียงอย่างเดียว
กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%
กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%
กลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 0.5%
กลุ่มที่ 5 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA: SBP คือ 1:1 ในอัตราการเสริมในอาหาร 1%
กลุ่มที่ 6 ได้รับอาหารฐานเสริมด้วย PPEOOA : RBP-SBP ในอัตราส่วนการใช้ 1:1:1 ในอัตราเสริมในอาหาร 0.5%

บทที่ 5

สรุป และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเพื่อประเมินและเพิ่มศักยภาพของสารเสริมขั้นต้นในอาหารสัตว์ที่ผลิตจากสารธรรมชาติที่ประกอบไปด้วยส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยและส่วนผสมของกรดอินทรีย์ โดยใช้พรีไบโอติคที่เตรียม ได้จากกล้วยดิบและชานอ้อย พบว่า

1. ส่วนผสมที่เหมาะสมทั้งน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ และปริมาณการใช้ที่เหมาะสม พบว่า สารเสริมที่มีส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย (EOM) จากกานพลู สะระแหน่ และผิวส้ม อย่างละ 0.06 % และกรดอินทรีย์ (OAM) ที่ประกอบด้วย กรดฟิวมาลิค กรดแลคติค และกรดซิตริค อย่างละ 0.11 % ในระดับการใช้ในอาหาร 0.50% มีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นสารเสริมในอาหารสุกรหลังหย่านมได้

2. กล้วยน้ำว้าและกล้วยหักมุกเมื่อนำมาผลิตเป็นพรีไบโอติก ในรูปของ fructo-oligosaccharide (FOS) พบว่าผลผลิตโดยน้ำหนักแห้งจากสตาร์ชของกล้วยทั้งสองชนิดอยู่ที่ 68.57 และ 69.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อนำมาวิเราะห์หาปริมาณของ FOS พบว่ามีอยู่ที่ร้อยละ 68 และ 64.5 ของแป้งกล้วยดังกล่าว ตามลำดับ กล้วยทั้งสองชนิดนี้มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นสารพรีไบโอติกเพื่อศึกษาในเชิงลึกต่อไป

3. จากการเตรียม xylo-oligosaccharide (XOS) ที่ได้จากชานอ้อยบดโดยการย่อยด้วยการใช้กรดฟอสฟอริกเจือจางและความร้อนเมื่อนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยมาหาวิเคราะห์หาปริมาณ xylo-oligosaccharide ด้วยวิธีพาราโบรโมเอนิลีน พบว่าในสารละลายตัวอย่างมีปริมาณ oligosaccharide เทียบเท่ากับปริมาณไซโลส 12.60 กรัมต่อลิตร

4. พรีไบโอติคในรูปของ fructo-oligosaccharide (FOS) ที่เตรียมได้จากแป้งกล้วยมีศักยภาพในการเป็นพรีไบโอติค และส่วนผสมของ EEO-OAM: FOS ที่ 1:1 ในระดับการใช้เสริมในอาหาร 10 **กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีศักยภาพในการใช้เป็นสารเสริมในอาหารสุกรหลังหย่านม**

ข้อเนอแนะ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ใช้สุกรทดลองจำนวนน้อย ดังนั้นผลที่ได้อาจให้ผลไม่เด่นชัด ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยใช้จำนวนสุกรที่มากขึ้น และควรมีการศึกษาในระดับฟาร์มต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เกษมสุข สุขเกษม วันดี ทาตระกูล สุรภี ทองหลอม และนุชา สิมะสาธิตกุล. 2546. การใช้ประโยชน์จากน้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศแหล่งต่างๆ เป็นสารเสริมในอาหารสุกรหย่านม.วารสารเกษตร ฉบับพิเศษ (2)) สัมมนาวิชาการครั้งที่ 1 "เกษตรก้าวไกล วิจัยเพื่อชุมชน": 99-108.

กรรณิกา เล็กประเสริฐ กุลสุดา ชมวิศรุต สุรภี ทองหลอม และ วันดี ทาตระกูล. 2546. ผลของการเสริมกรดซิตริคและฟิวมาริค ต่อการย่อยได้ของโภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรหย่านม. ประชุมวิชาการ สาขาสัตวบาล/สัตวศาสตร์/สัตว์แพทย์ ครั้งที่ 4. บทบาทและทิศทางปศุสัตว์ไทยกับการเป็นครัวของโลก, 18-19 ธันวาคม 2546, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ น. 330-339.

กิจจา อุไรวงศ์. 2530. แนวทางการวิจัย รักษา และควบคุมโรคสุกร. สารมวลชน, 146/11 สุขุมวิท 71 พระโขนง, กรุงเทพฯ, 348 น.

กุลยา จันทร์อรุณ. (2540). รายงานการวิจัยเรื่อง กรรมวิธีการผลิตแป้งกล้วยผงและอาหารผงสำหรับสัตว์จากส่วนต่างๆ ของกล้วย. ภาควิชาเคมี คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก.

ชุติมา อัศวเสถียร และนิลศิริ นิลเนตร. การทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าในก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่. วารสารวิชาการเกษตร. 2548; 23 (3):292 – 299.

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2535. สมุนไพรสวนสิรีรุกขชาติ. อมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊ฟ จำกัด ; กรุงเทพมหานคร, 257 น.

โครงการสมุนไพรเพื่อการพึ่งตนเอง. 2529. ยาจากพฤกษ์พืชสุมนไพรที่น่ารู้จัก. จุลสารอันดับที่ 10. 80 น.

เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย.2546. นิตยสารเทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่, ปีที่ 3 ฉบับที่35 เดือนกรกฎาคม 2546,หน้า 49-59

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2548). Prebiotics. วารสารอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ปีที่ 35 ฉบับที่ 2 เมษายน – มิถุนายน 2548 หน้า 96-101.

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2548). บทความวิทยุรายการสาระความรู้ทางการเกษตร เรื่อง พืชผักผลไม้ไทยมีคุณค่าเป็นทั้งอาหารและยา ตอน "กล้วยหักมุก". สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2553. จาก: http://natres.psu.ac.th/radio/radio_article/radio47-48/47-480019.htm

ยุทธนา ศิริวัธนนุกูล สุรพล ชลดำรงกุล และสมเกียรติ์ ทองรักษ์. 2545. ผลของฟ้าทะลายโจร ใบฝรั่ง ขมิ้นชัน ไพล และเปลือกมังคุด ต่อการรักษาโรคท้องร่วงในลูกสุกร. การประชุมวิชาการ 'สมุนไพรไทย โอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์", โรงแรมมารวยการ์เด้น, กรุงเทพฯ, น.115-127.

ณรินทร์ รอดพุฒ. 2545. ผลของสารสกัดจากพืชสมุนไพรว่านน้ำ และกานพลูในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

นิจศิริ เรืองรังษี และพยอม ตันติวัฒน์. 2534. พืชสมุนไพร. โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮาส์, กรุงเทพมหานคร, 243 น.

ประสิทธิ์ อติวัชกุล. 2537. เทคโนโลยีของผักผลไม้. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

วันดี ทาตระกูล จารุวรรณ อ่านพานิชย์ และขวัญชาติ อุดมศรี. 2546. การใช้น้ำมันกานพลูเสริมในอาหารสุกรหย่านม. ประชุมวิชาการ สาขาสัตวบาล/สัตวศาสตร์/สัตว์แพทย์ ครั้งที่ 4. บทบาทและทิศทางปศุสัตว์ไทยกับการเป็นครัวของโลก, 18-19 ธันวาคม 2546, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ น. 341-349.

