โครงการวิจัยวิจัยพัฒนาและการใช้ประโยชน์จากแป้งพืชศักยภาพ

Study Develop and usage from potential crop flour/starch

หัวหน้าโครงการ จารุวรรณ บางแวก

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาองค์ประกอบและคุณภาพแป้งฟลาวและสตาร์ชของพืชศักยภาพ

หัวหน้ากิจกรรมที่ 1 จารุวรรณ บางแวก

ผู้ร่วมงาน อรวรรณ จิตต์ธรรม

กิจกรรมที่ 2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพแป้งกล้วย

การทดลองที่ 2.1 ศึกษาผลของฤดูปลูกต่อคุณภาพแป้งฟลาวร์จากกล้วยชนิดต่างๆ

หัวหน้าการทดลองที่ 2.1 จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ

ผู้ร่วมงาน จารุวรรณ บางแวก

การทดลองที่ 2.2 ผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณและคุณภาพแป้งจากกล้วยชนิดต่างๆ

หัวหน้าการทดลองที่ 2.2 นฤเทพ เวชภิบาล

ผู้ร่วมงาน จารุวรรณ บางแวก

การทดลองที่ 2.3 ศึกษาความชื้น อุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแป้งฟลาวจากกล้วยชนิดต่างๆ

หัวหน้าการทดลองที่ 2.3 อนุวัฒน์ รัตนชัย

ผู้ร่วมงาน จารุวรรณ บางแวก

การทดลองที่ 3.1 พัฒนาวิธีการทำแป้งสตาร์ชจากแป้งพืชชนิดต่างๆ

หัวหน้ากิจกรรมที่ 3.1 จารุวรรณ บางแวก

การทดลองที่ 3.2 วิเคราะห์คุณภาพ resistant starch จากแป้งพืชศักยภาพ

หัวหน้ากิจกรรมที่ 3.2 จารุวรรณ บางแวก

การทดลองที่ 3.3 พัฒนาแป้งพืชศักยภาพให้เป็น modified starch

หัวหน้ากิจกรรมที่ 3.3 จารุวรรณ บางแวก

การทดลองที่ 3.4 วิธีการเก็บรักษาแป้งสำเร็จรูปที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์

หัวหน้ากิจกรรมที่ 3.4 จารุวรรณ บางแวก

การทดลองที่ 4.1 การใช้แป้งพืชอื่นในการทำวุ้นเส้นหรือก๋วยเตี๋ยว แทนการใช้แป้งถั่วเขียว

หัวหน้าการทดลองที่ 4.1 จารุวรรณ บางแวก

การทดลองที่ 5.1 การเตรียมแผ่นฟิล์มชีวภาพจากแป้งของพืชที่มีศักยภาพ

หัวหน้าการทดลองที่ 5.1 กนกศักดิ์ ลอยเลิศ

ผู้ร่วมงาน ศิริพร เต็งรัง

การทดลองที่ 5.2 การเตรียมบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากแป้งของพืชที่มีศักยภาพ

หัวหน้าการทดลองที่ 5.2 นภัสสร เลียบวัน

ผู้ร่วมงาน กนกศักดิ์ ลอยเลิศ

ศิริพร เต็งรัง

คำสำคัญ: แป้งพืชศักยภาพ กล้วย มันเทศ แป้งย่อยยาก แป้งดัดแปร ฟลาว สตาร์ช บรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

Key words: potential crops, banana, sweet potato, resistant starch, modified starch, flour, starch, biological film, biological packaging

บทคัดย่อ

แป้งพืชในประเทศไทยมาจากพืชหลายชนิด ในการศึกษานี้เพื่อหาวิธีการเพิ่มมูลค่าผลผลิตศักยภาพ เช่น มันเทศ และ กล้วย ด้วยวิธีการต่างๆ คือ ผลิตแป้งจากกล้วยดิบ และมันเทศ ในรูปฟลาวและสตาร์ช ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งทุกแบบ ศึกษาฤดูการปลูก อายุการเก็บเกี่ยวกล้วย ระยะเวลาการเก็บรักษาแป้งกล้วยว่ามีผลต่อคุณภาพแป้งกล้วย 4 ชนิด คือ หักมุก น้ำว้า ไข่ และหอม พบว่า ฤดูการปลูก และอายุเก็บเกี่ยวไม่มีผลต่อคุณภาพแป้ง การเก็บรักษาแป้งกล้วยควรเก็บที่ความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ในถุงลามิเนต ที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C จะทำให้เก็บรักษาได้นานเป็นเวลานาน 6 เดือน แล้วนำมาแปรรูปเพื่อทดแทนพืชอื่น เช่น แทนแป้งสาลี เพื่อลดการนำเข้า โดยการทำเบเกอรี่ จากแป้งฟลาวมันเทศ สามารถนำมาทำเค้ก โดนัท แพนเค้ก โดยมีคุณภาพผลิตภัณฑ์ไม่ต่างจากการใช้แป้งสาลี โดยใช้แป้งฟลาวมันเทศทดแทนแป้งสาลีได้ 100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นทำสตาร์ชด้วยวิธีการต่างๆ พบว่าการแช่แป้งฟลาวด้วยน้ำส้มสายชูประมาณ 30 นาทีจะสามารถลดปริมาณโปรตีน ทำให้มีคุณภาพเหมือนสตาร์ชได้ในเวลาสั้นกว่าการแช่น้ำและสามารถบริโภคได้ สตาร์ชมันเทศสามารถนำมาทำวุ้นเส้นโดยผสมกับสตาร์ชถั่วเขียว โดยใช้สตาร์ชมันเทศ 20% จะได้วุ้นเส้นที่มีคุณภาพเหมือนสตาร์ชถั่วเขียว 100% แป้งที่มีส่วนประกอบของสายน้ำตาลแบบต่างๆ เมื่อบริโภคก็จะมีการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอมิเลสในน้ำลายย่อยแป้งให้เป็นกลูโคส ซึ่งจะสะสมในเส้นเลือด ถ้าสะสมมากก็จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่แป้งพืชบางชนิดถึงแม้จะย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอมิเลสแต่ได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสต่ำ ทำให้สามารถบริโภคแป้งได้มากไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น ถั่วต่างๆ บัว เผือก เดือย กล้วย มันเทศ เป็นต้น ซึ่งเป็นแป้งประเภทที่มีโปรตีน ไขมัน เส้นใยสูง คาร์โบไฮเดรทต่ำมีลักษณะเป็นแป้งที่ย่อยยากหรือ resistant starch และยังสามารถนำสตาร์ชมันเทศและมันสำปะหลังสามารถนำมาทำแผ่นฟิล์มโดยเติมสารเติมแต่ง 2 ชนิด คือ ซอบิทอล และกลีเซอรอลที่มีค่าความต้านแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว เพื่อนำไปทำภาชนะบรรจุอาหารเพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้นำสตาร์ชมันสำปะหลังหรือสตาร์ชมันเทศมาขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม พบว่าเมื่อปริมาณสารเติมแต่งเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงของการปิดผนึกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยซอบิทอลให้ค่าความแข็งแรงการปิดผนึกมากกว่ากลีเซอรอล และทำการเปรียบเทียบระหว่างฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลัง และสตาร์ชมันเทศ พบว่า ฟิล์มสตาร์ชมันเทศให้ค่าความต้านแรงดึงขาดสูงกว่า แต่ฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลังให้ค่า OTR สูงกว่า ฟิล์มทุกชนิดสามารถย่อยสลายได้ภายใน 8 วัน โดยการฝังกลบในดิน เมื่อผสมแอลจิเนตในความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ฟิล์มมีความต้านทานต่อแรงดึงขาดและโมดูลัสของการยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นและการยืดตัวลดลง เมื่อนำฟิล์มทั้งสองมาทำภาชนะบรรจุอาหารที่มีความกรอบ พบว่า ความชื้นอาหารจะสูงขึ้น ทำให้ไม่เหมาะสมในการบรรจุอาหารกรอบ

Abstracts

The objectives of this project were to find the ways to use and increase the price of flour/starch of potential crops in Thailand during the years 2011-15. Sweet potato, raw banana which were planted in wide area in Thailand, were made flour and starch. Generally, sweet potato was eaten by simple cooking such as boiling, grill etc. Banana was always eaten ripen ones. Chemical components, qualities of flour and starch from sweet potato and 4 varieties of banana are Hakmook, Namwa, Khai and Hom should be studied. Also what factors affecting qualities should be conducted. Banana flour could store for 6 months in laminate packages in 4 and 10°C. It was found that seasons, harvesting dates were not affected the qualities. It was shown that flour from different ripening age (60-80% of ripening) had not different qualities. Sweet potato flour could be made bakery product such as cake, doughnut, pancake, etc. Thus, sweet potato was replaced wheat flour 100%. Starch which having higher viscosity than flour was made for noodle from sweet potato starch. So in vermicelli process, 20% of sweet potato starch could be mixed with mungbean starch. Starch was flour which removed protein, fiber, oil etc. Normally, starch was washed by water 2-3 times. It was found that flour was soaked with vinegar for 30 minutes and washed 2-3 times, getting starch with same qualities as washing. Pea, nut, lotus grain, taro, job's tear, banan, sweet potato, etc., were resistant starch which gave low glucose when consumed. Moreover, starch of sweet potato and cassava were able to make biodegradable film and packaging for food.

บทนำ

ผลผลิตเกษตรจากพืชที่เรียกว่าพืชเศรษฐกิจในประเทศไทยมีมากมายหลายชนิด เช่น ข้าว มัน สำปะหลัง ข้าวโพด ถั่วเหลือง เป็นต้น มีปริมาณมากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายวิธี เป็นรายได้ให้ประเทศ แต่ก็มีพืชหลายชนิดที่ปลูกกันมาก ให้ผลผลิตสูง เรียก พืชศักยภาพ แต่การนำไปใช้ประโยชน์ยังไม่หลากหลาย ถ้าสามารถนำพืชศักยภาพ มาใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น เช่น การนำมาทดแทนผลผลิตพืชที่มีราคาสูง หรืออาจจะใช้ทดแทนพืชนำเข้า เช่น แป้งสาลี เป็นต้น ก็ทำให้พืชศักยภาพมีราคาสูงขึ้น

พืชที่จัดว่าเป็นพืชศักยภาพ เช่น กล้วยดิบ มันเทศ มันขี้หนู เป็นต้น

กล้วย เป็นผลไม้ที่มีหลากหลายพันธุ์ ราคาถูกและปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย เป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูงมาก กล้วยดิบจะมีแป้งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ กล้วยปลูกได้ทั่วไป ผลผลิตมีทั้งปี บางช่วงปริมาณผลผลิตกล้วยมีสูง จะบริโภคเฉพาะกล้วยสุก การนำไปใช้ประโยชน์จะมีแต่การทำอาหารหวานเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ราคากล้วยต่ำมาก หรือบางครั้งเกิดสภาพอากาศแปรปรวน เกิดอุทกภัย วาตภัย อาจทำให้ต้นกล้วยที่มีผลผลิตแล้วเกิดเสียหาย ถ้าสามารถนำผลผลิตกล้วยดิบมาทำแป้งเพื่อใช้ทำประโยชน์อื่นๆ นอกจากทำผลิตภัณฑ์ที่เคยผลิต นอกจากได้ผลิตภัณฑ์อื่นๆ แล้ว อาจสามารถใช้แทนผลผลิตพืชอื่น และการทำเป็นแป้งจะสามารถเก็บผลผลิตกล้วยในรูปแบบอื่นซึ่งสามารถเก็บรักษาได้นาน และสามารถเพิ่มมูลค่าในการทำผลิตภัณฑ์อื่น

แป้งกล้วยมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 84.1 ความชื้นร้อยละ 9.7 โปรตีนร้อยละ 3.1 ไขมันร้อยละ 0.5 แป้งกล้วยดังกล่าวเรียกว่าแป้งฟลาว (flour) ซึ่งเป็นแป้งที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ถูกนำมาบดจนละเอียด ภายในแป้งประกอบด้วยสารอาหารและองค์ประกอบต่างๆที่มีอยู่ในวัตถุดิบเดิมทั้งหมดคือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใย และแร่ธาตุต่างๆ (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) เนื่องจากกล้วยมีไขมันต่ำ และพลังงานสูง กล้วยจึงเป็นอาหารที่แนะนำสำหรับคนชรา ผู้เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร และเด็กที่ท้องเสียบ่อยๆ กล้วยสามารถลดแก๊สในกระเพา ซึ่งเกิดจากความเครียด และยังมีวิตามิน A, B6 และ C อีกด้วย ผลกล้วยสามารถแก้อาการท้องผูก เพราะมีสารเพ็คติน (pectin) สารเพ็คตินช่วยเพิ่มกากอาหารในลำไส้ กากอาหารเมื่อเพิ่มมากถึงระดับหนึ่งจะไปดังผนังสำไส้ จะทำการบีบตัวไล่กากอาหารออกทำให้ถ่ายออกได้ มีคำแนะนำในการใช้กล้วยรักษาอาการแน่นจุกเสียดให้นำผลกล้วยดิบ หรืออาจใช้ผลกล้วยดิบที่ฝานบางๆแล้วตากแห้งและบดให้ละเอียดเป็นแป้ง ใช้ผงกล้วยนี้ในปริมาณ 1-2 ช้อนโต๊ะใส่ในถ้วยแล้วนำน้ำผึ้ง 1 ช้อนโต๊ะ ผสม ใช้รับประทานเพื่อรักษาอาการแน่นจุกเสียด หรือหากมีอาการท้องเสียก็ใช้ได้เช่นกัน (Ambriz *et al*., 2008)

การจะนำผลผลิตพืชชนิดตางๆ มาทำแป้งเพื่อการใช้ประโยชน์ต่อไป จำเป็นต้องมีข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี คุณภาพแป้ง เช่น ปริมาณแป้ง ปริมาณอมิโลส ความหนืด (viscosity) ซึ่งมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เมื่อจะนำไปแปรรูป ความหนืดของแป้ง เป็นลักษณะที่บอกว่าแป้งเหมาะที่จะทำผลิตภัณฑ์ประเภทใด โดยใช้หลักการเมื่อน้ำแป้งได้รับอุณหภูมิสูงขึ้น เม็ดแป้งจะขยายตัวจนเป็นเจล ความหนืดระยะที่แป้งเจล ที่จุดนี้เรียก

ค่า Peak viscosity และความหนืดของแป้งที่อุณหภูมิ 95°C เรียกค่า Holding Strength ซึ่งเป็นค่าความหนืดต่ำที่สุดระหว่างการทำเย็น และความหนืดเมื่อเจลมีอุณหภูมิลดลงถึง 50°C ซึ่งเป็นค่าความหนืดสุดท้าย คือ ค่า Final viscosity ส่วนค่าความต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด หรือค่า Setback from Through จากลักษณะความหนืดของแป้งแบบต่างๆ จะสามารถบอกได้ถึงความเหมาะสมของแป้งในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ

แป้งกล้วยจะมีค่าความหนืดเมื่ออุณหภูมิต่ำ (setback) สูง ซึ่งลักษณะนี้เหมาะในการทำผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นเพราะจะมีความเหนียวนุ่ม ประเภท เส้นก๋วยเตี๋ยว วุ้นเส้น เป็นต้น สามารถนำไปผลิตเป็นแป้งและสตาร์ชได้ ซึ่งเป็นแหล่งของ resistant starch ซึ่งไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ของมนุษย์ จึงทำให้มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยสามารถนำแป้งและสตาร์ชกล้วยมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ใช้เป็นวัตถุดิบหรือใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร รวมถึงเป็นการเพิ่มมูลค่าอีกด้วย (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2550)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพแป้งกล้วย

กล้วยทุกชนิดปลูกได้ตลอดทั้งปี และปลูกได้ในทุกพื้นที่ อายุการเก็บเกี่ยวที่มีความสุกแก่มากน้อยต่างกัน ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพแป้งกล้วยและวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เช่น ฤดูกาลอายุการเก็บเกี่ยว วิธีการลดความชื้น ความเสียหายจากการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เพื่อที่คงคุณภาพแป้งกล้วยให้มีคุณภาพดีในการนำไปแปรรูป