วสันต์ ศิริวงศ์. 2543. สมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชที่สกัดได้จากกล้วยไทยบางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันดี ทาตระกูล สัญญา ทองมูล จีระพงษ์ ทองเย็น จารุวรรณ อ่านพาณิชย์ แสงเดือน จุ้ยเพชร และทินกร ทาตระกูล .2548. การใช้ใบฝรั่งสดและแห้งเป็นสารเสริมในอาหารลูกสุกรหลังหย่านม. ประชุมวิชาการ สาขาสัตวบาล/สัตวศาสตร์/สัตว์แพทย์ ครั้งที่ 5 การผลิตสัตว์อย่างยั่งยืน, 14-15 พฤศจิกายน 2548, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (กำลังพิมพ์)

วรนาฎ คงตระกูล. 2544. ประสิทธิภาพการกำจัดแมลงของสารจากกานพลูและสารภีต่อแมลงวันบ้าน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 62 น.

สมชาย สังข์ศรี. 2529. การเตรียมเมทิลยูจินอล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 49 น.

สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2538. ผักพื้นบ้าน : ความหมายและภูมิปัญญาของสามัญชนไทย. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพมหานคร. 261 น.

สนั่น ศุภธีรสกุล.2540. สมุนไพรจากผลิตภัณฑ์ของพืช. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 152 น.

สมพร หิรัญรามเดช. 2536. ตำราการตรวจเอกลักษณ์พืชสมุนไพร เล่ม 5 ว่าด้วยการตรวจเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพร. กรุงสยามการพิมพ์ ; กรุงเทพมหานคร. 312 น.

สมสุข มัจฉาชีพ. 2542. พืชสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 317 น.

A.O.A.C.Official Method of Analysis.15th ed. Washinington, D.C.Association of Official Analytical Chemists. 1990.

Almazan, O., L. Gonzalez, and L. Galvez. 2001. The sugarcane, its by-products and co-products. Sugari Cane International. 7:3-8.

Andre Meeusen. 2000. Acidifiers with antimicrobial effects. Kemin Europa N.V. ., Kemin Industries, Inc. USA.

Antonio, R.C., J.A. Ramirez, G. Garrote and M. Vazquez. 2004. Hydrolysis of sugarcane bagasse using nitric acid: a kinetic assessment. J. of food engineering. 61: 143-152.

Arora, D.S., and J. Kaur. 1999. Antimicribial activity of spices. Int. J. of Antimicrobial Agent 12 : 257-262.

Bauer, K., Gaebe, D., and H. Surburg. 2001. Common fragrance and flavor materials: Preparation, Properties and Uses. Wiley-VCH, Weinheim, p. 293.

Bernet, M.F., D. Brassart, J.R. Neesar, and A.L.Servin. 1993. Adhesion of human bifidobacterial strains to cultured human intestinal epiterial cells and inhibition of enteropathogen-cell interaction. Applied Environmental Microbiology 59:4121-4128.

Boudhrioua, N., Giampaoli, P. and Bonazzi, C. (2003). Changes in aromatic components of banana duringripening and air – drying. *Lebensm. – Wiss. u. – Technol.*, Vol. 36,pp. 633 – 642.

Buddington, R.K. 2001. The use of nondigestible oligosaccharides to manage the gastrointestinal ecosystem. Pp: 133-147. In A.Piva, K.E.B. Knudsen, and J.E. Lindberg (Eds). Gut Environment of Pigs. Nottingham University Press, UK.

Burnell, T.W., G.L. Cromwell and T.S. Stahly. 1988. Effect of dried whey and copper sulfate on the growth response to organic acid in diets for weaning pigs. J. Anim. Sci. 66 : 110-1108.

Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential application in foods-a review. In. J. of Food Microbiology 94: 223-253.

Caccioni, D. R.L., M. Guizzardi, D.M.Biondi, A. Renda, and G. Ruberto. 1998. Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action on Penicillium digitatum and Pennicillium italicum. Int. J. of Food Micro. Biol. 43:73-79.

Cambell, J.M., L.L.Bauer, G.C. Jr. Fahey, A.J. C.L. Hogarth, B.W. Wolf, and D.E.Hunter. 1997. Selected Fructooligosaccharide (1-ketose, nystose, and 1^{F}-β-fructofuranosylnystose) composition of foods and feeds. J. of Agricultural and Food Chemistry. 45: 3076-3082.

Chiang, B.H., W.Chu, and C.L.Chu. 1987. A pilot scale study for banana starch production. Starch-Staeker.39: 5-8.

Conway, P.L. 1996. Development of intestinal microbiota. Gastrointestinal microbes and host interactions. pp 3-39. R.I. Mackie, B.A. Whyte and R.E. Issacson (Eds). In Gastrointestinal Microbiology Vol.2 , Chapman & Hall, London.

Cosentino, S., Tuberoso, C.I.G., Pisano, B., Satta, M., Mascia, V., Arzedi, E., and F. Palmas. 1999. In vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian Thymus essential oils. Letters in Applied Microbiology. 88: 170-175.

Crank, J.(1975*). The Mathematics of Diffusion*. Clarendon Press, Oxford.

Karathanos, V.T., Villalobos, G. and Saravacos, G.D. (1990). Comparison of two methods of estimation of the effective moisture diffusivity from drying data. *Journal of Food Science*, 55(1), 218 – 223.

da Mota, R.V., F.M. Lajolo, B.R. Coedenunsi, and C. Ciacco. 2000. Composition and functional properties of banan flour from different varieties. Strach-Straerke. 52(2-3): 63-68.

Edmonds, M.S., O.A. Izquierdo, and D.H. Baker. 1985. Feed additive with newly weaned pigs: efficiency of supplemental copper, antibiotics abd organic acids. J. Anim.Sci.60: 462-467.

Eerlingen, R.C., and J.A. Delcour, 1995. Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. J. Cereal Sc. 22: 129-137.

Englyst, H.N., and J.H.Cumming. 1986. Digestion of carbohydrates of banana (*Musa paradisiaca sapientum*) in the human small intestine. American Journal of Clinical Nutrition. 44:121-128.

Englyst, H.N., S.M. Kingman, and J.H.Cumming. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. Eur. J.Clin.Nutr. 46 suppl.2 (S33-S50).

Faisant, N., A. Buleon, P. Colonna, C. Moris, C. Lartigue, J.P. Galmiche, and M. C. Champ. 1995a. Digestion of raw banana starch in the small intestine of healthy humans: structural features of resident starch. British J. of Nutrition. 73:111-113.

Faisant, N.,D.J. Gallant, B. Bouchet, and M. Champ. 1995b. Banana starch breakdown in the human small intestine study by electron microscopy. European J. of Clinical Nutrition. 49:98-104.

Falkwoski, J.F., and F.X. Aherne. 1984. Fumariacid and citric acid as feed additive in starter pig nutirion. J. Anim.Sci.58: 935-938.

Fenten, J.P., K.L. Roehing, D.C. Mahan and J.R. Corley. 1985. Effect of swine weanling age on body fat and lipogenic activity in the liver and adipose tissue. J. Anim. Sci., 70 (supl 1) : 428.

Fichtali, J., Y.J. Owusu-Ansha, and P. Chang. 1999. Manufarture of starch from green, unpeeled bananas. US Patent 5855688 *cited by* P.Zhang, R.L. Whistler, J.N. BeMiller, and B.R. Hamaker. 2005. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility-a review. Carbohydrate Polymers. 59: 443-458.

Gamez, S., J.J. Gonzalez-Cabriales, J.A. Ramirez, G. Garrote, and M. Vazquez. 2006. Study of the hydrolysis of sugar cane bagasse using phosphoric acid. J. of Food Engineering.74: 78-88.

Gibson, G.R., and X. Wang.1994. Regulatory effects of bifidobacteria on the growth of other colonic bacteria. J. Appl. Bacteriol. 77:412-420.

Gibson, G.R.,E.R.Beatty, X.Wang, and J.H.Cumming.1995. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. Gartroenterogy.108:975-982.

Gibson, G.R., and M.B. Roberfroid. 1995. Dietary modulation of the human colonic microflora : introducing the concept of prebiotic. J. Nutr. 125: 1401-1412.

Gibson, G.R., and R. Fuller.2000. Aspects in vitro and in vivo research approaches directed towards identifying probiotics and prebiotics for human use. J. Nutr. 130: 391S-5S

Giesting, W.M., and R.A. Easter. 1985. Response of starter pigs to supplementation of corn-soybean meal diets with organic acids. J. Anim.Sci.60: 1288-1294.

Gong, C.S., C.S. Chen, and L.F. Chen. 1993. Pretreatment of sugarcane bagasse hemicellulose hydrolyzate for ethanol production by yeast. Applied Biochemistry and Biotechnology. 39/40: 83-88.

Gowda, N.K.W., V. Malathi and R.U. Suganthi. 2004. Effect of some chemical and herbal compounds on growth of Aspergillus parasiticus and aflatoxin production. Anim. Feed Sci. and Technol. 116: 281-291.

Hammer, K.A., C.F. Carson, and T.V. Riley.1999. Antimicrobial activity of essential oil and other plant extracts. J. of Applied Microbiology. 86: 985-990.

Hofvendahl, K., Åkerberg, C., Zacchi, G., and Hahn-Hägerdal, B. (1999). Simultaneous enzymatic wheat starch saccharification and fermentation to lactic acid by Lactococcus lactis. Appl Microbiol Biotechnol. 52: 163-169.

Hogarth, A.J. C.L., D.E. Hunter, W.A. Jacobs, K.A. Garleb, and B.W. Wolf. 2000. Ion chromatographic determination of three fructooligosaccharide oligomers in prepared and preserved food. J. of Agricultural and Food Chemistry. 48: 5326-5330.

Jacpsen, S.E., and C.E. Wyman. 2002. Xylose monomer and oligomer yields for uncatalyzed hydrolysis of sugarcane bagasse hemicellulose at varying solids concentration. Industrial Engineering and Chemical Research, 41: 1454-1461.

Jonsson, E., and P.Conway. 1992. Probiotics for pigs. Pp 260-316. In R. Fuller (Ed). Probiotics, the scientific basis. Chapman & Hall, London.

Kabel, M.A. 2002. Characterisation of complex xylo-oligosaccharides from xylan rich by-products. Ph.D thesis, Wageningen University, The Natherlands.128 p.

Kasaoka, S., MSc, Oh-hashi, A., Morita, T., and Kiriyama, S. (1999). Nutritional characterization of millet protein concentrates procuced by a heat-stable á–amylase digestion. **Nutcitioe** Research. 19(6): 899-910.

Kirchgessner, M.and F.X.Roth. 1988. Effekte durch organische sseren in der ferkelaufzucht und schweinemast. Ubersicht Tierernaehrung, 16: 93-108.

Klein, G.A.R., A.L.Sutton, B.A. Williams, J.A. Patterson, B.T.Richert, D.T.Kelly, and M.W.A. Verstegen. 2001. Effect of oligosaccharides in weanling pig diets on performance, microflora and intestinal health. pp: 269-271.*In* J.E. Linberg and B. Ogle (Eds). Digestive physiology of pigs, Proceeding of the 8th Symposium, CABI publishing, UK.

Knarreborg, A., N. Miquel, T. Granli, and B.B. Jensen. 2002. Establishment and application of an invitro methodology to study the effects of oeganic acids on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of gastro intestinal tract of piglets. Anim. Feed Sci. and Technol. 99: 131-140.

Lavarak, B.P., G.J. Griffin, and D. Rodman. 2002. The acids hydrolysis of sugarcane bagasse hemicellulose to produce xylose, arabinose, glucose and other products. Biomass and Bioenergy. 23: 367-380.

Lee, K.G., and T. Shibamoto, 2001. Antioxidant property of aroma extract isolated from clove buds (Syz*ygium aromaticum* (L) Merr.et Perry). Food Chemistry, 39(12): 443-448.

Lehmann, U., G. Jacobasch, and D. Schmiedl. 2002. Characterization of resistant starch type III from banana (*musa acminata*). J. Agri. Food Chem. 50:5236-5240.

L'homme, C., A. Puigserver, and A. Biagini. 2003. Effect of food-processing on the degradation of Fructooligosaccharides in fruit. Food Chemistry 82: 533-537.

Letelier, A., S. Messier, L. Lessard, and S. Quessy. 2000. Assessment of various treatments to reduce carriage of Salmonella in swine. Can. J. Vet. Res. 64: 27-31.

Mathela, C.S. 1989. Himalayan Cimbopogen species: New chemical, morphological, anatomical and agronomical results. 11th International Congress of Essential oils, Fragrances and Flavors. New Delhi. India. Procc, 4: 149-160.

Malee, B., D. Petchply, S. Chyratch and C. Sawangwong .2000.Local herb. Herb Research Institute, Department of Medical Science, Bangkok.

Mikkelsen, LL., and B.B. Jensen. 2004. Effect of fructo-oligosaccharides and trans-galacto-oligosaccharides on microbial populations and microbial activity in the gastrointestinal tract of piglets post-weaning. Anim. Feed Sci. and Technol. 117: 107-119.

Moreira, M.R., A.G. Ponce, C.E. del Valle, and S.I. Roura. 2005. Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen. LWT 38: 565-570.

Moutzouris, K.C., I. Xypoleas, I., Kouser, and K.Fegeros. 2006.Nutrient digestibility, faecal physiochemical characteristics and bacterial glycolytic activity of growing pigs fed a diet supplemented with oligofructose *or trans*-galactooligosaccharides. Livestock Science. (Article in Press) xx (2006): xxx-xxx. 8p.

Onibala, J.S.I.T. 1999. The influence of essential oil of spice as feed additives on the performance data and carcass composition in pig nutrition. M.Sc. Thesis, Faculty of Agricultural Science, Georg-August University of Goettingen, Germany.

Partanen, K. 2001. Organic acids-their efficacy and modes of action in pigs. pp: 201-218. *In* A. Pive, K.E.B. Knudsen and J.E. Lindberg (Eds). Gut Environment of Pigs. Nottingham University Press, UK. 260 p.

Price, S. 1993. The aromatherapy workbook. Thorsons. Hammersmith. London.

Rauber, C.S., S.S. Guterres, and E.E.S. Schapoval. 2005. LC determination of citral in Cymbopogen citrates volatile oil. J. of Phamaceutical and biomedical Analysis. 37: 597-601.

Radecki, S.V., M.R. Juhl, and E.R. Miller. Fumaric acids as feed additives in starter pig diets: effect on performance and nutrient balance. J. Anim.Sci.66: 2598-2605.

Ravindran, V. and E. T. Kornegay. 1993. Acidification of weaner pig diets : A review. J. Sci. Food Agric., 62 : 313-322.

Rolfe, R.D. 1996. Colonisation resistance. pp 501-536. R.I. Mackie, B.A. Whyte and R.E. Issacson (Eds). In Gastrointestinal Microbiology Vol.2 , Chapman & Hall, London.

Roth, F.X. and M. Kirchgessner. 1995. Zum einsatz von ameisensauren in der tierernaehrung. Ludwigshafen, Geramny: BASF AG,: 5-20.

Russel, J.B. and F. Diez-Gonzales. 1998. The effect of fermentation acids on bacterial growth. Adv. In Microbial Physiol., 39: 205-234.