การเก็บเกี่ยวกล้วยมักจะเก็บเมื่อกล้วยมีความแก่แตกต่างๆ กัน ซึ่งขึ้นอยู่กับตลาด ถ้าหากต้องมีการขนส่งไปยังที่ไกลๆ หรือเพื่อการส่งออกที่ต้องใช้เวลานาน เช่น ตลาดต่างประเทศจะเก็บเกี่ยวเมื่อผลยังมีเหลี่ยม คือ ยังแก่ไม่เต็มที่มีความแก่ประมาณ 70-80% ถ้าต้องการส่งไปต่างจังหวัดภายในประเทศ ควรเก็บเมื่อแก่เต็มที่ซึ่งจะสุกภายใน 1-2 สัปดาห์ แต่ถ้าส่งตลาดภายในจังหวัด หรือบริเวณใกล้ๆ ควรเก็บเกี่ยวผลที่แก่เต็มที่ ซึ่งจะสุกภายในไม่กี่สัปดาห์ โดยทั่วๆ ไปการเก็บเกี่ยวกล้วยมักนิยมพิจารณาขนาดของเหลี่ยมกล้วยเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากความแก่ของผลกล้วยจะมีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับมุมของเหลี่ยมผลสำหรับมาตรฐานความแก่ของกล้วยที่ใช้เหลี่ยมของผลเป็นเกณฑ์ ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมอาจพิจารณาจากลักษณะอื่น เช่น การนับจำนวนวันของกล้วย โดยเริ่มนับจากวันที่ปลีกล้วยโผล่ออกมาให้เห็นจนถึงวันเก็บเกี่ยวได้หรือเริ่มต้นจากวันที่กาบดอกของหวีแรกเปิดออกจนถึงวันเก็บเกี่ยวหรือการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลกล้วย (สมศักดิ์, 2546) และคุณภาพของผลผลิตยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวจนถึงมือผู้บริโภค หากระยะเวลานานเกินไปอาจทำให้คุณภาพและปริมาณเปลี่ยนแปลงไป เช่น สุกงอมเกินไป ทำให้สี กลิ่น รสเปลี่ยน ถ้าหากส่งในปริมาณที่มากอาจทำให้ปริมาณของน้ำหนักเพิ่มขึ้น หรือลดลงไม่เป็นไปตามความต้องการของผู้ซื้อ เป็นต้น

เนื่องจากปัจจุบันพบว่า บางฤดูกาลผลผลิตของกล้วยจะมีมากกว่าการบริโภค ทำให้บริโภคไม่ทันและราคาตก เป็นผลให้ใช้ประโยชน์ได้น้อยลงอีกทั้งอาจประสบปัญหาอุทกภัยฉับพลันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (climate change) ดังนั้น การศึกษาระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของกล้วยแต่ละพันธุ์ที่

อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและคุณภาพแป้งกล้วย จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะสามารถแก้ปัญหาผลิตผลมากเกินได้รวมทั้งเป็นแนวทางในการนำแป้งไปแปรรูปเพื่อสร้างรายได้ให้กับครอบครัวและพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมได้ อีกทั้งเป็นการลดมลภาวะของสภาพแวดล้อม ส่งเสริมการใช้วัตถุดิบในประเทศ ลดปริมาณการนำเข้าแป้งสาลีและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์อาหาร

วัฒนะ (2540) พบว่าช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวมีผลต่อปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลัง การเก็บเกี่ยวช่วงฤดูแล้งมีปริมาณแป้งสูงกว่าการเก็บเกี่ยวในฤดูฝน เมื่อนำแป้งที่สกัดมาตรวจสอบคุณสมบัติ ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวเท่านั้นที่มีผลต่อความหนืดและสมบัติของแป้ง แป้งที่เก็บเกี่ยวในช่วงฤดูแล้งมีความหนืดสูงกว่าแป้งในฤดูฝนและการเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝนจะให้ปริมาณไซยาไนด์ต่ำ เพราะว่าความชื้นของดินมีผลต่อปริมาณไซยาไนต์ จากประโยชน์ของแป้งกล้วยนี้จึงควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งจากกล้วยที่จะมีผลต่อคุณภาพการแปรรูป ซึ่งมีผลต่อการแข่งขันทางการตลาดและราคาของผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์ แต่คุณภาพเหล่านี้ขึ้นกับสาเหตุหลายประการ ซึ่งฤดูกาล สภาวะการปลูก และการเก็บเกี่ยวส่งผลถึงขนาดของเม็ดแป้งและคุณสมบัติทางฟิสิกส์ต่างๆ โดย

ดลใจ (2542) พบว่า การเก็บเกี่ยวในช่วงเริ่มต้นฤดูฝน มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตใหม่อีกครั้งหนึ่ง (regrowth) ปริมาณอมิโลสและขนาดของอมิโลสลดลง เนื่องจากมันสำปะหลังได้รับน้ำฝน จะมีการเจริญเติบโตส่วนต้นและใบ จึงเกิดกระบวนการไฮโดรไลซิสอมิโลส เพื่อให้ได้กลูโคสไปผลิตพลังงานสร้างต้นและใบต่อไป

สิริลักษณ์ และ จันทนี (2553) ศึกษาผลของฤดูการเก็บเกี่ยว และพันธุ์ ต่อปริมาณแป้งทนย่อย และคุณสมบัติด้านเพสท์ของแป้งเผือก พบว่าพันธุ์เผือกและฤดูกาลเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลร่วมต่อปริมาณ resistant starch (RS) หัวเผือกสดพันธุ์เผือกไม้ และเผือกหอมเชียงใหม่ที่เก็บเกี่ยวในฤดูร้อนมีปริมาณ RS มากที่สุด (ร้อยละ 49.97 และ 48.76 ตามลำดับ) ขณะที่หัวเผือกสดพันธุ์เผือกไม้ที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝนมีปริมาณ RS น้อยที่สุด (ร้อยละ 22.8) เมื่อเทียบกับพันธุ์และฤดูกาลอื่น และการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี (ไขมัน โปรตีน และเถ้า) สี และคุณสมบัติด้านเพสท์ของแป้งเผือกที่ใช้วิธีการโม่แห้งหัวเผือกสดแต่ละพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในฤดูร้อน และคุณสมบัติด้านเพสท์ของสตาร์ชโดยวิธีการโม่เปียก พบว่า แป้งเผือกจากพันธุ์ PM มีปริมาณไขมัน โปรตีน และเถ้าสูงที่สุด (ร้อยละ 0.48, 10.54 และ 4.01 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบสตาร์ชของพันธุ์ PM (ร้อยละ 0.001, 0.26 และ 0.35 ตามลำดับ) รวมทั้งแป้งและสตาร์ชของพันธุ์อื่น แป้งเผือกพันธุ์ PM มีปริมาณ RS มากที่สุด (ร้อยละ 49.68) เมื่อเปรียบเทียบกับสตาร์ชของ PM (ร้อยละ 19.34) และมีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มากที่สุด (4.17) เมื่อเทียบกับสตาร์ชของ PM (1.99) และพันธุ์อื่นๆ สตาร์ชจากเผือกทุกพันธุ์มีค่าความหนืดสุดท้าย และค่าการคืนตัวสูง แต่มีค่าอุณหภูมิที่เริ่มเกิดเพสท์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งเผือก

กล้วย ส่วนใหญ่จะนำมาทานในรูปแบบทานผลสด และนำมาแปรรูป ผลกล้วยรับประทานได้ทั้งดิบและสุก เป็นแหล่งของสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการหลายชนิด เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามินและแร่ธาตุ และใน

แป้งกล้วยมีค่าไกลซิมิค อินเดกซ์ (Glycemic Index: GI) และปริมาณคอเลสเตอรอล (LDL) ต่ำ การบริโภคกล้วยหรือแป้งกล้วยจึงสามารถช่วยป้องกันโรคเบาหวาน โรคมะเร็ง โรคอ้วน และโรคหัวใจได้ (เบญจมาศ, 2545) นอกจากนี้แป้งกล้วยยังมีกลิ่นเฉพาะตัว เกิดการพองตัวใส เมื่อได้รับความร้อน และละลายน้ำได้ดี (ญาณิศา และคณะ, 2536) และเป็นแหล่งที่ดีของสารประกอบพวกฟีนอลิก (phenolic compounds) จากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ในการอนุมูลอิสระหลายชนิด (Vergara-Valencia *et al*., 2007)

องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของแป้ง

องค์ประกอบของแป้งทุกชนิดประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรท โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย ความชื้น แต่ปริมาณขององค์ประกอบเหล่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์พืช แป้งเป็นสารคาร์โบไฮเดรต ประเภทโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส ซึ่งจะแบ่งเป็น อมิโลส ประกอบด้วยกลูโคส 500-6000 โมเลกุล ซึ่งต่อกันเป็นโซ่ยาวแบบไม่มีกิ่ง แต่โซ่ของ Amylose อยู่ในรูปของผลึก (crystal) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ500,000 Da เป็นโมเลกุลเส้นยาว ส่วนใหญ่ประกอบด้วย 1,4 ? glucosidic bonds และ อมิโลเพคติน (Amylopectin) พบว่า มีกลูโคสประมาณ 30 โมเลกุล แต่น้ำหนักโมเลกุลมากกว่าอมิโลสถึง 1000 เท่า มีโครงสร้างต่างจากอมิโลส คือ นอกจากต่อเป็นโซ่ยาวแล้วยังต่อแบบเป็นกิ่งด้วย 1, 6? glucosidic bonds จะมีผลต่อความนิ่มละแข็งของผลิตภัณฑ์ อมิโลสและอมิโลเพคตินจะอยู่เป็นสัดส่วนขึ้นกับชนิดของแป้งแต่ละชนิด (Taggart, 2004) แป้งที่มีอมิโลสสูงผลิตภัณฑ์จะแข็งเหมาะจะทำผลิตภัณฑ์เส้น แป้งที่มีโปรตีนสูง จะทำให้ลดการพองตัวของเม็ดแป้ง ทำให้เนื้อแป้งจะแข็งร่วนเมื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์ (Tester and Morrison, 1991) แป้งที่มีไขมันสูงจะต้องลดความชื้นเพื่อป้องกันการหืน แต่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มนวล

องค์ประกอบของแป้งพลาวพืชจะมีคาร์โบไฮเดรทเป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนอื่นๆ คือ โปรตีน ไขมัน เส้นใย และความชื้น ปริมาณขององค์ประกอบเหล่านี้จะแตกต่างกันขึ้นกับพืช ชนิดพืช และพันธุ์พืช เมื่อทำให้แป้งบริสุทธิ์คือนำองค์ประกอบที่ไม่ใช่แป้งออกไปให้มากที่สุด แป้งประเภทนี้จะเรียกว่า สตาร์ช ซึ่งจะทำให้คุณภาพของแป้งสตาร์ชเปลี่ยนไปแตกต่างจากแป้งพลาว เพราะส่วนของโปรตีนเมื่อมีอยู่ในเมล็ดข้าวกล้อง จะทำให้ข้าวกล้องสุกมีความร่วนแข็งมากขึ้น (Furukawa *et al*. 2006) ไขมันจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่ม มีความชุ่มชื้น เส้นใยจะทำให้แป้งมีความร่วนมากขึ้น เป็นต้น แป้งสตาร์ชจะมีความหนืดของแป้งมากขึ้น ลักษณะที่ต่างกันทำให้การนำเอาไปใช้ประโยชน์ต่างกัน ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้แป้ง ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ เช่น ผลิตภัณฑ์เส้น เช่น ขนมจีน ก๋วยเตี๋ยว วุ้นเส้น ขนมไทย ฯลฯ ใช้แป้งสตาร์ช ถ้านำแป้งพลาวไปทำผลิตภัณฑ์เส้นจะทำให้คุณภาพเส้นไม่นุ่มเหนียว ดังนั้นการผลิตแป้งสตาร์ชจึงเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการทำผลิตภัณฑ์ในระดับอุตสาหกรรม

โปรตีนในแป้งพืชแต่ละชนิดจะอยู่ในเม็ดแป้งในรูปแบบที่ต่างกัน เช่น เคลือบอยู่ที่ผิวเม็ดแป้ง (starch granule) เช่น แป้งข้าว แต่บางชนิดเม็ดแป้งจะมีรูที่มีโปรตีนบรรจุอยู่ เช่น แป้งข้าวเหนียว ข้าวโพด เป็นต้น

(Han *et al*., 2005) แต่ลักษณะของโปรตีนที่ต่างกัน ทำให้คุณสมบัติของแป้งพืชต่างกัน และทำให้การสกัดโปรตีนในแป้งพืชแต่ละชนิดต่างกันไปด้วย

แป้งย่อยยาก หรือResistant starch

แป้งย่อยยาก เป็นแป้งที่เมื่อบริโภคแล้ว มีการย่อยในขบวนการย่อยในส่วนของปาก และลำไส้ตอนบนที่มีเอนไซม์แอลฟาอมิเลสจะได้น้ำตาลกลูโคสในปริมาณต่ำ ลักษณะการเป็นแป้งย่อยยากหรือ Resistant starch แป้งพืชแต่ละชนิดจะมีระดับการถูกย่อยที่ต่างกัน ซึ่งมีการจัดแบ่ง resistant starch เป็นประเภทต่างๆ 4 ประเภท คือ **ประเภทที่1** แป้งที่ไม่สามารถย่อยได้ เช่น แป้งจากเมล็ดถั่ว และเมล็ดพืชทั้งเมล็ดที่ไม่ผ่านขบวนการปรุงอาหาร **ประเภทที่ 2** แป้งที่ไม่ผ่านการปรุง เช่น มันฝรั่งที่ไม่ได้ปรุง กล้วยดิบข้าวโพดที่มีอมิโลสสูง **ประเภทที่ 3** แป้งที่ผ่านการปรุงอาหารและมีลักษณะเป็น resistant starch เช่น ถั่วที่ผ่านการปรุงอาหาร คอร์นเฟลค มันฝรั่งที่ผ่านการปรุง และแช่เย็น หรือ ข้าวโพดที่มีอมิโลสสูงที่ผ่านการretrograde **ประเภทที่ 4** แป้งที่ผ่านขบวนการทางเคมีให้ต้านทานการย่อย และไม่พบในธรรมชาติ

ลักษณะ**ย่อยยากหรือ การเป็น Resistant starch** จึงเป็นแป้งประเภทหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะแป้งที่บริโภคแล้วได้น้ำตาลกลูโคสต่ำ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยเบาหวาน ผู้เป็นโรคอ้วน ความดันโลหิตสูง เป็นต้น เพราะโดยทั่วไปแป้งที่รับประทานเข้าไปจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบการย่อยอาหารให้เป็นน้ำตาลกลูโคสและถูกดูดซึมเก็บไว้ในเส้นเลือด มีผลต่อผู้ป่วยเป็นโรคต่างๆ ได้ ถ้าพืชศักยภาพมีคุณสมบัติเป็นแป้ง resistant starch ที่ย่อยให้เป็นน้ำตาลกลูโคสได้ยากในการบริโภค แล้วนำมาผลิตเป็นอาหารสุขภาพก็จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยที่ไม่ต้องการน้ำตาลกลูโคสได้ และเป็นการเพิ่มมูลค่าแก่แป้งและผลิตภัณฑ์จากแป้งที่มีอยู่

แป้งดัดแปร หรือ modified starch

แป้งสามารถได้จากพืชหลายชนิด เพราะผลผลิตพืช จากส่วนเมล็ด เช่น ข้าว เดือย ข้าวโพด ถั่วต่างๆ จากรากสะสมอาหาร ลำต้นใต้ดิน เช่น มันสำปะหลัง มันเทศ กลอย สาคู หรือจากผล เช่น กล้วย จาลำต้น เช่น สาคูปาล์ม เป็นต้น ผลผลิตเหล่านี้จะมีส่วนประกอบหลักคือแป้ง แต่คุณสมบัติของแป้งแต่ละพืชจะต่างกัน เช่น ร่วน เหนียว แข็ง นิ่มเละง่าย เป็นต้น ผลผลิตเหล่านี้ขณะเก็บเกี่ยวจะมีความชื้นสูงมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะประเภทมันจะมีความชื้นสูงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ต้องรีบแปรรูปหรือนำไปใช้ประโยชน์ เช่น มันเทศ เก็บรักษานานมากกว่า 4 วันก็จะเน่าเสียหาย ถ้าสามารถนำแป้งเหล่านี้มาทำแป้งฟลาวโดยการหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วลดความชื้นให้เหลือประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์แล้วนำมาบดเป็นแป้ง ก็จะทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานและใช้พื้นที่ในการเก็บรักษาน้อยและดูแลง่ายกว่า เหมาะสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆได้ต่อไป

แป้งแบ่ง 2 ประเภท ฟลาว (flour) และสตาร์ช (starch) ซึ่งฟลาวและสตาร์ชมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ส่งผลให้คุณสมบัติแตกต่างกัน (งามชื่น, 2533) แป้งสตาร์ช หรือแป้งบริสุทธิ์ (starch) หมายถึง แป้งที่ผ่านการแยกส่วนของโปรตีนออกจนมีความบริสุทธิ์ของแป้งสูงมาก และมีส่วนที่เป็นสารอาหารคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ แป้งสตาร์ชทำได้โดย นำหัวมันเทศหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ปั่นให้ละเอียด ค้นน้ำแป้งจนหมดหรือเมื่อผสมน้ำ คั้นจนได้น้ำใส นำน้ำแป้งมาตกตะกอน ผสมน้ำใหม่แล้วตกตะกอนอีก 2-3 ครั้ง ทิ้งน้ำใส นำแป้งไปลดความชื้น โดยการตากแดด หรืออบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนความชื้นเหลือไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ หรือการแยกโปรตีน อาจใช้แยกด้วยสารละลายของด่างโซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์หลาย ๆ ครั้งและล้างด่างออกด้วยน้ำ หลังจากนั้นจึงแยกน้ำออกและอบแห้ง