Russo, M., Galletti, G.C., Bocchini, P., and A. Carnacini. 1998. Essential oil chemical composition of wild populations of Italian oregano spice (*Origanum vulgare* ssp. Hirtum (Link) Ietswaart): a preliminary evaluation of their use in chemotaxonomy by cluster analysis: 1. Inflorescences. J. of Agricultural and food chemistry. 46: 3741-3746

SAS. 1986. SAS for Linear Models. A Gide to ANOVA aand GLM Procedure. SAS Institute Inc, North Carolina,USA.

Saska, M., and E. Ozmer. 1995. Aqueous extraction of sugarcane bagasse hemicellulose and production of xylose syrup. Biotechnol. Bioeng. 45:517-523.

Sajilata, M.G., R.S.Singhal, and P.R. Kulkarni.2006. Resistant starch-A review. Comprehensive Reviews in Food and Food Safety.5: 1-17.

Schmiedl, D., M. Baeurlein, H. Bengs,and G. Jacobasch. 2000. Production of heat-stable, butyrogenic resistant starch. CARBOHDR. Polym.43: 183-193.

Scipioni, R., G. Zagini, and A Biavati. 1978. Acidified diets in early weaning piglets. Zootecnica e Nutitizione Animale 4, 210-218.

Senatore, F. 1996. Influence of harvesting time on yield and composition of essential oil of thyme (*Thymus pulegioides* L.) growing wild in Campania (Southern Italy). J. of Agricultural and food chemistry. 44: 1327-1332.

Sghir, A., J.M. Chow, and R.I. Mackie. 1998. Continuous culture selection of bifidobacteria and lactobacilli from human faecal samples using fructooligosaccharides as selective substrate. J. of Applied Microbiology. 85; 769-777.

Steel, R. G. D. and Torrie, J. H., 1980. Principals and procedures of statistics. New York: Mc Graw – Hill Company, Inc.

Steuer, B., H. Schulz and E. Laeger. 2001. Classification and analysis of citrus oils by NIR spectroscopy. Food Chemistry 72: 113-117.

Stockill. P,. 1998. Protected acidifier for pigs feeds. 80 rue. JEFO.C.P. 325, Hyacinthe (Quebec). Canada.

Sun, J.X., X.F., Sun, R.C.Sun, and Y.Q. Su. 2004. Fractional extraction and structural characterization of sugarcane bagasse hemicellulose. Carbohydrate Polymers 56: 195-204.

Sutton, A.L., A.G. Mathew, A.B. Scheidt, J.A. Patterson, and D.T. Kelly. 1991. Effect of carbohydrate sources and organic acids on intestinal microflora and performance of the weanling pig. In: Verstegen, M.W.A. Huisman, J., den Hartog, L.A. (Eds), Proceeding the 5th international Symposium on Digestive Physiology in the Pigs, Wagenegen, The Netherlands, pp. 422-427.

Tartrakoon, W., Kattika Wuthijaree, Therdchai Vearasilp and Udo ter Meulen. 2002. Use of Lemon Grass Oil as Feed Additive in Weanling Pig Diets. Proceeding Deutscher Tropentag 2002. International Research of Food Security, Natural Resource Management and Rural Development : Challenges to Organic Farming and Sustainable Land Use in the Tropics and Subtropics. , October 9-11, Witzenhausen, Germany. p 159.

Tartrakoon, W., K. Sukkasem, U. ter Meulen and T. Vearasilp. 2003a. Use of essential oil extracted from citronella, cloves and peppermint as supplement in weaner pig diets. Proceeding of Deutscher Tropentag 2003, Technological and Institutional Innovation for Sustainable Rural Development, October 8-10, Goettingen, Germany. P 169.

Tartrakoon, W., Udo ter Meulen and Therdchai Vearsilp. 2003b. Use of lemon oil as feed additive in weaner pig diets. Proceeding of Deutscher Tropentag 2003, Technological and Institutional Innovation for Sustainable Rural Development, October 8-10, Goettingen, Germany. P 261.

Tartrakoon, W., Sangdeun Juipetch and Surapee Thonglom. 2004. Use of citric and clove oil supplement in weanling pig diets. Proceeding Deutscher Tropentag 2004 : Rural Poverty Reduction through Research for Develop

Ulfah, M. 2003. The influence of essential oils on the performance data and health condition of monogastric animals. M.Sc. Thesis, Faculty of Agricultural Science, Georg-August University Van Zyl, C., B.A. Prior, and J. Du Preez. 1991. Acetic acids inhibition of D-xylose fermentation by Pichia stipitis. Enzyme and Microbial Technology. 13: 82-86.

Wannissorn, B., Jarikasem, S., Siriwangchai, T., and S. Thubthimthed. 2005. Antibacterial properties of essential oils from Thai medical plants. Fitoterapia. 76: 233-236.

Weiss, E.A. 1997. Essential oil crops. CAB International, UK.

Whisttler, R.L. 1998. Banana starch production. US Patent 5797985, 2p. *cited by* P.Zhang, R.L. Whistler, J.N. BeMiller, and B.R. Hamaker. 2005. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility-a review. Carbohydrate Polymers. 59: 443-458.

Xu, F., J.X. Sun, C.F. Liu, and R. C. Sun. 2006. Comparative study of alkali- and acidic organic solvent-soluble hemicellulosic polysaccharides from sugarcane bagasse. Carbohaydrate Researh. 341: 253-261.

Zhang, P., J.L. Wampler, A.K. Bhunia, K.M. Burkholder, J.A. Patterson. 2004. Effects of arabinoxylans on activayion of murine macrophages and growth performances of broiler chicks. Cereal Chimistry. 81: 511-514.

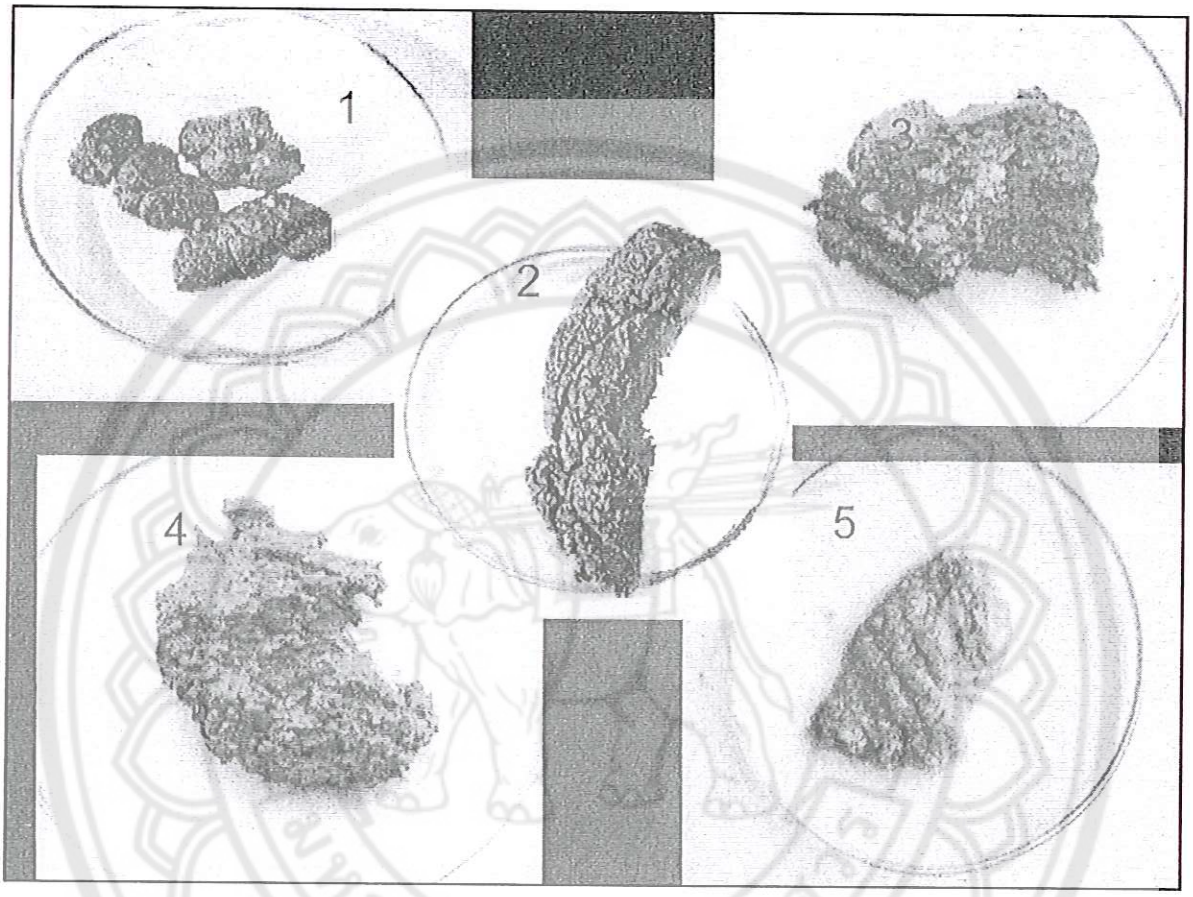
http://www.agmassmedia.com/Charcoal/Charcoal_03.htm

http:/www.phuketjettuor.com/herbs/banana.htm

http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c37/99600009.pdf#search=%22raw%20banana%2C%20oligosaccharides%2

http://www.doae.go.th/data/fruit/7.pdf

ภาคผนวก



ภาพที่ 5 ลักษณะและสีของมูลลูกสุกร ในการให้คะแนน เพื่อประเมินสุขภาพทางเดินอาหารของลูกสุกรในทางอ้อม

<u>คะแนนลักษณะมูล</u>

<u>รูปร่างมูล</u>: 1= แข็ง คงรูป เป็นพวง 2= คงรูปดี 3= คงรูปปานกลาง ค่อนข้างอ่อนตัว 4= คงรูปไม่ดี ค่อนข้างเหลว 5= เหลวเป็นน้ำ

<u>สีมูล</u> : 1= ดำ 2= ดำปนเขียว 3= เขียวเหลืองเทา 4= เขียวเหลืองเทาปนเหลือง 5= เหลือง

เปอร์เซ็นต์การเกิดท้องเสียคำนวณจาก

= (จำนวนวันที่สุกรมีการถ่ายมูล มี คะแนนมูล รูปร่างมูล = 4, 5 และ สีมูล = 4, 5 ในวันเดียวกัน x 100วัน)

การวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ความชื้น (Moisture)

ความชื้น หมายถึง ส่วนประกอบของอาหารที่เป็นน้ำ ซึ่งจะพบได้ 3 รูปแบบ คือ

- **Free water คือน้ำที่อยู่อย่างอิสระในอาหาร ไม่มีพันธะใดๆมายึดไว้ น้ำประเภทนี้ทำให้** สูญเสียไปได้ง่ายโดยการระเหยหรือทำให้แห้ง
- Bound water คือ น้ำที่ประกอบอยู่ในอาหารในรูปไฮเดรต(hydrate) โดยมีพันธะเคมียึดไว้ เช่นเมื่อโปรตีนดูดซับน้ำไว้ น้ำจะอยู่ในลักษณะที่เป็นเจล มี hydrogen bonds ยึดไว้ระหว่างโมเลกุลของโปรตีนกับน้ำ ส่วนพวกคาร์โบไฮเดรตจะดูดซับน้ำไว้ใน ลักษณะที่เป็นโมโนไฮเดรต
- Adsorbed water คือน้ำที่ดูดซับห่อหุ้มอยู่รอบๆผิวของส่วนประกอบของอาหาร ในลักษณะที่เป็นชั้นบางๆ โดยมีแรงดึงของโมเลกุล(Molecular forces) ยึดไว้

อาหารแต่ละชนิดมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำทั้ง 3 รูปแบบนี้อยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ปริมาณโภชนะในอาหารสัตว์เหล่านั้นแตกต่างกันไปด้วย การจะเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนะ จึงจำเป็นต้องปรับอาหารให้อยู่ในสภาพเดียวกันเสียก่อน คือปรับให้อยู่ในสภาพไร้ความชื้นที่เรียกว่า วัตถุแห้ง(dry matter basis) จึงสามารถนำคุณค่าทางโภชนะมาเปรียบเทียบกันได้ จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในอาหาร เพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณวัตถุแห้งของอาหารนั้น

การวิเคราะห์หาความชื้นเป็นการตรวจสอบคุณค่าทางอาหารอย่างหนึ่ง ที่มีความสำคัญมากและจำเป็นต้องใช้อย่างกว้างขวาง เพราะปริมาณความชื้นจะบอกให้ทราบว่าอาหารนั้น มีคุณภาพดีหรือไม่ อายุการเก็บรักษานานเท่าใด และปริมาณวัตถุแห้งในอาหารนั้นมีมากน้อยเพียงใด ส่วนวิธีวิเคราะห์จะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับ ลักษณะและส่วนประกอบของอาหาร ความรวดเร็วในการวิเคราะห์และความถูกต้องแม่นยำของผลที่จะได้รับ

การวิเคราะห์ความชื้นตัวอย่างแห้ง

ตัวอย่างที่มีวัตถุแห้งมากกว่า 85% สามารถนำมาบดผ่านตะแกรงละเอียด และนำมาหาค่าวัตถุแห้งที่แท้จริงได้โดยใช้วิธีการแบบขั้นตอนเดียว คืออบในตู้อบแบบ forced air oven โดยอาจใช้อุณหภูมิสูง 135 องศาเซลเซียล ในระยะเวลา 2 ชม. ความชื้นจะระเหยไปในระหว่างการอบแห้ง การหาค่าวัตถุแห้งทำโดยชั่งสารที่เหลือแล้วนำมาหักลบกับน้ำหนักเริ่มต้น

วิธีการ

1. อบถ้วยแก้วพร้อมฝาที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. ปิดฝาถ้วย นำมาใส่ในโถดูดความชื้น ปิดฝาโถทันที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่เกิน 2-3 ชั่วโมง
3. ชั่งน้ำหนักถ้วยพร้อมฝา(W1) โดยเอาออกทีละใบ และต้องปิดโถทุกครั้งที่เอาถ้วยออก
4. ใส่ตัวอย่างอาหารประมาณ 2 กรัม ลงในถ้วย บันทึกน้ำหนักถ้วยพร้อมฝา และตัวอย่าง (W2)
5. เขย่าถ้วยเล็กน้อยเพื่อให้อาหารกระจาย อย่างสม่ำเสมอ และกระจายเต็มพื้นถ้วย
6. นำถ้วยพร้อมตัวอย่างเข้าตู้อบที่ได้เตรียมให้มีอุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียลแล้ว วางฝาไว้ข้างๆ ถ้วย อบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง.นับจากอุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียล
7. เอาตัวอย่างออกจากตู้โดยปิดฝาถ้วยให้สนิททุกใบ ใส่ในโถดูดความชื้น ปิดฝาโถให้สนิท ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่เกิน 2-3 ชม.
8. ชั่งน้ำหนักถ้วยพร้อมฝาและตัวอย่างแห้ง (W3)

9. การคำนวณ

$$\%\ \text{วัตถุแห้ง(total DM)} = \frac{\text{น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังอบ (W3)} - \text{น้ำหนักถ้วยเปล่า (W1)}}{\text{น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างก่อนอบ (W2)} - \text{น้ำหนักถ้วยเปล่า (W1)}} \times 100$$

$$\%\ \text{ความชื้น (Moisture)} = 100 - \%\ \text{วัตถุแห้ง}$$

การวิเคราะห์ความชื้นตัวอย่างเปียก

ตัวอย่างที่มีความชื้นสูงกว่า 15%หรือวัตถุแห้งต่ำกว่า 85 % การวิเคราะห์หาความชื้นทำในตู้อบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียล เพื่อให้กระทบต่อองค์ประกอบทางเคมีน้อยที่สุด เวลาที่ใช้อบขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง อยู่ในช่วง 24-4 ชม.