กล้วยดิบจะมีแป้งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ คุณภาพแป้ง เช่น ปริมาณแป้ง ความหนืด จะมีผลต่อผลิตภัณฑ์เมื่อจะนำไปแปรรูป แป้งกล้วยจะมีความหนืดเมื่ออุณหภูมิต่ำ (Set-back) สูง ซึ่งลักษณะนี้เหมาะในการทำผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นเพราะจะมีความเหนียวนุ่ม ประเภท เส้นก๋วยเตี๋ยว วุ้นเส้น เป็นต้น จากลักษณะนี้อาจจะดัดแปลงนำแป้งกล้วยมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหนืดประเภทนี้ ในบางฤดูกาลปริมาณผลผลิตกล้วยมากเกินความต้องการ กล้วยที่ใช้บริโภคสดมีอายุการเก็บสั้นเพียง 5-7 วัน ก่อนเน่าเสีย ก่อให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ การนำกล้วยมาแปรรูปเป็นแป้งจะช่วยลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ กล้วยน้ำว้าดิบควรถูกเก็บเกี่ยวเมื่อมีความแก่ระยะ Full 3/4 หรือแก่ประมาณ 90% และทำการผลิตภายใน 24 ชั่วโมง ซึ่งที่ความแก่ของกล้วยระยะนี้จะมีอัตราของแป้งและน้ำตาลเหมาะสมที่จะทำให้แห้งได้อย่างคุ้มค่า ซึ่งถ้าใช้กล้วยน้ำว้าที่แก่น้อยไป จะได้แป้งที่มีรสขมและฝาดเล็กน้อยเนื่องจากปริมาณแทนนิน (Mircea, 1955) คุณภาพที่สำคัญของแป้งกล้วย ได้แก่ กลิ่น สีและความชื้น ซึ่งคุณภาพเหล่านี้จะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาแป้งกล้วย โดยแป้งกล้วยอาจเสื่อมคุณภาพลงได้เนื่องจากปัจจัยของตัวผลิตภัณฑ์ (แป้งกล้วย) ภาชนะบรรจุที่ใช้ และสภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ออกซิเจนและแสง เป็นต้น ซึ่งการเสื่อมคุณภาพต่างๆ เหล่านี้ทำให้แป้งกล้วยมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางกายภาพของแป้งกล้วย มีผลทำให้กลิ่น สีและรสเปลี่ยนไป และจะส่งผลต่อเนื่องไปถึงการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆอีกด้วย ดังนั้น เพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพของแป้งกล้วยไว้ได้ตามกำหนดเวลาที่ต้องการและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคนั้น จำเป็นต้องเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมที่จะช่วยป้องกันไม่ให้สภาวะแวดล้อมดังกล่าวข้างต้นเข้าถึงผลิตภัณฑ์ได้ และเลือกเก็บรักษาในสภาวะที่เหมาะสมอีกด้วย (ชลธิรา, 2545)

มันเทศ เป็นพืชที่ให้แป้งสะสมอยู่ในลำต้นใต้ดิน เป็นพืชที่ปลูกกันมากโดยทั่วไป ผลผลิตมันเทศ ปีละ 4-7 ตัน/ไร่ แป้งมันเทศจากพันธุ์พื้นเมืองจะมีพื้นที่ปลูกหลายแห่ง เช่น อ่างทอง พิจิตร กาญจนบุรี เป็นต้น ที่อำเภอกันทรลักษณ์ จังหวัดศรีสะเกษ ผลผลิตประมาณ 500 ตัน/ไร่ หัวมันจะมีขนาดใหญ่ ถ้าจะนำมาทำแป้ง เมื่อนำไปปอกเปลือก แล้วนำไปลดความชื้น จะได้แป้งฟลาวมีสีขาว ส่วนใหญ่จะปลูกเพื่อรับประทานหัวสด ในการนำไปเผา ปิ้ง ต้มเป็นขนมหวาน เช่น แกงบวด เชื่อม หรือนำไปทำขนมไข่นกกระทา เป็นต้น

Ibitoye *et al.* (2003) ได้ผสมแป้งมันเทศกับแป้งสาลีในการทำเส้นบะหมี่ เพื่อให้ได้เส้นบะหมี่มีวิตะมินเอ และคุณค่าอาหารอื่นๆ

คุณสมบัติของแป้งในการทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ

ผลิตภัณฑ์เส้น เช่น ก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน ต้องการแป้งที่มีปริมาณอมิโลสสูงกว่า 25% มีค่า set back หรือค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัวสูง (จารุวรรณ, 2545)

ผลิตภัณฑ์ประเภทซอส ต้องการ แป้งที่ข้น ไม่เหนียว ไม่ตกตะกอน

ผลิตภัณฑ์ทอดกรอบ ต้องการแป้งที่เหนียว พองตัว อมิโลสต่ำ

เป็นต้น

แป้งพืชมีมากมายหลายชนิด มีผลผลิตมากในแต่ละฤดู เช่น มันสำปะหลัง มันเทศ กล้วยดิบ เผือก เดือย เป็นต้น แต่แป้งพืชเหล่านี้มีลักษณะบางอย่างที่ยังไม่สามารถทำผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมได้ เช่น ผลิตภัณฑ์เส้น ประเภทก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน เส้นหมี่ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ต้องการแป้งที่มีอมิโลสสูง แป้งแข็ง ร่วน แต่จะมีความเหนียวเมื่อแป้งเย็นตัว ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้แป้งข้าวเจ้าที่มีความแข็งร่วน ซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองนาปี แต่ปัจจุบันข้าวประเภทนี้มีพื้นที่ปลูกน้อยมาก แต่มันสำปะหลังจะมีผลผลิตมาก ราคาต่ำ แต่ไม่มีคุณสมบัติที่จะทำผลิตภัณฑ์เส้นดังกล่าวได้ ถ้าสามารถหาวิธีกรที่จะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติแป้งมันสำปะหลังที่มีความหนืดสูงให้เป็นแป้งที่มีความแข็งมากขึ้น ก็จะสามารถนำแป้งมันสำปะหลังที่มีอยู่มาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

ผลิตภัณฑ์ในระดับอุตสาหกรรมที่น่าสนใจ เช่น ขนมอบกรอบ ซอสปรุงรส (seasoning) สารที่ให้ความข้น เป็นต้น

สตาร์ชดัดแปร (modified starch) หมายถึงสตาร์ช (starch) ที่ได้จากการนำสตาร์ชธรรมชาติ (native starch) มาผ่านกรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ทำให้มีสมบัติเปลี่ยนไปตามที่ต้องการ เช่น ความหนืด (viscosity) ลดลง คงตัวต่อความร้อน กรด และแรงเฉือน กรรมวิธีการผลิตสตาร์ชดัดแปรโดยวิธีทางเคมี กายภาพ เอนไซม์ หรือโดยจุลินทรีย์

สตาร์ชที่นำมาใช้แปรรูปเป็นสตาร์ชดัดแปร ได้แก่ สตาร์ชจากมันสำปะหลัง (tapioca starch) สตาร์ชข้าวโพด สตาร์ชข้าวเจ้า

วิธีการทำแป้งสตาร์ชโดยทั่วไป จะนำแป้งฟลาวแช่น้ำเพื่อให้ส่วนของโปรตีนละลายน้ำแล้วเทน้ำทิ้ง ทำเช่นนี้ 2-3 ครั้ง จนกระทั่งโปรตีนออกมากที่สุด แล้วนำแป้งไปลดความชื้นด้วยการตากหรือ อบ ทดสอบการเป็นแป้งสตาร์ชโดยนำแป้งที่ได้วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน เส้นใย และน้ำมัน พร้อมทั้งนำไปวิเคราะห์ความหนืดแป้ง

วิธีดังกล่าวใช้เวลานานหลายวัน ใช้ปริมาณน้ำมาก จึงควรหาวิธีที่ง่าย ใช้เวลาสั้น เพื่อสะดวกในการทำแป้งสตาร์ชจำนวนมาก การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาวิธีสกัดเอาโปรตีนออกจากแป้งฟลาวของพืชชนิดต่างๆ อย่างเหมาะสม รวดเร็ว ไม่เป็นอันตราย

ชนิดของสตาร์ชดัดแปร

1.สตาร์ชดัดแปรด้วยกระบวนการทางเคมี เป็นสตาร์ชดัดแปรส่วนใหญ่ที่มีการผลิตและใช้ในระดับอุตสาหกรรมเป็นสตาร์ชที่ผ่านการดัดแปรโครงสร้างด้วยกระบวนการทางเคมีมีหลายชนิด ขึ้นกับชนิดของสารเคมีที่ใช้ และระดับการดัดแปร (degree of substitution, DS) เช่น

-สตาร์ชไฮดรอกซีโพพิล (hydroxypropyl starch)

-สตาร์ชครอสลิง (cross-linked starch)

-สตาร์ชแอซีเทต (acetate starch)

-สตาร์ชคาร์บอกซีเมทิล (carboxymethyl starch) เป็นต้น

2. สตาร์ชดัดแปรทางกายภาพ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์ (สืบค้นเมื่อ 24 มกราคม 2558) เป็นการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยทำให้โครงสร้างโมเลกุลภายในเม็ดสตาร์ช เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ใช้พลังงานความร้อน หรือพลังงานจลน์หรือทั้ง สองอย่างประกอบกัน เมื่อโครงสร้างโมเลกุลภายในเม็ดสตาร์ชได้ถูกเปลี่ยนแปลงไป สมบัติของสตาร์ชก็เปลี่ยนไปเช่นกัน สตาร์ชในกลุ่มนี้ ได้แก่

-สตาร์ชพรีเจลาติไนซ์ (pregelatinized starch)

-Granular cold water soluble starch

-Annealing starch

-Heat treatment starch

-Mechanical milling starch

การใช้แป้งทดแทนแป้งสาลี

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งสาลีในการทำเบเกอรี่ ปัจจุบันคนไทยให้ความสนใจการบริโภคอาหารประเภทขนมอบ เช่น ขนมปัง เค้ก คุกกี้ และอื่นๆ เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสะดวกในการซื้อและบริโภค จึงส่งผลให้อัตราการใช้วัตถุดิบในการผลิตเพิ่มขึ้นทุกปีแป้งสาลีเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบทุกชนิด และต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูงขึ้นมาก การใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมการใช้แป้งกล้วยซึ่งเป็นวัตถุดิบท้องถิ่นให้มีบทบาทในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ลดปริมาณนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศ นอกจากนี้แป้งกล้วยยังมีกลิ่นเฉพาะตัว มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีรวมตัวกับน้ำได้ดีคือ เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวใส เมื่อปล่อยให้เย็นจะเกิดลักษณะคล้ายวุ้นเนื่องจากเป็นแป้งที่มีอมิโลสสูง จึงทำให้คุณสมบัติพิเศษเฉพาะ เหมาะที่จะนำมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบและขนมไทยได้ดี วลัยและคณะ (2542) ได้นำแป้งกล้วยมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เค้ก คุกกี้ โดนัท ขนมเปี๊ยะไหว้พระจันทร์ ในอัตราส่วน 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สามารถนำแป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เค้ก คุกกี้ โดนัทและขนมเปี๊ยะไหว้พระจันทร์ได้สูงสุดในอัตราส่วน 25 25 50 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งกล้วยยังมีลักษณะดีตามลักษณะของผลิตภัณฑ์นั้นๆ และหากเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยมากกว่านี้ พบว่าผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะร่วนซุยสีคล้ำ

แป้งทดแทนถั่วเขียว

วุ้นเส้น (Vermicelli) เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นที่ทำจากแป้งสตาร์ชถั่วเขียว นิยมกันมากทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ เช่น จีน เวียตนาม ญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งเชื่อกันว่าทานแล้วไม่อ้วน เพราะทำจากแป้งถั่วเขียวไม่ใช่ข้าว ซึ่งย่อยแล้วให้เป็นน้ำตาลในปริมาณต่ำ

วุ้นเส้นทำจากแป้งสตาร์ชถั่วเขียว วิธีการทำแป้งสตาร์ช คือ แช่เมล็ดถั่วเขียวจนเปลือกนุ่มหลุด แล้วนำเอาเปลือกออก นำส่วนเมล็ดสีเหลืองหรือเอนโดเสปิร์ม ที่นิ่มแล้วมาบดให้ละเอียดเป็น แป้งฟลาว นำแป้งฟลาวแช่น้ำประมาณ 8 ชั่วโมงหรือ 1 คืน จนแป้งตกตะกอน แล้วเทน้ำใสทิ้ง ทำเช่นนี้ประมาณ 3 ครั้ง แล้วนำเนื้อแป้งใส่ถุงแขวนไว้ 1 คืน แล้วนำแป้งอบให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด เรียกแป้งนี้ว่า สตาร์ช

แป้งสตาร์ชถั่วเขียวเป็นแป้งที่มีความหนืดสูง ประมาณ 250 BU. ขึ้นไป มีราคาสูง เพราะแป้งที่ใช้ต้องเป็นแป้งสตาร์ช ซึ่งมีผลผลิตต่ำ ปริมาณแป้งที่สกัดได้อยู่ในช่วง 10-15% เพราะในสตาร์ชที่ได้จากเมล็ดถั่วเขียวที่มีความชื้น ประมาณ 10% จะประกอบไปด้วย โปรตีนประมาณ 0.01-0.49% เปอร์เซ็นต์ ส้นใย น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ เถ้า น้อยกว่า 0.85 เปอร์เซ็นต์ และอมิโลส 25.45% (สุภารัตน์ และคณะ, 2534) ส่วนปริมาณวุ้นเส้นก็จะลดลงเล็กน้อยจากการสูญเสียในขบวนการผลิตด้วย

นอกจากจะนำถั่วเขียวมาใช้ในอุตสาหกรรมวุ้นเส้นแล้วยังนำไปทำถั่วงอก อาหารต่างๆ เช่น ขนมหม้อแกง ถั่วทอด และผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกมากมาย อุตสาหกรรมวุ้นเส้นจึงค่อนข้างขาดแคลนแป้งสตาร์ชถั่วเขียว

วิธีการทำวุ้นเส้น

ขั้นตอนการทำวุ้นเส้นจะมีหลายขั้นตอน และใช้เวลานาน เพราะต้องใช้เวลาในการนวดเป็นเวลานาน ถ้าต้องการทำเส้นแห้งเพื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน ต้องมีขั้นตอนการนำไปแช่แข็งแล้วถึงนำมาทำเส้นแห้ง ดังนี้

นำแป้งสตาร์ชถั่วเขียวหนัก 135 กรัม ใส่น้ำ 1350 กรัม ความเข้มข้นประมาณ ร้อยละ 10 นำไปกวนให้เป็นแป้งสุกมีความหนืดและใส แล้วนำไปผสมแป้งสตาร์ชแห้ง หนัก 2865 กรัม คิดเป็นร้อยละ 95.5 นวดให้เข้ากัน เติมน้ำนำไปนวดด้วยเครื่องพร้อมเติมน้ำทีละน้อย แล้วนำขึ้นมานวดมือจนเหนียว แล้วเติมน้ำให้มีความเข้มข้นพอที่แป้งจะไหลได้อย่างต่อเนื่อง เอาแป้งใส่ภาชนะเจาะรู แขวนไว้เหนือกระทะน้ำร้อน กดแป้งลงในน้ำร้อนจัด จนเส้นสุกลอยตักขึ้นแช่น้ำเย็น 2-3 ครั้ง จะได้วุ้นเส้นเส้นสด ถ้าต้องการทำเส้นแห้ง นำเส้นใส่ตู้แช่แข็งนาน 1 คืน นำเส้นมาละลายแล้วล้างน้ำ นำไปแขวนราวผึ่งให้แห้งสนิทแล้วทำการบรรจุ

วิธีรับประทานนำวุ้นเส้นแช่น้ำจนเส้นนิ่ม แล้วนำไปปรุงอาหาร วุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วนๆ ถึงแม้จะแช่น้ำนาน หรือปรุงอาหารประเภทต้ม เส้นจะไม่ดูดน้ำจนเส้นพองมาก เมื่อจะนำแป้งพืชอื่นมาทำเป็นวุ้นเส้น เมื่อดูปริมาณเส้นที่ได้แล้ว ก็ควรดูลักษณะการดูดน้ำและการพองตัวของเส้น