วิธีการ ชั่งภาชนะที่ใช้บรรจุเช่น ถุงผ้า ถุงตาข่าย หรือถาด (W1)

1. ใส่ตัวอย่างลงในภาชนะที่ใช้บรรจุ บันทึกน้ำหนักภาชนะ และตัวอย่าง (W2)
2. ใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 24-48 ชม.

3. ปล่อยทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2-4 ชม. เพื่อปรับความชื้นให้เป็นไปตามสภาพห้อง
4. ชั่งน้ำหนักภาชนะและตัวอย่างแห้ง (W3)

ข้อควรระวัง

- อย่ากองตัวอย่างสุมกัน หรืออัดแน่นในตู้อบ มิฉะนั้นอากาศจะผ่านไม่สะดวก
- อุณหภูมิตู้อบต้องไม่เกิน 60 องศาเซลเซียล มิฉะนั้นโปรตีนจะถูกทำลาย ซึ่งมีผลทำให้ค่าเยื่อใยผิดไป

การคำนวณ

$$\% \text{ วัตถุแห้ง(total DM)} = \frac{\text{น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังอบ (W3)} - \text{น้ำหนักถ้วยเปล่า (W1)}}{\text{น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างก่อนอบ (W2)} - \text{น้ำหนักถ้วยเปล่า (W1)}} \times 100$$

การหาปริมาณโปรตีน

วิธีที่นิยมใช้หาไนโตรเจน คือ **Kjeldahl method** โดยการเปลี่ยนสารไนโตรเจนอินทรีย์ (organic nitrogen) ให้เป็นแอมโมเนีย (NH_3) แล้ววิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียด้วยวิธี volumetric หรือ colorimetric

หลักการ

วิธีเคลดาห์ลประกอบด้วย 3 ขั้นตอน โดยย่อยตัวอย่างให้สมบูรณ์ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้นกับคะตาลิสต์ แล้วกลั่นแอมโมเนียออกมาซึ่งทราบปริมาณได้โดยการไทเทรต

วิธีการ

1. การย่อย (digestion)

1.1 บดตัวอย่างขนาด 20 เมช นำมาย่อยด้วยกรดซัลฟูริกเพื่อออกซิไดซ์สารอินทรีย์แล้วรีดิวซ์สารไนโตรเจนอินทรีย์ให้เป็นแอมโนเนียมซึ่งอยู่ในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต

1.2 ใช้โพแทสเซียมซัลเฟต และโลหะเป็นสารเร่งปฏิกิริยา

1.3 ในการย่อยใช้อุณหภูมิสูงซึ่งไม่ต่ำกว่า 405 องศาเซลเซียส และไม่ควรเกิน 417 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เวลาสั้นลงและไม่เกิดการสูญเสียแอมโมเนียไนโตรเจน (ammonia nitrogen)

$$\text{Protein} + H_2SO_4 \quad CO_2 + H_2O + (NH_4)_2SO_4 + SO$$

1.4 คาร์บอนและไฮโดรเจน ถูกออกซิไดซ์ได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำส่วนหนึ่งของกรดซัลฟูริกถูกออกซิไดส์ เป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งซัลเฟอร์ไดออกไซด์นี้จะไปรีดิวซ์สารไนโตรเจนอินทรีย์ให้เป็นแอมโมเนีย แล้วทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกได้แอมโมเนียมซัลเฟต

2. การกลั่น (Distillation)

ตัวอย่างที่ย่อยทิ้งไว้อาจเกิดผลึกควรเติมน้ำเพื่อละลายแอมโมเนียมซัลเฟตในส่วนผสมที่ได้จากการย่อยทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น แล้วกลั่นแอมโมเนียม

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow 2NH_3 + 2Na_2SO_4 + 2H_2O \quad (2)$$

$$2NH_3 + 2H_2O \longrightarrow 2NH_4OH \quad (3)$$

$$2NH_4OH + 2H_3BO_3 \longrightarrow 2NH_4H_2BO_3 + 2H_2O \quad (4)$$

รวมสมการ (3) และ (4) :

$$2NH_3 + 2H_3BO_3 \longrightarrow 2NH_4H_2BO_3 \quad (5)$$

ออกมาซึ่งรองรับด้วยสารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 2 หรือ ร้อยละ 4 ดังสมการที่ 2-5

3. การไทเทรต (Titration)

นำสารละลายที่ได้จากการกลั่นมาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน กรดซัลฟูริกเพื่อทราบปริมาณแอมโมเนีย

$$2NH_4H_2BO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 + 2H_3BO_3 \quad (6)$$

(5) + (6) จะได้สมการของการ titration :

$$2NH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4$$

Moles NH_3 = Moles N ในตัวอย่าง

จากปริมาณแอมโมเนียคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนและคำนวณเป็นปริมาณโปรตีนโดยใช้ conversion factor โดยทั่วไปคูณด้วย 6.25 โดยถือว่าโปรตีนทั่วไปมีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยร้อยละ 16

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยวิธีตรง (direct extraction methods) เป็นวิธีการสกัดโดยตรงด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ โดยทั่วไปส่วนประกอบที่เป็นไขมันในอาหารจะเป็นสารประกอบจำพวกลิปิดซึ่งสกัดออกได้ด้วยอีเทอร์ ทั้งปิโตรเลียมอีเทอร์และ ไดเอทธิลอีเทอร์จัดเป็นสารละลายที่ไม่มีขั้ว (non-polor solvent) สารที่สกัดได้เรียกว่า สารสกัดได้จากอีเทอร์ (ether extract หรือ crude fat) เป็นลิปิดอิสระ (free lipid) ที่พบในอาหารนั้น แต่ถ้าทำการสกัดด้วยแอลกอฮอล์ ส่วนที่สกัดได้จะมีส่วนประกอบอื่นที่ติดอยู่กับไขมันปนอยู่ด้วย สารละลายที่เป็นที่นิยมใช้ในการสกัดไขมัน ได้แก่ เอธิลอีเทอร์และปิโตรเลียมอีเทอร์ ขณะที่การสกัดน้ำมันจากถั่วเหลืองจะใช้สารละลายเพนเทนและเฮกเซนเอธิลอีเทอร์มีจุดเดือด 34.6 องศาเซลเซียส ติดไฟง่าย เป็นสารละลายที่ใช้สกัดไขมันได้ดีกว่าปิโตรเลียมอีเทอร์ แต่จะมีราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายอื่น