ราคาวุ้นเส้นค่อนข้างสูง เพราะราคาเมล็ดถั่วเขียวค่อนข้างสูง ผลผลิตมีน้อยในแต่ละฤดูผลิต ความต้องการแป้งมีมากทำให้เกิดขาดแคลนปริมาณเมล็ดถั่วเขียวเพื่อนำมาทำแป้ง วิธีการทำแป้งสตาร์ชและผลผลิตแป้งต่ำมาก ขั้นตอนการทำวุ้นเส้นที่ยุ่งยาก ปริมาณวุ้นเส้นที่ได้น้อยมาก จึงควรหาแป้งที่ราคาต่ำกว่าสตาร์ชถั่วเขียว แต่มีคุณสมบัติใกล้เคียงสามารถนำมาทำวุ้นเส้นได้ เพื่อมาทดแทนแป้งถั่วเขียว มีรายงานว่าในประเทศจีนได้นำเอามันเทศมาทำวุ้นเส้นซึ่งคุณภาพวุ้นเส้นไม่ต่างกันมาก (Chen, 2003) การทดลองนี้จึงศึกษานำแป้งมันเทศหรือแป้งพืชอื่นที่มีมากในประเทศมาใช้ทดแทนถั่วเขียวเพื่อลดปริมาณความต้องการแป้งถั่วเขียวได้

วิธีการทำแป้งสตาร์ชถั่วเขียว

ในประเทศไทยมีแป้งพืชหลากหลายชนิด จึงควรศึกษาหาแป้งพืชอื่นที่มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงแป้งสตาร์ชถั่วเขียว แป้งพืชอื่น เช่น มันเทศ กล้วย มันสำปะหลัง ฯลฯ พืชเหล่านี้เป็นพืชที่ปลูกกันมาก ผลผลิตสูงและสามารถหาได้ในราคาต่ำ ถ้าสามารถนำแป้งพืชเหล่านี้มาใช้ทดแทนแป้งถั่วเขียวได้น่าจะเป็นประโยชน์ในการลดต้นทุนการผลิตวุ้นเส้น เพิ่มมูลค่าแป้งพืช ได้อีกทางหนึ่ง

การทำพอลิเมอร์

แป้งพืชต่างๆ นอกจากใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแล้ว มีการนำแป้งไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมกาว เป็นต้น (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) หนึ่งในพืชที่มีความสำคัญของประเทศไทย เช่น มันสำปะหลัง (*Manihotes culenta*crantz) เป็นวัตถุดิบที่มีราคาถูก โครงสร้างหลักของแป้งมันสำปะหลังมีอยู่ 2 อย่าง คือ อมิโลส เป็นพอลิเมอร์เส้นตรง น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 10^5 และอมิโลเพคติน สายโซ่ของพอลิเมอร์เป็นกิ่งก้านสูง น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 10^7โดยมีอมิโลส 17% เป็นองค์ประกอบ เป็นส่วนที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับการขึ้นรูปฟิล์ม (Bangyekan *et al*., 2006) แป้งมันเทศ (*Impomoeabatalas* L.) มีอมิโลส และอมิโลเพคติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของพอลีแซคคาไรด์ในแป้งโดยมีปริมาณอมิโลสถึง25% เมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น (Noda *et al*., 2002)

พอลิเมอร์ชีวภาพสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม โดยขึ้นอยู่กับการสังเคราะห์และแหล่งที่มา คือ 1. พอลิเมอร์จากชีวมวล ได้แก่ พอลิแซคคาไรด์ โปรตีนและไขมัน 2. พอลิเมอร์ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ เช่น พอลีไฮดรอกซีแอลคาโนเอท (PHA) 3. พอลิเมอร์ที่ถูกสังเคราะห์โดยกระบวนการทางเคมี โดยใช้มอนอเมอร์จากแหล่งทางการเกษตร เช่น พอลีแลคติคแอซิด (PLA) 4. พอลิเมอร์ที่ถูกสังเคราะห์โดยกระบวนการทางเคมีจากแหล่งฟอสซิล เช่น พอลีคาโปรแลคโตน (PCL) นวัตกรรมในการผลิตฟิล์มบริโภคได้และ/หรือฟิล์มย่อยสลายได้ใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยใช้ทางด้านบรรจุภัณฑ์อาหาร ศัลยกรรมและทางเภสัชกรรม (Vieira *et al*., 2011) ในหมู่

พอลิเมอร์จากธรรมชาติ แป้งเป็นพอลิเมอร์ที่ได้รับความสนใจ เนื่องจากสามารถย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์ ราคาถูก และพัฒนาต่อเป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ สำหรับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น บรรจุภัณฑ์อาหาร และฟิล์มบริโภคได้ ผลิตมาจากแป้งต้องสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของอาหาร การเก็บรักษาอาหารสด การเพิ่มคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหาร เช่น ลักษณะที่ปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความปลอดภัยของอาหาร เดิมทีการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร เช่น พอลีเอทธิลีน ความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE) มีปัญหาในการกำจัดและมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม (Lu *et al*.,2009)

Jiménez *et al*. (2012) กล่าวว่าฟิล์มแป้งบริโภคได้และฟิล์มแป้งใช้สำหรับเคลือบ ถูกนำมาใช้สำหรับการปกป้องอาหารเพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันการศึกษางานวิจัยมีการพัฒนาอยู่เรื่อยๆ ในการที่จะหาทางแก้ไขปัญหาขยะจากพลาสติก สำหรับเป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ฟิล์มย่อยสลายได้เหล่านี้ยังเป็นบรรจุภัณฑ์ทางเลือกและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยการขึ้นรูปฟิล์มจากแป้ง และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของฟิล์มแต่ละชนิด แสดงให้เห็นถึงการใช้ฟิล์มแป้งย่อยสลายได้ และความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้าง และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ รวมไปถึงลักษณะอื่นๆ ของฟิล์มแป้ง หรือบรรจุภัณฑ์ เช่น ผลของการเติมสารเติมแต่ง เป็นต้น Suppakul *et al*. (2013) ทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มทำจากแป้งฟลาวมันสำปะหลัง โดยใช้สารเติมแต่งซอบิทอล พบว่าที่ 30% ซอบิทอลให้ค่าคุณสมบัติการต้านแรงดึงขาดสูงสุด Rachtanapun and Tongdeesoontorn (2009) เตรียมแผ่นฟิล์มผสม (แป้งมันสำปะหลังและแป้งฟลาวข้าว) โดยใช้สารเติมแต่ง คือ ซอบิทอล และสารแอนตี้ออกซิแดนท์ พบว่า ฟิล์มที่เติมสารแอนตี้ออกซิแดนท์Gallic acid (GA) ให้ค่าความต้านแรงดึงขาดสูงสุด López *et al*. (2011) ทำการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากแป้งข้าวโพดโดยการปิดผนึกฟิล์มด้วยความร้อน โดยอะซิทิลเลตสตาร์ช (acetylated starch) สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ และมีค่าความแข็งแรงของรอยเชื่อมการปิดผนึกมากกว่าฟิล์มเนทีฟสตาร์ช (native starch) และฟิล์มผสมระหว่างเนทีฟสตาร์ชและอะซิทิลเลตสตาร์ช ที่ความเข้มข้น 30% กลีเซอรอล Ghanbarzadeh *et al*. (2010) ศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งดัดแปร โดยผสมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ในอัตราส่วนต่างๆ กัน พบว่าปริมาณ 20% คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสสามารถเพิ่มแรงดึงขาดของแผ่นฟิล์มมากถึง 59% เมื่อเทียบกับฟิล์มที่ไม่เติมสารเติมแต่ง Abdorreza *et al*. (2011) ศึกษาผลของชนิดสารเติมแต่งต่อคุณสมบัติทางความร้อนและการปิดผนึกของแผ่นฟิล์มแป้งสาคู โดยฟิล์มที่ผสมกลีเซอรอลและซอบิทอล ในอัตราส่วน 3:1 ให้ค่าความแข็งแรงการปิดผนึกสูงสุด

อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์มีการใช้พลาสติกมากที่สุด (ประมาณ 38% ของการผลิตพลาสติกทั้งหมด) ในแต่ละปีการบริโภควัสดุบรรจุภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจาก 5% เป็น 7% ทุกๆปี (Tartakowski, 2010) ปัจจุบันพลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเคมี เช่น พอลีเอทธิลีนเทเลฟทาเลท (PET) พอลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) พอลีเอทธิลีน (PE) พอลีโพรพีลีน (PP) พอลีสไตรีน(PS) และพอลีเอไมด์ (PA) ถูกใช้ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อใช้เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ เพราะสามารถใช้ได้หลากหลาย ราคาถูก และมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีเยี่ยม เช่น แรงดึงขาด แรง

ฉีกขาด อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ แอนไฮดราย และสารประกอบอโรมา รวมไปถึงการปิดผนึกที่ดี แต่ในปัจจุบันนี้พลาสติกเหล่านี้ไม่สามารถที่จะนำมารีไซเคิล และ/หรือ ย่อยสลายได้ ดังนั้นจึงเกิดความกังวลเกี่ยวกับปัญหาระบบนิเวศ วัสดุบรรจุภัณฑ์พลาสติกจะมีการปนเปื้อนสู่ผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนั้นการรีไซเคิลวัสดุเหล่านี้จึงไม่เหมาะสม และต้นทุนในการรีไซเคิลไม่คุ้มทุน โดยผลจากการใช้สินค้าหลายพันตันที่ทำมาจากวัสดุพลาสติก และต้องใช้พื้นที่ฝังกลบเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี เป็นปัญหาของเทศบาลที่จะต้องกำจัดขยะเหล่านี้ การตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมที่ดีได้นั้นต้องมีข้อกำหนดของฟิล์ม บรรจุภัณฑ์ เกี่ยวกับผู้ใช้และการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป็นสิ่งที่สำคัญต่อเศรษฐกิจ (Siracusa *et al*.,2008) ทางออกสำหรับปัญหานี้ คือ บรรจุภัณฑ์อาหารที่ทำมาจากพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้สดุดตาต่อผู้บริโภคเมื่อได้เห็นเป็นครั้งแรก (Barlow and Morgan, 2013) ฉะนั้นความต้องการที่เพิ่มขึ้นของวัสดุบรรจุภัณฑ์ชีวภาพและวิธีการแบบใหม่เพื่อที่จะผลิตพลาสติกชีวภาพจึงเพิ่มขึ้น โดยการย่อยสลายเป็นกระบวนการที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ สามารถแตกสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย การใช้พลาสติกชีวภาพ คือการใช้ชีวมวลเป็นวัฏจักรทำซ้ำเรื่อยไป โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลาย คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และชนิดของจุลินทรีย์ (Mahalik and Nambiar, 2010)

บรรจุภัณฑ์มีหน้าที่ บรรจุ รวบรวม ปกป้อง คุ้มครองผลิตภัณฑ์จากสิ่งแวดล้อมและแรงกระทำจากภายนอก ผลิตได้จากวัสดุหลายชนิด ได้แก่ แก้ว กระดาษ โลหะ และพลาสติก โดยพลาสติกถือเป็นวัสดุบรรจุที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถใช้งานได้หลากหลาย ราคาถูก น้ำหนักเบา และสามารถขึ้นรูปได้ตามต้องการ และกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ได้ตามต้องการ เช่น สมบัติเชิงกล การแพร่ผ่านของสาร อีกทั้งบางชนิดสามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน (งามทิพย์, 2550) อย่างไรก็ตามการเพิ่มจำนวนการใช้ตามพลาสติกในปัจจุบัน นำพามาซึ่งปัญหาด้านขยะ เนื่องจากย่อยสลายได้ยากและกำจัดได้ลำบาก ส่งผลต่อระบบนิเวศ การรีไซเคิลมีต้นทุนไม่คุ้มทุน นอกจากนี้ยังพบว่าพลาสติกบางชนิดเป็นอันตรายเนื่องจากสารตั้งต้นเป็นสารก่อมะเร็ง มีการไมเกรทออกมาระหว่างการบรรจุอาหาร (Siracusa *et al*., 2008) จากความตระหนักดังกล่าว จึงมีการพัฒนาพอลิเมอร์ชีวภาพขึ้นมาทดแทน ซึ่งมีคุณสมบัติหลักคือ สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยใช้กระบวนการที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ มีปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลาย คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และชนิดของจุลินทรีย์ (Mahalik and Nambiar, 2010) และสังเคราะห์ได้จากแหล่งที่สามารถทดแทนได้

พอลิเมอร์ชีวภาพสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม โดยขึ้นอยู่กับการสังเคราะห์และแหล่งที่มา คือ พอลิเมอร์จากชีวมวล ได้แก่ พอลิแซคคาไรด์ โปรตีน และไขมัน พอลิเมอร์ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ เช่น พอลีไฮดรอกซีแอลคาโนเอท (PHA) พอลิเมอร์ที่ถูกสังเคราะห์โดยกระบวนการทางเคมีโดยใช้มอนอเมอร์จากแหล่งทางการเกษตร เช่น พอลีแลคติคแอซิด (PLA) และพอลิเมอร์ที่ถูกสังเคราะห์โดยกระบวนการทางเคมีจากแหล่งฟอสซิล เช่น พอลีคาโปรแลคโตน (PCL) (Vieira *et al*., 2011) โดยในกลุ่มพอลิเมอร์จากชีวมวล แป้งเป็นพอลิเมอร์เป็นที่ได้รับความสนใจ เนื่องจากสามารถย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์ ราคาถูก และพัฒนาต่อเป็นวัสดุที่ย่อย

สลายได้ มีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ทั้งในรูปแบบฟิล์มและสารเคลือบบริโภคได้ ใช้ลดการสูญเสียน้ำหนักของอาหาร เพิ่มคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหาร เช่น ลักษณะที่ปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความปลอดภัยของอาหาร (Lu *et al*., 2009)

มันสำปะหลัง (*Manihotes culenta*crantz) เป็นแหล่งสตาร์ชที่มีความสำคัญของประเทศไทย เนื่องจากหาได้ง่ายและราคาถูก โครงสร้างแบบผลึก (Crystalline) ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ อมิโลส เป็นพอลิเมอร์เส้นตรง น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 10^5 กรัมต่อโมล เป็นส่วนที่เพิ่มความแข็งแรงแก่ฟิล์ม และอมิโลเพกติน สายโซ่ของพอลิเมอร์เป็นกิ่งก้านสูง น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 10^7 กรัมต่อโมล (Bangyekan *et al*., 2006) สตาร์ชให้ฟิล์มที่มีลักษณะกรอบเปราะ ต้องเติมพลาสติไซเซอร์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกล โดยกนกศักดิ์และศิริพร (2556) ศึกษาการเตรียมฟิล์มสตาร์ชจากมันสำปะหลังและมันเทศ พบว่าการเติมซอร์บิทอล 30% โดยน้ำหนักสตาร์ชช่วยปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์มได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Suppakul *et al*. (2013) ฟิล์มสตาร์ชมีคุณสมบัติละลายได้ยาก ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ จึงมีการผสมพอลิแซคคาร์ไรด์ชนิดอื่นเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติ เช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Tongdeesoontorn *et al*., 2011) คาร์ราจีแนน และเจลแลน (Kim *et al*., 2015) เป็นต้น แอลจิเนตเป็นพอลิแซคคาไรด์อีกชนิดที่มีการนำปรับปรุงคุณสมบัติของสตาร์ช

แอลจิเนต (Alginate) เป็นพอลิแซคคาร์ไรด์ที่ได้จากการสกัดสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลในวงศ์ *Phaeophucea* ผลิตทั้งในรูปอนุพันธ์ของเกลือโซเดียม โพแทสเซียม แอมโมเนียม เป็นต้น ซึ่งทำให้ละลายน้ำได้ แอลจิเนตเป็นพอลิเมอร์ผสมชนิดสายตรงของกรดแมนนูโรนิกและกรดกูลูโรนิกทำให้มีประจุลบสูง มีโครงสร้างเป็นอสัณฐาน ละลายน้ำได้ดี สามารถเกิดฟิล์มได้ดร และเสถียรต่อความร้อน (นิธิยา, 2553; Embuscado *et al*., 2009) จากการศึกษาของ Siddaramaiah *et al.* (2008) พบว่าอัตราส่วนของสตาร์ชและแอลจิเนตส่งผลต่อคุณสมบัติทางความร้อนของฟิล์ม เนื่องจากสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกันของพอลิแซคคาร์ไรด์ทั้งสองชนิด ฟิล์มผสมระหว่างสตาร์ชสาคูและแอลจิเนตมีการละลายและความต้านทานต่อแรงดึงขาดดีขึ้น (Fazilah *et al.,* 2011)

การทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาวิธีนำแป้งพืชศักยภาพ มาใช้ในอุตสาหกรรมในรูปแบบต่างๆ โดยใช้ทดแทนแป้งสาลี ทดแทนสตาร์ชถั่วเขียวในการทำวุ้นเส้น ใช้ในอุตสาหกรรมพอลิเมอร์ เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้และเพิ่มมูลค่า ทำแป้งดัดแปรจากแป้งพืชชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการนำแป้งพืชที่มีมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายขึ้น