ส่วนปิโตรเลียมอีเทอร์จะมีจุดเดือดต่ำที่ 35-38 องศาเซลเซียส เป็นส่วนหนึ่งของปิโตรเลียมและเป็นองค์ประกอบหลักของสารพวกเพนเทนและเฮกเซน ดูดความชื้นได้มากกว่า เอทธิลอีเทอร์ และมักใช้ในการสกัดไขมันกลุ่มไฮโดรโฟบิคลิปิด มีราคาถูกกว่าและติดไฟน้อยกว่าเอธิลอีเทอร์ บางครั้งอาจมีการใช้สารละลายสองหรือสามชนิดร่วมกันซึ่งสารละลายควรมีความบริสุทธิ์และปราศจากสารเปอร์ออกไซด์ อัตราส่วนของสารละลายที่ใช้ควรมีความเหมาะสมเพื่อให้สามารถสกัดไขมันจากอาหารได้ดีที่สุด ถ้าต้องการสกัดให้ได้ลิปิดทั้งหมดในอาหาร จะต้องทำการไฮโดรไลส์ตัวอย่างอาหารด้วยกรดหรือด่างอ่อน ส่วนพวกลิปิดที่รวมอยู่กับสารอื่น ๆ เช่น โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตจะถูกไฮโดรไลส์ได้เป็นลิปิดอิสระ ทำให้สกัดออกได้ง่าย

การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย

การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย(Fiber) ในอาหารโดยเฉพาะ Dietary fiber ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอาหารอย่างหนึ่งที่จำเป็นมากต่อการทำฉลากโภชนาการ(Nutrition labeling) ในปัจจุบันการหาปริมาณ Dietary fiber ในอาหารเป็นการหาองค์ประกอบที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ ได้แก่ Cellulose, Hemicellulose, Lignin, Pentosan, Gum และ Pectin ดังนั้นหลักการของการวิเคราะห์คือ

การสกัดเอาสารต่างๆ ที่ร่างกายย่อยสลายได้ออกด้วยการใช้เอนไซม์หรือสารเคมี แล้วทำการชั่งน้ำหนักของปริมาณเยื่อใยที่เหลือ ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณ Crude fiber จะได้ปริมาณเยื่อใยอย่างหยาบโดยตัวอย่างอาหารจะผ่านการย่อยด้วยกรดและด่างก่อนแล้วจึงนำมาหาปริมาณเยื่อใยที่เหลือซึ่งส่วนใหญ่คิดเป็น 50-80% ของปริมาณ Cellulose, 10-50% ของ Lignin และ 20% ของ Hemicellulose ซึ่งไม่ได้เป็นปริมาณเยื่อใยที่มีอยู่จริงในอาหารทั้งหมด แต่ก็เป็นวิธีที่นิยมกันในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและรวดเร็วกว่าการวิเคราะห์ Dietary fiber

อุปกรณ์

1. เครื่องมือวิเคราะห์เยื่อใย FIBERTEC System M
2. เตาเผา
3. Hot air oven
4. Crucible
5. Desiccator
6. Balance

สารเคมี

1. Sulfuric acid 0.128 M
2. Potassium hydroxide 0.223 M
3. n-Octanol
4. Acetone

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่แน่นอนจำนวน 1 กรัม (W) ใส่ลงใน Crucible ที่สะอาด ผ่านการอบแห้งและชั่งน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
2. เติม Sulfuric acid 0.128 M จำนวน 150 มิลลิลิตร ลงใน Crucible
3. เติม n-Octanol จำนวน 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง
4. วาง Crucible ในช่องสำหรับวาง Crucible ในเครื่องที่เป็นส่วนสกัดด้วยความร้อน(Hot extract unit) โดยโยกคันล็อคให้เข้าที่
5. ปิดฝาเครื่อง เริ่มให้ความร้อนจนเดือด แล้วลดความร้อนลง ต้มจนเดือดเป็นเวลา 30 นาที
6. กรองโดยหมุนปุ่มไปที่ตำแหน่ง Vacuum ถ้ากรองไม่ลงให้ใช้ Pressure ช่วย
7. ล้างด้วยน้ำร้อน 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 30 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง
8. เติม Potassium hydroxide 0.223 M ปริมาณ 150 มิลลิลิตร ทำเช่นเดียวกับข้อ 3-7
9. นำ Crucible ออกจากเครื่อง
10. ล้างด้วย Acetone อย่างน้อย 3 ครั้งๆ ละ 25 มิลลิลิตร

11. นำ Crucible ไปอบที่ให้แห้งใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 100-102 °C นาน 18 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน Desiccator ชั่งน้ำหนักที่ได้ บันทึกน้ำหนักที่ได้เป็น W_1
12. นำ Crucible ไปเผาที่เตาเผาอบที่อุณหภูมิ 525 °C นาน 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน Desiccator ชั่งน้ำหนักที่ได้ บันทึกน้ำหนักที่ได้เป็น W_2

การคำนวณ

% Crude fiber = $(W_1 - W_2) / W \times 100$

W คือ น้ำหนักเริ่มต้น

การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

ความสะอาดและบริสุทธิ์ของอาหาร บางครั้งสามารถได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าและทราย อาทิ อาหารประเภทแป้ง เป็นต้น การวิเคราะห์ปริมาณเถ้ากระทำได้โดยการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง เมื่อเผาอาหารและผลิตภัณฑ์ด้วยความร้อนสูง 500 -600 °C น้ำและสารระเหยได้จะระเหยออกไปกับไอน้ำ สารประกอบอินทรีย์ต่างๆ จะถูกเผาไหม้ในสภาวะที่มีออกซิเจนได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจนระเหยไปกับก๊าซไฮโดรเจนเช่นเดียวกับน้ำซัลเฟอร์และฟอสฟอรัสถูกเปลี่ยนให้เป็นออกไซด์ ถ้ามนระบบนั้นมีความเป็นด่างไม่พอและไม่มีโลหะอัลคาไลด์อยู่ด้วยหลังจากการเผาไหม้แล้วพวกแร่ธาตุต่างๆ จะเหลืออยู่ในรูปของออกไซด์ ซัลเฟต ฟอสเฟต ซิลิเกท และคลอไรด์รูปใดรูปหนึ่ง ขึ้นกับสภาวะการเผาไหม้ของแร่ธาตุในองค์ประกอบของอาหารที่เหลืออยู่ ชนิดของแร่ธาตุที่มีปริมาณมากในเถ้า ประกอบด้วย โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม แร่ธาตุที่มีปริมาณรองลงมาได้แก่ อะลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง แมงกานีส และสังกะสี ส่วนพวกที่มีปริมาณน้อยมาก ได้แก่ อาร์ซีนิค ไอโอดีน ฟลูออรีน และแร่ธาตุอื่นๆ

การหาปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ในอาหารกระทำได้โดยวิธีวิเคราะห์เถ้าแบบเปียก (wet ashing) และวิธีการวิเคราะห์เถ้าแบบแห้ง (dry ashing) การเผาตัวอย่างให้เป็นเถ้าเป็นขั้นตอนหนึ่งก่อนการทำการหาปริมาณแร่ธาตุแต่ละชนิด อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ระหว่าง 500 -600 °C ทั้งนี้เพื่อให้สารประกอบคาร์บอนไดออกไซด์และแร่ธาตุต่างๆ เปลี่ยนเป็น oxide เช่น แคลเซียมออกไซด์ (CaO) โดยไม่มีการระเหยกลายเป็นได้ ความแม่นยำในการวิเคราะห์แร่ธาตุต่างๆ ขึ้นกับเทคนิคผู้วิเคราะห์และอุณหภูมิของตู้อบ

วิธีการวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible) ที่เผาและชั่งน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำตัวอย่างไปเผาในตู้เผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 600 °C ประมาณ 2-3 ชั่วโมง

จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือสีเทาอ่อน นำออกจากตู้เผาใส่ใน desicator ปล่อยไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก เผาตัวอย่างซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{100\,(W1-W2)}{W1-W}$$

W คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบเป็นกรัม

W1 คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างก่อนเผาเป็นกรัม

W2 คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังเผาเป็นกรัม

การวัดค่ากำลังการพองตัวและร้อยละการละลายของแป้ง (swelling power and salubility of granular starch)