วิธีการ

กิจกรรมที่ 1 วิจัยองค์ประกอบและคุณภาพแป้งพืชศักยภาพ

การทดลองที่ 1.1 ศึกษาองค์ประกอบและคุณภาพแป้งฟลาวและสตาร์ชของพืชศักยภาพ

1. รวบรวมผลผลิตพืชที่ให้แป้งชนิดต่างๆ ในประเทศไทย เช่น มันเทศ บัว มันสำปะหลัง เผือก ถั่วเหลือง ถั่วเขียว เป็นต้น มาทำแป้งฟลาว โดยการทำเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วอบที่อุณหภูมิ 50°C จนกระทั่งความชื้นเหลือประมาณ 10%

2. นำแป้งมาบดให้ละเอียดแล้วร่อนที่ตะแกรงร่อนที่มีความละเอียด 80 mesh

3. ทำแป้งสตาร์ช โดยนำแป้งฟลาวแช่น้ำ 8 ชั่วโมง จนแป้งตกตะกอน เทน้ำใสทิ้ง ล้างน้ำสัก 2-3 ครั้ง แล้วนำแป้งอบที่อุณหภูมิ 50°C จนกระทั่งความชื้นเหลือประมาณ 10%

4. นำแป้งละเอียดเก็บในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท นำไปเก็บที่แห้ง

5. นำแป้งทั้ง 2 ประเภท วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี คือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า คาร์โบไฮเดรท

6. นำแป้งฟลาวและสตาร์ชวิเคราะห์คุณภาพ คือ ปริมาณอมิโลส และความหนืด (ความหนืดสูงสุด: Max viscosity ค่า set back)

ระยะดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2555

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพแป้งกล้วย

การทดลองที่ 2.1 ศึกษาผลของฤดูปลูกต่อคุณภาพแป้งฟลาวจากกล้วยชนิดต่างๆ

ทำการศึกษาในกล้วยดิบ 4 ชนิด ได้แก่ กล้วยหักมุก กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ และกล้วยหอมเขียว ทำการเก็บเกี่ยวพืชแต่ละชนิดที่อายุเก็บเกี่ยว 80 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูแล้ง และฤดูฝน ที่แปลงปลูก ตำบลฉมัน อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี นำมาผลิตแป้งฟลาว บันทึกปริมาณแป้งที่ได้ เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ คือ ปริมาณความชื้น น้ำมัน โปรตีน ใยอาหาร เถ้า คาร์โบไฮเดรท ปริมาณอมิโลส วัดสี ค่าความหนืดของแป้ง และตรวจดูลักษณะของเม็ดแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM) ของแป้งจากกล้วยแต่ละชนิดในฤดูแล้ง และฤดูฝน

ระยะดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2555

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2.2 ผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณและคุณภาพแป้งจากกล้วยชนิดต่างๆ

ทำการศึกษาในกล้วยดิบ 4 ชนิด ได้แก่ กล้วยหอม กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ และกล้วยหักมุกที่มีความแก่ 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยพิจารณาจากเหลี่ยมของผลกล้วย (Figure 1) (เบญจมาศ, 2538) วางแผนการ

ทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 3 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ นำกล้วยแต่ละชนิดมาผลิตเป็นแป้งกล้วย(banana flour)โดยตัดผลกล้วยมาล้างทำความสะอาดในน้ำประปา ปอกเปลือกออกแล้วแช่ในสารละลายโซเดียมเมตตาไบซัลไฟท์ (sodium metabisulphite) ความเข้มข้น0.05 เปอร์เซ็นต์นาน 5 นาที นำกล้วยมาหั่นเป็นแว่นๆ หนาประมาณ 1.0 มิลลิเมตรนำไปตากแดดนาน 3 ชั่วโมง จากนั้นจึงอบด้วยลมร้อน(hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปบดให้ละเอียดผ่านตะแกรงร่อน(mesh)ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.12 มิลลิเมตร แล้วนำแป้งกล้วยที่ผ่านการบดอย่างละเอียดมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ความชื้น (AOAC,1995) ปริมาณโปรตีนแบบ Buchi-Kjeldahl-System (AOAC,1995) ไขมัน (AOAC,1995) เถ้า (AOAC,1995) เยื่อใย (AOAC,1995) คาร์โบไฮเดรท อมิโลส (Juliano *et al.,* 1981) สีแป้ง ความหนืด (ดัดแปลงจาก Mota *et al.,* 2000) รูปร่างของแป้งกล้วยและขนาดเม็ดแป้ง(SEM)

ระยะดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2555

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2.3 ศึกษาความชื้น อุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแป้งฟลาวจากกล้วยชนิดต่างๆ

การทดลองที่ 2.3.1 ศึกษาความชื้นแป้ง และบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแป้งกล้วยชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพ

รวบรวมตัวอย่างกล้วยจำนวน 5 ชนิด คือ กล้วยหอม กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยหักมุก และกล้วยเล็บมือนาง นำไปหั่นแล้วตากแดดให้ได้ความชื้นตามกรรมวิธี แล้วนำมาบดให้ละเอียด จากนั้นนำแป้งกล้วยที่มีความชื้นที่ 7 และ 10% ไปบรรจุในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด คือ ถุงพลาสติก ถุงลามิเนต และถุงฟอยด์ นำตัวอย่างที่บรรจุแล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตัวอย่างเมื่อเก็บรักษา 0, 2, 4 และ 6 เดือน มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น สี โปรตีน ค่าความหนืดแป้ง และปริมาณอมิโลส

ระยะดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2555

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2.3.2 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแป้งกล้วยชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพ

รวบรวมตัวอย่างกล้วยจำนวน 5 ชนิด คือ กล้วยหอม กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยหักมุก และกล้วยเล็บมือนาง นำไปหั่นแล้วตากแดดให้ได้ความชื้นตามกรรมวิธี แล้วนำมาบดให้ละเอียด จากนั้นนำแป้ง

กล้วยที่มีความชื้นที่ 7 และ 10% บรรจุในถุงลามิเนต เก็บในห้องที่มีอุณหภูมิต่างๆ คือ อุณหภูมิห้อง 4 และ 10°C จากนั้นนำตัวอย่างที่บรรจุแล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน สุ่มตัวอย่างเมื่อเก็บรักษา 0, 2, 4 และ 6 เดือน มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น สี โปรตีน ค่าความหนืดแป้ง และปริมาณอมิโลส

ระยะดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2555

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 3.1 พัฒนาวิธีการทำแป้งสตาร์ชจากแป้งพืชชนิดต่างๆ

1. ทำการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำการทดลอง โดยนำแป้งฟลาวมันเทศ ถั่วเขียว หนัก 100 กรัม ผสมน้ำกลั่น 200 มล. คนให้เข้ากันอย่างดี แล้วทำตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ผสม กรดไฮโดรคลอริก 35% จำนวน 5 มล.

กรรมวิธีที่ 2 ผสมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 mM จำนวน 5 มล.

กรรมวิธีที่ 3 ผสม กรดอะซีติก 0.2 mM จำนวน 5 มล.

กรรมวิธีที่ 4 ผสม เอนไซม์ โปรติเอส จำนวน 5 มล.

กรรมวิธีที่ 5 แช่น้ำนาน 8 ชั่วโมง

2. กรรมวิธี ที่ 1-4 หลังจากใส่สารนำไปเขย่าตลอดเวลาเป็นเวลา 20 นาที แล้วนำไป centrifuge ที่ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 4 นาที แล้วเทน้ำใสทิ้ง แล้วใส่น้ำ centrifuge เทน้ำใสทิ้ง ทำ 2 ครั้ง นำแป้งที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 50°C จนกระทั่งแป้งมีความชื้นประมาณ ร้อยละ 10

3. กรรมวิธีที่ 5 หลังจากแช่น้ำแล้วนำไป centrifuge เช่นเดียวกับข้อ 2

4. นำแป้งที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน และความหนืด

ระยะดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2555

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 3.2 วิเคราะห์คุณภาพ resistant starch จากแป้งพืชศักยภาพ

นำแป้งพืชชนิดและพันธุ์ต่างๆ คือ มันเทศ เผือก บัว กล้วย ถั่วเหลือง ถั่วเขียว มันสำปะหลัง เป็นต้น มาย่อยด้วยเอนไซม์อมิเลส ให้เป็นน้ำตาลกลูโคส ตรวจวัดปริมาณน้ำตาลกลูโคส ถ้าแป้งพืชใดให้น้ำตาลกลูโคส ประเมินว่าแป้งพืชนั้นมีศักยภาพการเป็น resistant starch ทำการทดสอบ 4 ซ้ำ บันทึกข้อมูล

เมื่อได้แป้งที่มีลักษณะการเป็น resistant starch นำไปผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ และส่วนประกอบของยา ต่อไป พร้อมวัดความสามารถในการย่อยให้เกิดน้ำตาลกลูโคส เพื่อดูศักยภาพหลังจากนำมาผ่านขบวนการแปรรูป

ระยะดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 3.3 พัฒนาแป้งพืชศักยภาพให้เป็น modified starch

นำแป้งพืชชนิดต่างๆ เช่น มันเทศ มันสำปะหลัง เผือก ถั่วเหลือง ถั่วเขียว กล้วย เป็นต้น มาพัฒนาเป็นแป้งดัดแปร ด้วยวิธีต่างๆ คือ

1. ใช้ความร้อน ทำให้แป้งสุกด้วยเครื่องดรัมดราย โดยนำแป้งผสมน้ำในสัดส่วน 30:100 กรัมแป้ง: น้ำ นำแป้งที่ได้บดให้ละเอียดขนาดผ่านรูตะแกรงขนาด 120 mesh
2. โดยการใช้สารเคมี ปี 2555 นำแป้งใส่น้ำกวนให้สุกแล้วนำสารเคมี 4 ชนิด คือ 0.2 M กรดอะซิติก 35% กรดไฮโดรคลอริก 50 mM โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ เอนไซม์แอลฟาอมิเลส
3. โดยการใช้ วิธีเร่งอายุ (accelerated aging) นำแป้งกล้วยน้ำว้าใส่ในภาชนะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลาต่างๆ คือ 2 4 และ 6 ชั่วโมง แล้วนำแป้งที่ได้ลดความชื้นที่ 50°C จนแป้งแห้งความชื้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

นำแป้งที่ได้ในทุกวิธี ไปทดสอบคุณสมบัติ เช่น ความหนืดแป้ง ปริมาณอมิโลส เป็นต้น เมื่อได้แป้งที่มีคุณภาพเปลี่ยนแปลงไป นำไปทำผลิตภัณฑ์ที่เหมาะกับคุณภาพแป้ง

ระยะดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2555 – กันยายน 2557

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 3.4 วิธีการเก็บรักษาแป้งสำเร็จรูปที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ

1. เตรียมส่วนผสมแห้ง จากสูตรเค้กมันเทศ และแพนเค้กมันเทศ ตาม Appendix 1 คือแป้ง เกลือ ผงฟู ผสมให้เข้ากัน ใส่ในภาชนะ 3 ประเภทคือ 1. ถุงฟอยล์ 2. ถุงพลาสติก 3. ถุงพลาสติก ปิดสนิท แล้วใส่ในฟอยล์ปิดอีกชั้น แล้วนำไปวางในตู้เย็นอุณหภูมิ 10°C และอุณหภูมิห้อง ประมาณ 30°C

2. ทุกเดือนนำแป้งมาทดลองทำขนมเค้ก และแพนเค้ก โดยวัดความชื้นแป้ง ความฟู (วัดจากความสูงของเค้กและแพนเค้กที่สูงขึ้นจากแป้งดิบ หน่วยเป็น ซม.) เปรียบเทียบกับแป้งที่ผสมใหม่ตามสูตร เก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ระยะดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2556– กันยายน 2557

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 4.1 การใช้แป้งพืชอื่นในการทำวุ้นเส้นหรือก๋วยเตี๋ยว แทนการใช้แป้งถั่วเขียว

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำการทดลอง

นำแป้งมันเทศพันธุ์พื้นเมือง ประเภทฟลาวและสตาร์ช วิเคราะห์คุณภาพแป้ง คือ โปรตีน ไขมัน เส้นใย อมิโลส ความหนืดแป้งสุก เป็นต้น

นำสตาร์ชแป้งมันเทศผสมกับแป้งสตาร์ชถั่วเขียวในอัตราส่วน 10 20 30 40 และ 50 % มาทดลองทำวุ้นเส้น โดยผสมกับแป้งพรีเจลข้าว 10% แล้วนำส่วนผสมสตาร์ชถั่วเขียว และน้ำ มานวดด้วยเครื่องจนแป้งเป็นเป็นแป้งโด แล้วนำแป้งโดมาผสมน้ำ กดเป็นเส้นลงในน้ำร้อน จนเส้นสุกลอย ช้อนเส้นใส่ในน้ำเย็น ช้อนขึ้นมาวัดคุณภาพเส้นวุ้นเส้นที่ได้ เช่น เปอร์เซ็นต์วุ้นเส้นที่ได้ ความใสของเส้น ความยาวของเส้น ความเหนียว การพองตัวเมื่อแช่น้ำนาน 1 ชั่วโมง

ระยะดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2555

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 5.1 การเตรียมแผ่นฟิล์มชีวภาพจากแป้งของพืชที่มีศักยภาพ

1.การเตรียมสตาร์ชมันสำปะหลังและสตาร์ชมันเทศ ดัดแปลงจากวิธีของ Tsakama *et al*.(2010)

ทำความสะอาดมันสำปะหลังและมันเทศด้วยน้ำสะอาด (แยกมันแต่ละชนิดในอ่างน้ำคนละอ่าง) จากนั้นปอกเปลือกและนำไปแช่ในน้ำส้มสายชู ความเข้มข้น 5% (แยกมันแต่ละชนิดในอ่างน้ำคนละอ่าง) ทำการลดขนาดมันสำปะหลังและมันเทศให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องหั่นย่อย ห่อด้วยถุงผ้าคั้นน้ำกะทิ และนำไปบีบอัดด้วยเครื่องคั้นน้ำกะทิ จากนั้นนำกากที่เหลือจากการบีบอัดนำมาผสมน้ำสะอาดอัตราส่วน (กากมันสำปะหลังหรือมันเทศ:น้ำ อัตราส่วน 1:2) และกรองเอาน้ำแป้งที่ได้เก็บไว้ในถัง ส่วนกากแป้งที่เหลือจากการกรองนำไปบีบอัดด้วยเครื่องคั้นน้ำกะทิอีกครั้งหนึ่ง นำน้ำแป้งที่ได้เก็บไว้ในถังพลาสติกมีฝาปิด โดยเติมน้ำ 2 ใน 3 ส่วนของ

ถังพลาสติก ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เทน้ำทิ้งให้เหลือแต่ส่วนของแป้งที่ตกตะกอน และเติมน้ำ 2 ใน 3 ส่วนของถังพลาสติกอีกครั้งโดยกวนให้เนื้อแป้งผสมกับน้ำ ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนอีก 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง หรือเปลี่ยนน้ำอีก 2-3 ครั้ง จนกว่าแป้งที่ตกตะกอนจะเป็นสีขาว เมื่อได้แป้งตกตะกอนที่มีเนื้อสีขาวแล้ว รินน้ำทิ้งเหลือแต่แป้งที่ตกตะกอน เทลงถาดสแตนเลส แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 $^{\circ}$C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำแป้งที่ได้ไปบดด้วยเครื่องบด Armfield ขนาดช่องตะแกรง 0.25 มิลลิเมตร เก็บแป้งสตาร์ชที่ได้ในถุง Low Density Polyethylene (LDPE) แบบ Ziploc ที่อุณหภูมิห้อง

2**. การเตรียมแผ่นฟิล์มชีวภาพจากสตาร์ชมันสำปะหลังและสตาร์ชมันเทศ** ดัดแปลงจากวิธีของ Mali *et al*. (2005) และ Suppakul *et al*.(2006) และทดสอบคุณสมบัติ

นำสตาร์ชมันสำปะหลังหรือสตาร์ชมันเทศ 15 กรัม เติมสารเติมแต่งตามกรรมวิธี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) 3 ซ้ำ 12 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 สตาร์ชมันสำปะหลัง เติมซอบิทอล 20% โดยน้ำหนัก
กรรมวิธีที่ 2 สตาร์ชมันสำปะหลัง เติมซอบิทอล 30% โดยน้ำหนัก
กรรมวิธีที่ 3 สตาร์ชมันสำปะหลัง เติมซอบิทอล 40% โดยน้ำหนัก
กรรมวิธีที่ 4 สตาร์ชมันเทศ เติมซอบิทอล 20% โดยน้ำหนัก
กรรมวิธีที่ 5 สตาร์ชมันเทศ เติมซอบิทอล30% โดยน้ำหนัก
กรรมวิธีที่ 6 สตาร์ชมันเทศ เติมซอบิทอล40% โดยน้ำหนัก
กรรมวิธีที่ 7 สตาร์ชมันสำปะหลัง เติมกลีเซอรอล20% โดยน้ำหนัก
กรรมวิธีที่ 8 สตาร์ชมันสำปะหลัง เติมกลีเซอรอล30% โดยน้ำหนัก
กรรมวิธีที่ 9 สตาร์ชมันสำปะหลัง เติมกลีเซอรอล40% โดยน้ำหนัก
กรรมวิธีที่ 10 สตาร์ชมันเทศ เติมกลีเซอรอล20% โดยน้ำหนัก
กรรมวิธีที่ 11 สตาร์ชมันเทศ เติมกลีเซอรอล30% โดยน้ำหนัก
กรรมวิธีที่ 12 สตาร์ชมันเทศ เติมกลีเซอรอล40% โดยน้ำหนัก