เครื่องมือ

1. เครื่องปั่นเหวี่ยง
2. หลอดเหวี่ยงปริมาตร 30 ml
3. แท่งแก้ว
4. อ่างน้ำไฟฟ้าที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้
5. ตู้อบไฟฟ้าที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.1 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ใส่ลงในหลอดเหวี่ยงที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วเติมน้ำกลั่น 15 ml กวนผสมให้เข้ากัน
2. นำไปต้มในอ่างไฟฟ้าที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้ โดยทดสอบที่อุณหภูมิ 60,65,70,75,80 และ 85 °Cเป็นเวลา 30 นาที โดยกวนตลอดเวลา อย่าให้แป้งตกตะกอนเป็นก้อน
3. นำหลอดออกมาทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับน้ำหนักแล้วนำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงโดยตั้งความเร็ว 2,200 รอบต่อนาที นาน 15 นาที
4. แยกส่วนใสออกจากหลอดเหวี่ยง ใส่ลงในจานอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำไปอบแห้งตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 °C

5. ชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณส่วนที่ละลายน้ำได้ เพื่อคำนวณความสามารถในการละลายเป็นค่าร้อยละการละลาย
6. นำหลอดเหวี่ยงที่มีแป้งตกตะกอนอยู่มาชั่งน้ำหนักลบด้วยน้ำหนักหลอดเหวี่ยงจะเป็นน้ำหนักของแป้งที่พองตัว
7. คำนวณค่ากำลังการพองตัวจากน้ำหนักของแป้งที่พองตัว

สูตร ร้อยละการละลาย = $\frac{\text{น้ำหนักของส่วนที่ละลายได้หลังอบ(กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้ง(น้ำหนักแห้ง กรัม)}}$

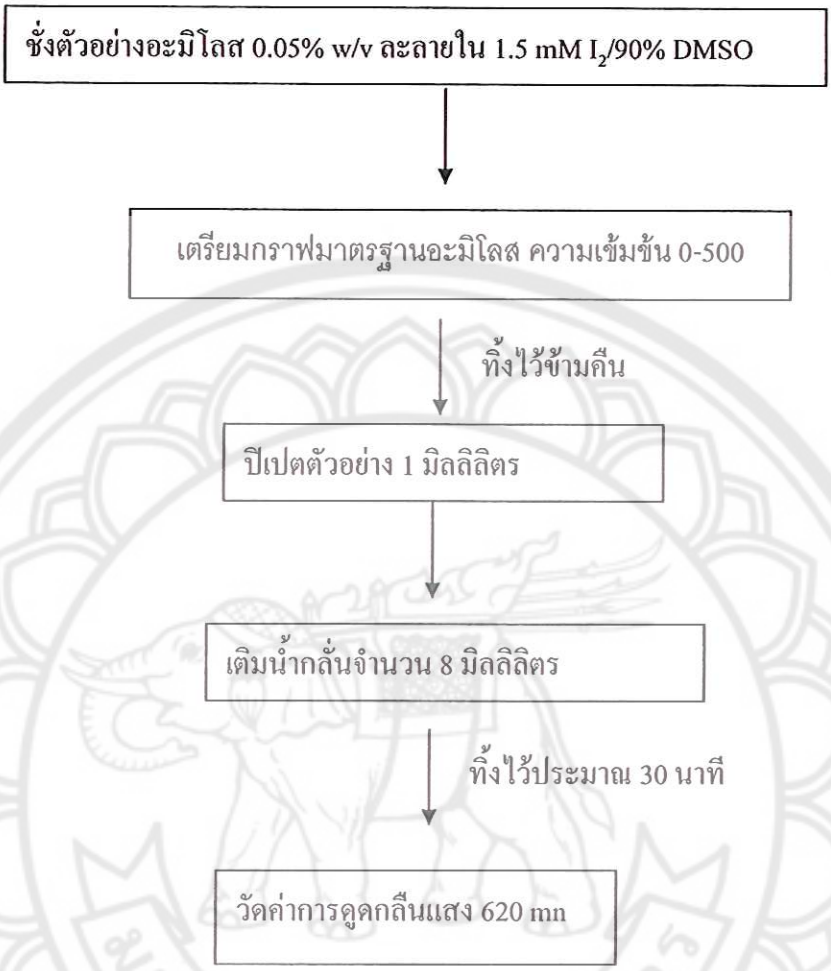
ค่ากำลังการพองตัว = $\frac{\text{น้ำหนักของแป้งที่พองตัว(กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้ง(น้ำหนักแห้ง กรัม)} \times (100 - \text{ร้อยละการละลาย})}$

การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส

อุปกรณ์

1. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
2. Volumetric Flask ขนาด 100 มิลลิลิตร 8 ใบ
3. ปิเปต 1,5,10 มิลลิเมตร อย่างละอัน
4. UV Spectrophotometer

<u>การวิเคราะห์องค์ประกอบภายในอนุภาคแป้งหาปริมาณอะมิโลสโดยการเกิดสี</u> (Knutson (1986)



ภาพผนวกที่ 1 การเตรียมกราฟมาตรฐานอะมิโลส

ที่มา : ดัดแปลงจาก Knutson (1986)

การวัดสี

เครื่องวัดสี Hunter lab

ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น DP 9000 S/N 90905

ปีงบประมาณ 2539 หมายเลขครุภัณฑ์ 5210-027-022

บริษัทชมิดท์ไซเอ็นติฟิค จำกัด

วิธีการวัด

1. เปิดเครื่อง warm up โดยกดปุ่มใด 1 ปุ่ม กดอ่าน ทิ้งไว้ประมาณ 45 นาที
2. กดปุ่ม C เพื่อเคลียร์ แล้วกดปุ่ม CAL เพื่อทำการ Calibrate เครื่อง โดยวางแผ่นมาตรฐานสีดำด้านเรียบลงบนที่วาง กดอ่าน แล้ววางแผ่นมาตราฐานสีขาวกดอ่าน
3. กดปุ่ม xyz/Lab ¦ เพื่อเข้าสู่โปรแกรม ทำการตั้งค่า

Setup	More
Name	0-99
Display	Difference
Read interval	Single
Sample ID	on
Average	4
Statistics	Max/Min
Color scale	XYZ
Color index	YI (D1925)
Color difference scale	Δ XYZ
Color diffrn index	None
Standard	Physical
Target X	81.26
Target Y	83.21
Target Z	98.77

4. อ่านค่ามาตรฐานจากแผ่นสีขาวที่ XYZ ให้ค่าเท่ากับแผ่นมาตรฐานที่กำหนด
5. จากนั้นกดลูกศรขึ้นไปเปลี่ยนค่า Color scale ให้เป็นค่า Lab
6. กดปุ่ม xyz/Lab ¦ อ่าน เข้าสู่โปรแกรมการวัดค่าสี
7. นำตัวอย่างที่ต้องการวัดใส่ถ้วยวัดสี เกลี่ยตัวอย่างให้เต็มพื้นที่ ประมาณครึ่งถ้วย นำถ้วยที่ต้องการวัดวางบนแท่นอ่าน ปิดฝาคลุมทำการอ่านค่า Lab

8. หมุนถ้วยวัดสีทุกครั้งที่อ่าน จนครบจำนวน 4 ซ้ำ
9. จดค่าที่อ่านได้
10. เมื่อใช้งานเสร็จทำการปิดเครื่อง พร้อมทั้งทำความสะอาดให้เรียบร้อย

หมายเหตุ

L	=	ความสว่าง (สีขาว100-0)
-a	=	สีเขียว
a	=	สีแดง
-b	=	สีน้ำเงิน
b	=	สีเหลือง