เติมน้ำกลั่นปริมาตร 300 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C กวนจนสารละลายจนเกิดเป็นเจลใส ด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า จากนั้นขึ้นรูปบนแผ่นอะคริลิค อบในตู้อบรมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C จนแห้ง ลอกแผ่นฟิล์มออกนำไปทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์ม ดังนี้

1) ความหนา (Thickness) วัดด้วยเครื่องวัดความหนา
2) ค่าสี (Color) วัดด้วยเครื่องวัดสี
3) ความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile strength) และการยืดตัว (% Elongtion)

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D882-10 Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting สภาวะในการทดสอบ คือ อุณหภูมิ 27±1°C ความเร็วในการดึง 250 มิลลิเมตร/นาที ความกว้างชิ้นทดสอบ 25

มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างปากจับ 50 มิลลิเมตร จำนวน 5 ชิ้นทดสอบ/ตัวอย่างด้วยเครื่อง Universal Testing Machine; Instron model 1123โดยศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

4) อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (Oxygen Transmission Rate, OTR)

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D3985-05 OxygenGas Transmission Rate Through Plastic Film and Sheeting Using a Coulometric Sensorสภาวะในการทดสอบ คืออุณหภูมิ 23°C ความชื้นสัมพัทธ์ 0% ด้วยเครื่อง Oxygen Permeation Tester; Iillinois8000 โดยศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

5) ความแข็งแรงการปิดผนึก (Seal strength)

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM F 88-00 Seal Strength of Flexible Barrier Materials สภาวะในการทดสอบ คืออุณหภูมิ 27±1°C ความเร็วในการดึง 275 มิลลิเมตร/นาที ความกว้างชิ้นทดสอบ 25.4 มิลลิเมตรระยะห่างระหว่างปากจับ 25มิลลิเมตร จำนวน 10 ชิ้นทดสอบ/ตัวอย่างด้วยเครื่อง Universal Testing Machine; Instron model 1123โดยศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

6) การละลายน้ำ (Water solubility) ตามวิธีของ Su *et al.*(2010) และ Tongdeesoontorn *et al.* (2011) ดังนี้

ตัดแผ่นฟิล์มขนาด 50x50 มิลลิเมตร หรือน้ำหนักประมาณ 0.3 กรัม ตัวอย่างละ 3 ชิ้น อบที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักก่อนการละลาย (W_0) แช่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปิดปากบีกเกอร์ด้วยพาราฟิล์ม วางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 (กระดาษกรองที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง) นำไปอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักหลังการละลาย (W_1) นำไปคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การละลายน้ำ ดังนี้

$$\%\, Solubility = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100$$

7) การย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradation) โดยดัดแปลงวิธีของ Gouhua *et. al* (2006) และ Rudnik and Briassoulis. (2011) ดังนี้

ตัดชิ้นฟิล์มขนาด 5×5 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 55°C ตัวอย่างละ 3 ชิ้นเก็บในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น (A_0) ฝังในกระถางที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร กลบด้วยดินสำเร็จรูปสำหรับปลูกไม้ดอกไม้ประดับ เก็บข้อมูลดินด้วยเครื่องวัดดินระบบดิจิตอล AMTAST ทุกวัน วางกระถางใน

สภาพแวดล้อมธรรมชาติ ขุดฟิล์มตัวอย่างทุก 1 วัน นำมาทำความสะอาด อบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 55 °C เก็บในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (A_1) นำน้ำหนักมาคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การย่อยสลาย} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100$$

3. คำนวณต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มชีวภาพจากสตาร์ชมันสำปะหลังและสตาร์ชมันเทศ

คำนวณต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลังและสตาร์ชมันเทศ

4. ศึกษาศักยภาพการประยุกต์ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์

เลือกแผ่นฟิล์มชีวภาพที่ให้ค่าคุณสมบัติดีที่สุด 1 ชนิด นำไปบรรจุผลิตภัณฑ์ โดยเตรียมแผ่นฟิล์มชีวภาพขนาด 4×6 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 2 ซอง แบ่งเป็น 2 ชุด บรรจุผลิตภัณฑ์ซองละ 1.5 กรัม ปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บตัวอย่างเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกอุณหภูมิและความชื้นตลอดการเก็บรักษา และทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือ ค่าสี และความชื้น

อบถ้วยอลูมิเนียม ที่อุณหภูมิ 103 ± 2 °C เป็นเวลา 1ชั่วโมง นำออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด 0.0001 กรัม ชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 1.5 กรัม บันทึกน้ำหนัก (A_0) นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เก็บให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังอบบันทึกน้ำหนัก (A_1) คำนวณค่าความชื้นของตัวอย่าง (ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC, 1990)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100$$

ระยะดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 5.2 การเตรียมบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากแป้งของพืชที่มีศักยภาพ

1. เตรียมสตาร์ชมันสำปะหลัง ตามวิธี กนกศักดิ์และศิริพร (2556) และทดสอบองค์ประกอบทางเคมีตามวิธี AOAC (1990)

2. การเตรียมแผ่นฟิล์มผสมระหว่างสตาร์ชมันสำปะหลังและแอลจิเนต ดัดแปลงจากวิธีของ กนกศักดิ์และศิริพร (2556) และ Fazilah *et al.* (2011) และทดสอบคุณสมบัติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) 3 ซ้ำ 7 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ฟิล์มจากสตาร์ชมันสำปะหลัง

กรรมวิธีที่ 2 ฟิล์มผสมของสตาร์ชมันสำปะหลังและโซเดียมแอลจิเนต อัตราส่วน 95/5

กรรมวิธีที่ 3 ฟิล์มผสมของสตาร์ชมันสำปะหลังและโซเดียมแอลจิเนต อัตราส่วน 90/10

กรรมวิธีที่ 4 ฟิล์มผสมของสตาร์ชมันสำปะหลังและโซเดียมแอลจิเนต อัตราส่วน 85/15

กรรมวิธีที่ 5 ฟิล์มผสมของสตาร์ชมันสำปะหลังและโซเดียมแอลจิเนต อัตราส่วน 80/20

กรรมวิธีที่ 6 ฟิล์มผสมของสตาร์ชมันสำปะหลังและโซเดียมแอลจิเนต อัตราส่วน 75/25

กรรมวิธีที่ 7 ฟิล์มผสมของสตาร์ชมันสำปะหลังและโซเดียมแอลจิเนต อัตราส่วน 70/30

นำสตาร์ชมันสำปะหลัง 9 กรัม (ความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนักแห้ง) ผสมโซเดียมแอลจิเนต อัตราส่วนตามกรรมวิธี เติมซอร์บิทอล ความเข้มข้น 30% โดยน้ำหนักสตาร์ชและโซเดียมแอลจิเนต เติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C กวนจนสารละลายจนเกิดเป็นเจลใสด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า จากนั้นขึ้นรูปบนแผ่นอะคริลิค อบในตู้อบรมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C จนแห้ง ลอกแผ่นฟิล์มออกนำไปทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์ม ดังนี้

1.ความหนา (Thickness) วัดด้วยเครื่องวัดความหนา

2.ความชื้น ดัดแปลงจาก AOAC (1990)

อบถ้วยอลูมิเนียม ที่อุณหภูมิ 103±2°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด 0.0001 กรัม ชั่งฟิล์ม 1.5 กรัม บันทึกน้ำหนัก (A_0) นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เก็บให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังอบ บันทึกน้ำหนัก (A_1) คำนวณค่าความชื้นของตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100$$

3.ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w)

4.การผ่านของแสง (Transmittance) และค่าความโปร่งใส (Transparency) ตามวิธีของ Han and Flores (1997)

5. ความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile strength) และการยืดตัว (Elongation) ตาม ASTM D882-10

6. อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (Oxygen Transmission Rate, OTR)

7. อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Transmission Rate, WVTR) และค่าการผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Permeability, WVP)

8. การละลายน้ำ (Water solubility) ตามวิธีของ Su *et al.*(2010) และ Tongdeesoontorn *et al*. (2011)

9. ทดสอบการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradation) โดยดัดแปลงวิธีของ Gouhua, *et. al* (2006) และ Rudnik and Briassoulis (2011)

3. ศึกษาประสิทธิภาพการใช้เป็นบรรจุภัณฑ์

เลือกแผ่นฟิล์มที่ให้ค่าคุณสมบัติดีที่สุด 1 ชนิด ขึ้นรูปเป็นซองซีล 3 ด้าน ขนาด 9x9 เซนติเมตร บรรจุขนมปังแครกเกอร์ เปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มชุดควบคุม และซองทางการค้าปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บตัวอย่างที่ความชื้นสัมพัทธ์ 65% เป็นระยะเวลา 15 วัน โดยทดสอบทุก 5วัน นำมาทดสอบความชื้นของผลิตภัณฑ์ตามวิธีข้อ 2.2

4. **คำนวณต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มจากสตาร์ชมันสำปะหลัง**

คำนวณต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลัง และต้นทุนต่อชิ้นบรรจุภัณฑ์

เตรียมสตาร์ชมันสำปะหลัง ตามวิธี กนกศักดิ์และศิริพร (2556) และทดสอบองค์ประกอบทางเคมีตามวิธี AOAC (1990)

การเตรียมแผ่นฟิล์มผสมระหว่างสตาร์ชมันสำปะหลังและแอลจิเนต ดัดแปลงจากวิธีของ กนกศักดิ์และศิริพร (2556) และ Fazilah *et al.* (2011) และทดสอบคุณสมบัติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) 3 ซ้ำ 7 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ฟิล์มจากสตาร์ชมันสำปะหลัง

กรรมวิธีที่ 2 ฟิล์มผสมของสตาร์ชมันสำปะหลังและโซเดียมแอลจิเนต อัตราส่วน 95/5

กรรมวิธีที่ 3 ฟิล์มผสมของสตาร์ชมันสำปะหลังและโซเดียมแอลจิเนต อัตราส่วน 90/10

กรรมวิธีที่ 4 ฟิล์มผสมของสตาร์ชมันสำปะหลังและโซเดียมแอลจิเนต อัตราส่วน 85/15

กรรมวิธีที่ 5 ฟิล์มผสมของสตาร์ชมันสำปะหลังและโซเดียมแอลจิเนต อัตราส่วน 80/20

กรรมวิธีที่ 6 ฟิล์มผสมของสตาร์ชมันสำปะหลังและโซเดียมแอลจิเนต อัตราส่วน 75/25

กรรมวิธีที่ 7 ฟิล์มผสมของสตาร์ชมันสำปะหลังและโซเดียมแอลจิเนต อัตราส่วน 70/30

นำสตาร์ชมันสำปะหลัง 9 กรัม (ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนักแห้ง) ผสมโซเดียมแอลจิเนตอัตราส่วนตามกรรมวิธี เติมซอร์บิทอลความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักสตาร์ชและโซเดียมแอลจิเนต เติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C กวนจนสารละลายจนเกิดเป็นเจลใสด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า จากนั้นขึ้นรูปบนแผ่นอะคริลิค อบในตู้อบรมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C จนแห้ง ลอกแผ่นฟิล์มออกนำไปทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์ม ดังนี้

1.ความหนา (Thickness) วัดด้วยเครื่องวัดความหนา

2.ความชื้น ดัดแปลงจาก AOAC (1990)

3. ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w)

4. การผ่านของแสง (Transmittance) และค่าความโปร่งใส (Transparency) ตามวิธีของ Han and Flores (1997)

5.ความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile strength) และการยืดตัว (Elongation) ตาม ASTM D882-10 ตัดตัวอย่างขนาด 25x100 มิลลิเมตร ตัวอย่างละ 8 ซ้ำ ปรับสภาวะที่ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 65% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำมาทดสอบ ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine; Instron ระยะห่างระหว่างปากจับ 100 มิลลิเมตร ความเร็วในการดึง 50 มิลลิเมตร/นาที

6.อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (Oxygen Transmission Rate, OTR)

7.ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D3985-05 Oxygen Gas Transmission Rate

8. อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Transmission Rate, WVTR) และค่าการผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Permeability, WVP)

9. ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E96-00 Water Vapor Transmission of Materials สภาวะในการทดสอบ คืออุณหภูมิ 38°C ความชื้นสัมพัทธ์ 90% โดยศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

10.การละลายน้ำ (Water solubility) ตามวิธีของ Su *et al.* (2010) และ Tongdeesoontorn *et al*. (2011)

11.ทดสอบการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradation) โดยดัดแปลงวิธีของ Gouhua, *et. al* (2006) และ Rudnik and Briassoulis (2011)

ศึกษาประสิทธิภาพการใช้เป็นบรรจุภัณฑ์

เลือกแผ่นฟิล์มที่ให้ค่าคุณสมบัติดีที่สุด 1 ชนิด ขึ้นรูปเป็นซองซีล 3 ด้าน ขนาด 9x9 เซนติเมตร บรรจุขนมปังแครกเกอร์ เปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มชุดควบคุม และซองทางการค้าปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บตัวอย่างที่ความชื้นสัมพัทธ์ 65% เป็นระยะเวลา 15 วัน โดยทดสอบทุก 5วัน นำมาทดสอบความชื้นของผลิตภัณฑ์ตามวิธีข้อ 2.2

คำนวณต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มจากสตาร์ชมันสำปะหลัง

คำนวณต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลัง และต้นทุนต่อชิ้นบรรจุภัณฑ์

ระยะดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2556 – กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาองค์ประกอบและคุณภาพแป้งฟลาวและสตาร์ชของพืชศักยภาพ

องค์ประกอบทางเคมี

พบว่า องค์ประกอบทางเคมีในแป้งฟลาวของพืชทุกประเภทประกอบด้วย น้ำ คาร์โบไฮเดรท โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า จะแตกต่างกันด้านปริมาณขององค์ประกอบขึ้นกับชนิดของพืช เช่น แป้งมันเทศ มันสำปะหลัง ซึ่งเป็นแป้งจากส่วนราก หรือลำต้นใต้ดิน จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรทสูง มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน และเส้นใย ต่ำ ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งจากเมล็ด เช่น ถั่วเหลือง บัว จะมีปริมาณโปรตีน สูง มากกว่า 35.49 และ 20.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไขมัน จะสูงในเมล็ดถั่วเหลือง มากกว่า 17.6 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรทต่ำ ประมาณ 30.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนแป้งกล้วยที่ได้จากแป้งดิบ จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรทสูง โปรตีน ไขมัน เส้นใย และน้ำมัน ต่ำ ใกล้เคียงกับแป้งจากรากมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

สตาร์ชของแป้งพืชจะมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้า ต่ำกว่าแป้งฟลาว พบว่า 0.15 0.04 0.04 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในสตาร์ชมันเทศ (Table 1) เช่นเดียวกันสตาร์ชถั่วเขียวพบปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้า เท่ากับ 3.10 0.23 0.83 และ 2.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) เพราะกระบวนการทำสตาร์ชมีการล้างเอาส่วนต่างๆที่ใช่แป้งออก และพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรทในสตาร์ชสูงกว่าฟลาว เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์ตามน้ำหนัก

คุณภาพแป้ง

ปริมาณอมิโลส

แป้งฟลาวพืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณอมิโลสต่างกันขึ้นกับชนิดพืช เช่น แป้งมันสำปะหลัง กล้วย มันเทศ เดือย บัว ถั่วเขียว มีปริมาณอมิโลส 22.90 35.26 33.01 5.97 8.33 และ 33.01 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) ขึ้นกับลักษณะการเชื่อมต่อของโมเลกุลน้ำตาล ถ้าจับเป็นสายตรงไม่มีกิ่งก้านก็จะเป็นอมิโลส แต่ถ้าเชื่อมต่อกันเป็นกิ่งก้าน ก็จะเป็นอมิโลเพคติน ทำให้แป้งมีความเหนียว เช่น แป้งเดือย เป็นต้น เมื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จะมีความพองมากมากกว่าแป้งที่มีค่าอมิโลเพคตินต่ำ เช่น ทำข้าวเกรียบ ข้าวแต๋น เป็นต้น ถ้าแป้งใดมีปริมาณอมิโลสสูงเช่น แป้งกล้วย แป้งถั่วเขียว เป็นต้น แป้งนี้สามารถทำผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบ แข็ง สามารถนำไปผสมกับแป้งอื่นได้ง่าย เพื่อทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็งไม่นิ่มเละ

แต่สตาร์ชแต่ละชนิดจะมีปริมาณอมิโลสสูงกว่าแป้งฟลาวของพืชชนิดเดียวกันในทุกพืช

ความหนืดแป้ง

ค่าความหนืดสูงสุดของแป้งฟลาวจะต่ำกว่าสตาร์ช เพราะฟลาวมีส่วนของโปรตีน เส้นใย ในปริมาณสูงกว่า ทำให้แป้งมีความหนืดต่ำ ความหนืดของแป้งที่ระยะต่างๆ เมื่อนำแป้งมากวน จะวัดที่ความหนืดสูงสุด ค่า set back ซึ่งจะต่างกัน ขึ้นกับชนิดของพืช เช่น แป้งมันเทศ มันสำปะหลัง เผือก จะต่ำกว่าแป้งกล้วย และจะต่ำมากในแป้งฟลาวของถั่วเหลืองและถั่วเขียว เพราะเป็นแป้งที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรทต่ำกว่า ปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย สูง แต่ถ้านำแป้งไปสกัดเอาโปรตีน เส้นใย ไขมันออก จะเรียกแป้งสตาร์ชจะทำให้ความหนืดสูงและค่า setback สูงขึ้น (Table 1)

ข้อมูลคุณภาพแป้งพืชชนิดต่างๆ มีความสำคัญในการนำแป้งไปใช้ได้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ หรือสามารถใช้แป้งพืชชนิดอื่นทดแทนได้เพราะคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน เช่น ถ้าต้องการทำผลิตภัณฑ์กรอบพองแทนแป้งข้าว สามารถใช้แป้งแป้งกล้วย แทนได้ เพราะมีปริมาณอมิโลสใกล้เคียงกัน หรือถ้าต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีความนุ่มแต่เหนียว ก็นำแป้งมันเทศผสมแป้งกล้วยและมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนต่างๆ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์เส้น เช่น ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ วุ้นเส้น เป็นต้น ต้องใช้สตาร์ชของข้าวและถั่วเขียว เพื่อให้ได้เส้นที่มีความเหนียว ไม่ชาดง่าย ก็อาจใช้สตาร์ชมันเทศแทนสตาร์ชถั่วเขียวได้ เพราะสตาร์ชมีความหนืดสูงสุด และค่า setback สูงใกล้เคียงกัน

กิจกรรมที่ 2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพแป้งกล้วย

การทดลองที่ 2.1 ศึกษาผลของฤดูปลูกต่อคุณภาพแป้งฟลาวจากกล้วยชนิดต่างๆ

จากการศึกษาผลของฤดูเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพแป้งฟลาวจากกล้วย 4 ชนิด ที่เก็บเกี่ยวใน 2 ฤดู ในแปลงปลูกตำบลฉมัน อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี พบว่า ฤดูกาลปลูกจะไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของแป้ง

กล้วยทุกชนิด ปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 3.35 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำมันเฉลี่ย 0.21 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้าเฉลี่ย 2.27 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเส้นใยเฉลี่ย 2.84 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

ด้านคุณภาพแป้งกล้วย พบว่าฤดูกาลปลูกมีแนวโน้มที่มีผลต่อคุณภาพแป้งกล้วยทุกชนิด พบว่าปริมาณอมิโลสของแป้งกล้วยจากฤดูแล้งจะต่ำกว่าแป้งกล้วยจากฤดูฝน ส่วนความหนืดแป้งสูงสุด และค่า set back ของแป้งกล้วยสูงมากกว่า 900 BU แต่ในฤดูฝนแป้งกล้วยทุกพันธุ์จะมีความหนืดแป้งสูงสุด และค่า set back ต่ำกว่าในฤดูแล้ง แป้งจากกล้วยที่ปลูกในฤดูฝนจะมีสีเหลือง (b*) มากกว่าแป้งจากฤดูแล้ง ส่วนสีแดง (a*) ไม่ต่างกัน (Table 2)

การทดลองที่ 2.2 ผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณและคุณภาพแป้งจากกล้วยชนิดต่างๆ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

จากการศึกษาพบว่า เมื่ออายุการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกล้วยทั้ง 4 สายพันธุ์มีแนวโน้มลดลง โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรต 84.93 – 87.48 เปอร์เซ็นต์ (Table 3-6) โดยพบว่าการสุกของกล้วยทำให้คุณค่าทางอาหารเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะแป้งที่มักจะมีมากในผลกล้วยดิบจะเริ่มลดลงและเปลี่ยนเป็นน้ำตาลมากขึ้นซึ่งกล้วยที่มีจีโนม AA (กล้วยไข่) และจีโนม AAA (กล้วยหอม)ปริมาณของแป้งจะลดลงอย่างมากเมื่อกล้วยสุกโดยจะเริ่มลดลงเมื่อกล้วยเริ่มมีการเปลี่ยนสีในขณะที่กล้วยซึ่งมีจีโนม ABB ได้แก่กล้วยน้ำว้า และกล้วยหักมุกปริมาณแป้งลดลงแต่ไม่มากเท่ากล้วยในกลุ่มแรกแต่ปริมาณของกรดมีค่อนข้างสูงดังนั้นจะเห็นว่ากล้วยเหล่านี้มักจะ มีแป้งมากเมื่อดิบและแม้สุกและปริมาณแป้งก็ยังมีอยู่มาก (เบญจมาศ, 2545)

ความชื้น

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในกล้วยทั้ง 4 ชนิดพบว่าที่ระยะการเก็บเกี่ยว 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์มีความชื้นมากกว่าที่ระยะ 80 เปอร์เซ็นต์ (Table 3-6) ทั้งนี้เป็นเพราะที่ระยะการเก็บเกี่ยว 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์ เซลล์พืชสะสมแป้งได้น้อยกว่าจึงทำให้มีช่องว่างภายในเซลล์มาก ซึ่งเซลล์ส่วนใหญ่จะมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ถึง 90-98 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ระยะการเก็บเกี่ยว 80 เปอร์เซ็นต์ มีแป้งสะสมมากกว่าจึงทำให้มีช่องว่างน้อยลง (เบญจมาศ, 2545)

ปริมาณเถ้า

จากผลการศึกษาพบว่าในกล้วยทั้ง 4 ชนิด เมื่อระยะการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณเถ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย โดยมีปริมาณ 2.02 – 4.10 เปอร์เซ็นต์ (Table 3-6) สาเหตุที่เถ้ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากผลกล้วยจะเกิดการสะสมแร่ธาตุต่างๆ เริ่มตั้งแต่ดอกบานจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ในบรรดาแร่ธาตุที่พบ

มากในกล้วย ๆได้แก่ ธาตุโปแตสเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และแคลเซียม (เบญจมาศ, 2545 และ Bello-Perez *et al.,* 1999)

ปริมาณโปรตีน

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าปริมาณโปรตีนจะเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยเมื่อระยะการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นในกล้วยทั้ง 4 ชนิด ซึ่งมีปริมาณโปรตีน 5.67 – 6.00 เปอร์เซ็นต์ (Table 3-6) ซึ่งปริมาณโปรตีนจะมีผลต่อความแข็ง (hardness) เมื่อเคี้ยว (จารุวรรณ และคณะ, 2553) อีกทั้งยังพบกรดอมิโนซึ่งเป็นองค์ประกอบของโปรตีนจำนวน 16 ชนิดภายในกล้วย โดยกรดอมิโนที่พบเป็นจำนวนมาก อาทิเช่น อาร์จีนีน กรดแอสปาร์ติก กรดกลูตามิก โปรลีน อะลานีน วาลน และลิวซีน เป็นต้น แต่จะไม่พบกรดอมิโนชนิดทริปโตเฟน และซีสเตอีน (Ketiku, 1973)

ปริมาณเยื่อใย

พบว่าเมื่ออายุการเก็บเกี่ยวของกล้วยเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณเยื่อใยน้อยลง โดยพบปริมาณเยื่อใยในอัตราร้อยละ 0.92 – 2.15 สาเหตุที่ปริมาณเยื่อในลดลง (Table 3-6) เนื่องจากเยื่อใยอาหารที่พบในแป้งกล้วยนั้นประกอบด้วย เซลลูโลส และลิกนิน จากงานวิจัยของ Kaysu*et al.* (1981) พบว่า ปริมาณ ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในเนื้อกล้วยจะมีปริมาณลดลงเมื่อเข้าสู่กระบวนการสุก จึงทำให้ปริมาณเยื่อใยที่พบในแป้งกล้วยลดลง ถ้าหากเส้นใยมีปริมาณสูงจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัส (texture) ค่อนข้างหยาบ แต่จะมีประโยชน์ต่อระบบการย่อยอาหาร (จารุวรรณ และคณะ, 2553)

ปริมาณไขมัน

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณไขมันในแป้งกล้วยทั้ง 4 พันธุ์มีน้อยมากโดยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.033-0.096ในแป้งกล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้าที่อายุการเก็บเกี่ยว 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไขมันสูงกว่าอายุเก็บเกี่ยว 60 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกระยะการเก็บเกี่ยวของแป้งกล้วยหอมและหักมุก (Table 3-6) ข้อดีของการมีปริมาณไขมันต่ำ ทำให้แป้งกล้วยมีกลิ่นหืนยาก หากต้องเก็บเป็นเวลานาน รวมทั้งส่งผลดีต่อสุขภาพสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก (เบญจมาศ, 2545)

ปริมาณอมิโลส

จากผลการทดลองพบว่าแป้งกล้วยจะมีปริมาณอมิโลสสูงอยู่ในช่วง 30.98 – 39.93 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะการสุก และพันธุ์กล้วยแต่ละชนิด ซึ่งแป้งกล้วยจัดเป็นแป้งที่มีปริมาณอมิโลสสูง ซึ่งแป้งที่มีอมิโลส สูงจะให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีความแข็งกระด้าง (จารุวรรณ และคณะ, 2553) แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระยะการเก็บเกี่ยวของกล้วยทั้ง 4 ชนิด (Table 3-6)

ค่าสีแป้ง

จากการสังเกตลักษณะแป้งกล้วยแต่ละชนิดจะพบว่าแป้งกล้วยทั้ง 4 พันธุ์ มีลักษณะเป็นผงละเอียดและมีสีเหลืองนวล เมื่อมองดูด้วยตาจะมองไม่เห็นความแตกต่างของสีชัดเจนนัก แต่เมื่อทำการวัดสีโดยใช้

เครื่องวัดสี ผลการตรวจสอบพบว่า ค่า L และ a* จะลดลงเมื่อกล้วยมีความแก่เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อความแก่ของกล้วยเพิ่มขึ้น ค่า b* จะเพิ่มขึ้น ในทุกระยะการเก็บเกี่ยว ของกล้วยทั้ง 4 สายพันธุ์ (Table 3-6)ซึ่งปัญหาสำคัญในการทำแป้งกล้วยคือแป้งที่ได้มีสีไม่ขาวเหมือนแป้งโดยทั่วไป ซึ่งสาตุเกิดจากสารประกอบฟีนอลในกล้วยเมื่อสัมผัสกับอากาศ และเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) เช่น Cresolase, Catecholaseและ o-diphenol oxidase เป็นต้น จะให้สารประกอบ Quinone ซึ่งต่อมาเกิดสาร Polymerization ในผลิตภัณฑ์ที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น (วลัย และคณะ, 2542) โดยอาจรวมตัวกับ Amino หรือ Sulfhydryl group ของโปรตีนให้สารสีน้ำตาล (นิภา, 2541)

ค่าความหนืด

จากผลการทดลองพบว่าค่าความหนืดแป้งสูงสุดเฉลี่ย (maximum viscosity) ในทุกระยะการเก็บเกี่ยวของกล้วยหักมุก (1217.97 BU) และกล้วยหอม (1205.43 BU) ซึ่งมีปริมาณมากกว่าแป้งกล้วยน้ำว้า (1002.10 BU) และแป้งกล้วยไข่ (844.67BU) อีกทั้งพบว่าที่ระยะการเก็บเกี่ยว 70 เปอร์เซ็นต์ในกล้วยทั้ง 4 สายพันธุ์มีค่าความหนืดแป้งสูงสุด (maximum viscosity) และค่า set back ในกล้วยทั้ง 4 สายพันธุ์สูงกว่า ที่ระยะเก็บเกี่ยว 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์เล็กน้อย (Table 3-6)

รูปร่างและขนาดของเม็ดแป้ง

เมื่อตรวจสอบรูปร่างและขนาดของเม็ดแป้งกล้วย โดยใช้กล้อง SEM แสดงให้เห็นว่า เม็ดแป้ง (starch granule) กล้วยทั้ง 4 สายพันธุ์มีรูปร่างเป็นวงรี (oval shape) แท่งยาว (elongated) และมีรูปร่างไม่แน่นอน (irregular shape) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15-40 ไมโครเมตร และรูปร่างแท่งยาว 5-25 ไมโครเมตร และยาว 20-50 ไมโครเมตร พื้นที่ผิวของเม็ดแป้งมีสารอื่นมาเกาะปนอยู่ เมื่อกล้วยมีระยะความแก่เพิ่มมากขึ้น จะพบเม็ดแป้งที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจำนวนมาก (Figure 2,3) และเมื่อกล้วยมีความแก่เพิ่มขึ้น จะพบว่าพื้นผิวเม็ดแป้งมีลักษณะเป็นริ้วๆ ซึ่งเกิดจากการทำงานของเอนไซม์อมิเลสในการเปลี่ยนส่วนประกอบในเม็ดแป้งให้เป็นน้ำตาลในระหว่างเกิดการสุกของกล้วย แสดงให้เห็นว่ากล้วยที่มีความแก่เต็มที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่กระบวนการสุกแล้ว (Kayisu *et al*., 1981)

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า แป้งของกล้วยทั้ง 4 ชนิด มีคุณสมบัติคล้ายแป้งข้าวเจ้า และมีความหนืดแป้งสูงมาก

การทำแป้งกล้วยดิบสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่ 60-70 เปอร์เซ็นต์มีองค์ประกอบทางเคมีไม่ต่างกันมากนัก และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรทสูง คุณภาพแป้งที่ระยะนี้ไม่ต่างกัน ดังนั้น ถ้าจะทำแป้งกล้วยดิบแทนแป้งพืชอื่น เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น สามารถใช้แป้งกล้วยดิบได้ตั้งแต่ลูกกล้วยมีความสุกแก่ ตั้งแต่ 60-80 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าสุกแก่มาก คือ 80 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณแป้งลดลงเล็กน้อยและปริมาณน้ำตาลมากขึ้น แต่ก็สามารถใช้ได้

การทดลองที่ 2.3 ศึกษาความชื้น อุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแป้งฟลาวจากกล้วยชนิดต่างๆ

การทดลองที่ 2.3.1 ศึกษาความชื้นแป้ง และบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแป้งกล้วยชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพ

จากการทดลองพบว่าเมื่อเก็บรักษาแป้งกล้วยเป็นระยะเวลานานขึ้นในภาชนะบรรจุที่แตกต่างกันนั้น ความชื้นแป้งกล้วยที่ 7% เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือนความชื้นแป้งลดลง แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้น 4 และ 6 เดือนความชื้นแป้งเพิ่มขึ้นในภาชนะทั้ง 3 ชนิด ส่วนความชื้นแป้งกล้วยที่ 10% นั้น เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ความชื้นลดลงในภาชนะบรรจุชนิดถุงลามิเนตและถุงฟอยด์ ซึ่งมีความชื้นแป้งไม่แตกต่างกัน แต่ในภาชนะบรรจุถุงพลาสติกนั้นความชื้นแป้งเพิ่มขึ้น ถุงลามิเนตเป็นถุงชนิดโพลีเอทธิลีน ราคาอยู่ในระดับปานกลาง มีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของการป้องกันความชื้นได้ดีและการดูดซึมไอน้ำต่ำมาก มีการต้านทานแรงดึงขาดสูง ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่อุณหภูมิห้อง ไม่ยอมให้น้ำมันและไขมันซึมผ่าน โครงสร้างมีการจัดเรียงตัวแบบผลึก จะทำให้ความใสลดลง (วุฒิชัย, 2535) ปริมาณอมิโลสแป้งกล้วย 5 ชนิดมีปริมาณดังนี้ กล้วยหอม 32.3% กล้วยน้ำว้า 40.9% กล้วยไข่ 33.9% กล้วยหักมุก 38.6% กล้วยเล็บมือนาง 38.6% เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ความชื้นแป้งกล้วยที่ 7% เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณอมิโลสเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่กล้วยหักมุกและกล้วยเล็บมือนางปริมาณอมิโลสลดลงในทุกภาชนะบรรจุ ส่วนความชื้นแป้งกล้วยที่ 10% กล้วยเล็บมือนางที่เก็บในถุงพลาสติกปริมาณอมิโลสลดลง กล้วยหอมเมื่อเก็บในถุงพลาสติกและถุงฟลอยด์ปริมาณอมิโลสลดลง และกล้วยน้ำว้าเมื่อเก็บในถุงลามิเนตปริมาณอมิโลสลดลงเช่นกัน เมื่อวัดสีด้วยเครื่องวัดสี พบว่าความชื้นแป้งกล้วยที่ 7% ค่าความสว่าง (L*) ลดลง ในทุกภาชนะบรรจุ ค่าสีแดง (+a*) และค่าสีเหลือง (+b*) เพิ่มขึ้น ความชื้นแป้งกล้วยที่ 10% ค่าความสว่าง (L*) แป้งกล้วยไข่เพิ่มขึ้นในทุกภาชนะบรรจุ ส่วนกล้วยชนิดอื่นๆนั้น ค่าความสว่าง (L*) ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับเดือนที่ 0 แต่กล้วยเล็บมือนางค่าความสว่าง (L*) ลดลง ในภาชนะบรรจุถุงพลาสติก ค่าสีแดง (+a*) เพิ่มขึ้นทุกภาชนะบรรจุ และค่าสีเหลือง (+b*) ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงในทุกภาชนะบรรจุ ปริมาณโปรตีนแป้งกล้วย 5 ชนิดมีปริมาณดังนี้ กล้วยหอม 3.36% กล้วยน้ำว้า 2.65% กล้วยไข่ 3.08% กล้วยหักมุก 2.76% กล้วยเล็บมือนาง 4.09% ซึ่งเมื่อเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่าความชื้นแป้งกล้วยที่ 7% และ 10% ในทุกภาชนะบรรจุมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น (Table 7) โปรตีนเสียสภาพ (denaturation) สามารถจะคืนสภาพได้อย่างสมบูรณ์ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม โปรตีนสามารถเสียสภาพได้หลายวิธี วิธีหนึ่งคือความร้อน การเพิ่มอุณหภูมิจะไปเพิ่มการสั่นในโมเลกุล และพลังงานจากการสั่นนั้นสูงพอที่จะทำลายโครงสร้างได้ (คณาจารย์ภาควิชาชีวเคมี, 2554) ซึ่งในระหว่างการทำแป้งกล้วยมีการใช้ความร้อนในการทำให้แห้งซึ่งอาจทำให้โปรตีนเสียสภาพได้ และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นก็อาจเกิดการคืนสภาพได้ ส่วนค่าความหนืดสูงสุด (maximum viscosity) พบว่ามีค่าลดลง ยกเว้นในความชื้นแป้งกล้วย กล้วยหอม กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง ความชื้นแป้งกล้วย 10% ในภาชนะบรรจุชนิดถุงลามิเนตและถุงฟอยด์มีค่าความหนืดสูงสุดเพิ่มขึ้น ค่าความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (Break down) ความชื้นแป้งกล้วยที่ 7%

มีค่าลดลง ส่วนความชื้นแป้งกล้วย 10% ในภาชนะบรรจุชนิดถุงลามิเนตและถุงฟอยด์เพิ่มขึ้น ค่าการคืนตัว (Set-back) ในแป้งกล้วยเล็บมือนางความชื้นแป้งกล้วยที่ 7% และ 10% ในทุกภาชนะบรรจุเพิ่มขึ้น ส่วนกล้วยชนิดอื่นนั้นที่ความชื้นแป้งกล้วย 10% ในภาชนะบรรจุชนิดถุงลามิเนตและ ถุงฟอยด์มีค่าการคืนตัวเพิ่มขึ้น ค่าการคืนตัวของแป้ง เป็นค่าที่แสดงแนวโน้มของการเกิดรีโทรเกรดเดชันของตัวอย่างได้ โดยการเปลี่ยนแปลงค่าการคืนตัวในกลุ่มของแป้งน่าจะเป็นผลมาจากปริมาณอมิโลส โดยตัวอย่างที่มีอมิโลสสูง จะมีแนวโน้มในการเกิดค่าคืนตัวสูงทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก การที่มีปริมาณอมิโลสสูง ทำให้มีปริมาณของอมิโลสที่แพร่ออกมานอกเม็ดแป้งได้สูงกว่าที่มีอมิโลสต่ำ ทำให้การจัดเรียงตัวใหม่ที่เกิดจากโมเลกุลของอมิโลส ซึ่งสอดคล้องกับ Greenwood (1979) พบว่าแป้งข้าวโพดที่มีปริมาณอมิโลสสูงขึ้น จะมีค่าคืนตัวที่สูงขึ้นด้วย

การทดลองที่ 2.3.2 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแป้งกล้วยชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพ

จากการทดลองพบว่าความชื้นแป้งกล้วยที่ 7% เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นแป้งกล้วยเพิ่มขึ้น ที่ 4 และ 10°C ความชื้นแป้งกล้วยมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่ความชื้นแป้งกล้วย 10% มีความชื้นลดลง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ค่าอมิโลสของความชื้นแป้งกล้วยที่ 7% นั้น กล้วยเล็บมือนางมีค่าอมิโลสลดลงอย่างเห็นได้ชัด ที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับในการเก็บรักษา ความชื้นแป้งกล้วย 10% ค่าอมิโลสมีค่าลดลงในแป้งกล้วยเล็บมือนาง กล้วยหักมุก กล้วยน้ำว้า ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ส่วนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C มีค่าอมิโลสเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ความชื้นแป้งกล้วยที่ 7% มีค่าความสว่างลดลง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ส่วนความชื้นแป้งกล้วย 10% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ที่ 4°C ค่าความสว่างไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และที่ 10°C ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเช่นกัน ค่าสีแดง (+a*) เพิ่มขึ้น แต่ที่ 10% ที่เก็บรักษาที่ 4 และ 10°C เพิ่มขึ้นไม่มากนัก ค่าสีเหลือง (+b*) ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงในทุกอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับในการเก็บรักษาปริมาณโปรตีนแป้งกล้วย 5 ชนิด พบว่าความชื้นแป้งกล้วยที่ 7% และ 10% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 4 และ 10°C มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น (Table 8) ค่าความหนืดสูงสุด (Maximum viscosity) กล้วยเล็บมือนางเพิ่มขึ้น แต่ความชื้นแป้งกล้วยที่ 7% ที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้อง กล้วยหักมุกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่าความหนืดสูงสุดลดลง ความชื้นแป้งกล้วยที่ 10% เมื่อเก็บรักษาที่ 4 และ 10°C ค่าความหนืดสูงสุดเพิ่มขึ้น ความชื้นแป้งกล้วยที่ 7% ค่า Break down เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C ลดลง แต่กล้วยเล็บมือนางและกล้วยหักมุก ความชื้นแป้งกล้วยที่ 10% ค่า Break down เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับในการเก็บรักษา ค่า Set-back กล้วยหอมเพิ่มขึ้น แต่ความชื้นแป้งกล้วยที่ 7% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C และความชื้นแป้งกล้วยที่ 10% ค่า Set-back เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C มีค่าเพิ่มขึ้น ปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพและสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ที่เปลี่ยนแปลงของมันสำปะหลังเมื่อเก็บสต็อกในอายุต่างๆกัน มีหลายปัจจัยด้วยกัน ทั้งอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รวมถึงระยะเวลาในการเก็บรักษา เมื่อเก็บแป้งไว้ในที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง (Shipman, 1967) และเมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูง จะทำให้กำลังการพองตัวลดลง

ในทางตรงกันข้ามการเก็บแป้งในที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำทำให้แป้งมีความชื้นต่ำทำให้มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้เร็วและมากกว่าแป้งที่เก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง นั่นคือมีค่าดูดซับน้ำ (water uptake) สูงกว่า และมีค่าการพองตัว (bulk swelling power) สูงกว่าด้วย อีกทั้งการเก็บที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงและเก็บนานจะทำให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางชีวเคมีได้ (Toledo, 1991)

การทดลองที่ 3.1 พัฒนาวิธีการทำแป้งสตาร์ชจากแป้งพืชชนิดต่างๆ

ปริมาณโปรตีน

พบว่า แป้งฟลาวที่ใส่สารตามกรรมวิธีมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับแป้งที่ใช้วิธีล้างน้ำซึ่งเป็นวิธีที่ใช้อยู่โดยทั่วไป และต่ำกว่าแป้งฟลาวอย่างชัดเจนในแป้งทั้ง 2 ชนิด แป้งถั่วเขียวที่ใช้สารเคมีสกัดโปรตีนทำให้ปริมาณโปรตีนลดลงใกล้เคียงกันโดยมีค่าโปรตีนอยู่ระหว่าง 28.74-28.89% และไม่ต่างจากวิธีล้างน้ำซึ่งมีปริมาณโปรตีน 28.77 % ขณะที่แป้งฟลาวถั่วเขียวมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าอยู่ที่ 34.8% (Table 9) แป้งมันเทศสกัดด้วยสารเคมี จะมีโปรตีนอยู่ระหว่าง 1.46-2.65% ซึ่งไม่ต่างจากวิธีล้างน้ำที่มีปริมาณโปรตีนอยู่ที่ 1.61%แต่ทุกกรรมวิธีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าแป้งฟลาวมันเทศ คือ 3.1% (Table 10) ปริมาณโปรตีนที่ลดลงในกรรมวิธีที่ใช้สารเคมี และไม่ต่างจากการล้างน้ำแต่ลดต่ำกว่าแป้งฟลาวปกติ แต่ปริมาณโปรตีนที่ลดลงของมันเทศจะน้อยว่าในแป้งถั่วเขียว อาจเป็นเพราะลักษณะของโปรตีนที่อยู่ในเม็ดแป้งต่างกัน เช่น เม็ดแป้งข้าวเหนียว ข้าวโพดจะมีรู ส่วนเม็ดแป้งข้าวสาร มันเทศ กล้วยโปรตีนจะเคลือบที่ผิวเม็ดแป้ง (Han *et al*., 2005) แสดงว่า การสกัดโปรตีนนอกจากจะขึ้นกับวิธีการ ยังขึ้นกับชนิดของแป้งด้วย Figure 4 และ 5 แสดงให้เห็นความแตกต่างของโปรตีนที่มีอยู่บนเม็ดแป้งฟลาวและแป้งสตาร์ชที่ไม่มีโปรตีนเคลือบอยู่มี่ผิว

ค่าความหนืด

ค่าความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (set back) ก็สูงขึ้น เมื่อใช้กรรมวิธีต่างๆ และมีค่าสูงกว่าแป้งฟลาวอย่างชัดเจน ค่าความหนืดสูงสุดในแป้งถั่วเขียวเมื่อใช้สารเคมีอยู่ระหว่าง 57-75 BU. ไม่ต่างจากการล้างน้ำที่มีความหนืดแป้งสูงสุด เท่ากับ 71 BU. และสูงกว่าแป้งฟลาวถั่วเขียวที่มีความหนืดสูงสุดเพียง 22 BU. (Table 9)

เช่นเดียวกันในแป้งมันเทศ การใช้สารเคมีทำให้ความหนืดแป้งสูงสุดใกล้เคียงกันกับการล้างน้ำ คือแป้งที่ใช้สารเคมีมีค่าความหนืดสูงสุดอยู่ระหว่าง 119-128 BU. ส่วนแป้งที่ล้างน้ำมีค่าความหนืดแป้งสูงสุดเท่ากับ 131 BU. อย่างไรก็ตามสูงกว่าแป้งฟลาว ที่มีค่าเพียง 94 BU. (Table 10)

ค่า set back ก็ให้ผลไปในทางเดียวกัน คือแป้งที่ใช้สารเคมี จะมีค่าอยู่ระหว่าง 46-48 BU. ขณะที่การล้างน้ำทำให้แป้งมีค่า set back เท่ากับ 50 BU. ซึ่งสูงกว่าแป้งฟลาวมันเทศ ที่มีค่า 38 BU. (Table 10)

แต่การใช้กรดไฮโดรคลอริก 35% จะทำให้ความหนืดสูงสุดและค่า set back ของแป้งต่ำกว่าการใช้สารอื่น อาจเป็นเพราะกรดไฮโดรคลอริก 35% จัดว่าเป็นกรดแก่ ทำให้ประสิทธิภาพที่จะย่อยเม็ดแป้งได้มากกว่าสารอื่นจนทำให้ลักษณะของเม็ดแป้งถูกทำลาย ความหนืดแป้งจึงลดลง

การทดลองที่ 3.2 วิเคราะห์คุณภาพ resistant starch จากแป้งพืชศักยภาพ

ชนิดและปริมาณน้ำตาลที่ย่อยได้ในแป้งพืช

พบว่า แป้งชนิดต่างๆ เมื่อย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอมิเลสจนเต็มที่ จะได้น้ำตาล 3 ชนิด คือ กลูโคส ฟรุคโตส และ ซูโครส โดยกลูโคส และ ฟรุคโตส เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว แสดงว่าระยะเวลา 24 ชั่วโมงที่ตั้งทิ้งไว้ เอนไซม์สามารถย่อยแป้งจนได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ถ้าน้ำตาลที่ได้เป็น ซูโครส ซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่สูงกลูโคสต่ำ แสดงว่า เป้งชนิดนั้น ย่อยยาก จัดเป็น resistant starch

Table 11 จากตัวอย่างแป้งพืชทดลอง 15 ตัวอย่าง มีจำนวน 8 ชนิด ที่มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสต่ำกว่าแป้งข้าวทั้ง 3 ชนิด ทั้งมีปริมาณน้ำตาลซูโครสในปริมาณค่อนข้างสูง เมื่อย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอมิเลส แสดงว่า เป็นแป้งที่ย่อยยาก คือ เผือก เมล็ดบัว มันเทศ ข้าวโพดเมล็ดแข็งสำหรับทำแป้ง ข้าวโพดหวาน ซึ่งแป้งพืชเหล่านี้จัดเป็นพืชทีมีโปรตีน และเส้นใยสูง (ตารางที่ 1)

Table 12 จากตัวอย่างแป้งพืช จำนวนทั้งหมด 23 ตัวอย่าง พบว่า แป้งกล้วยดิบ มันเทศ กล้วยพันธุ์สายเดือน ให้น้ำตาลกลูโคสต่ำกว่าข้าวทั้ง 3 ชนิด ส่วนแป้งบัวทั้งเปลือก กล้วยหลายชนิด ถั่วเหลือง เป็นต้น มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสต่ำกว่าแป้งข้าวขาวดอกมะลิ105 และ ชัยนาท1

จากการนำผลิตตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาทดสอบการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอมิเลส พบว่า ผลิตภัณฑ์ประเภท ก๋วยเตี๋ยว วุ้นเส้น เมื่อย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอมิเลสได้ปริมาณกลูโคสต่ำกว่าแป้งข้าวทั้ง 3 ชนิด (Table 13) ซึ่งจัดได้ว่าเป็นแป้งพืชย่อยยาก (resistant starch)

จะเห็นได้ว่าพืชที่มีปริมาณแป้งต่ำ มีปริมาณโปรตีน น้ำมันสูง จะย่อยได้จปริมาณกลูโคสต่ำ ส่วนภัณฑ์ที่แปรรูปมาจากข้าว ถั่วเขียว ที่วัตถุดิบที่ใช้จะย่อยแล้วให้น้ำตาลกลูโคสสูง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะผลิตภัณฑ์ที่ย่อยยาก

การทดลองที่ 3.3 พัฒนาแป้งพืชศักยภาพให้เป็น modified starch

แป้งดัดแปรจากการใช้ความร้อนทำให้แป้งสุก (pre-gelatinization)

แป้งสุกจากเครื่องดรัมดราย ทำให้แป้งสุก เกิด pregelatinized เรียก แป้งดัดแปร หรือ แป้งพรีเจล แป้งที่ได้จะมีคุณสมบัติต่างจากแป้งเดิม คือ แป้งเดิมจะไม่ค่อยละลายน้ำ เนื้อแป้งจะแขวนลอยในน้ำ ทำให้สุกโดยการกวนและให้ความร้อน จะเกิดเป็นแป้งเจล ส่วนแป้งพรีเจลจะสามารถละลายในน้ำที่อุณหภูมิห้องทำให้แป้งละลายได้มีลักษณะเป็นเจล จากการนำแป้งพรีเจลไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM) เม็ดแป้งปกติจะเห็นเป็นเม็ดๆ ส่วนแป้งพรีเจลเม็ดแป้งถูกทำลายด้วยความร้อน (Figure 6)

แป้งดัดแปรจากการใช้สารเคมี

พบว่า แป้งกล้วยเมื่อใส่สารต่างๆ คือ กรดซัลฟุริก มีฤทธิ์เป็นกรดแก่ กรดอะซิติก มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีฤทธิ์เป็นด่าง ใส่ในแป้งกล้วย แล้วแป้งจะมีคุณสมบัติต่างไปจากแป้งเดิม เช่น ปริมาณอมิโลส ความหนืดสูงสุด ค่า set back หรือค่าความต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและความหนืดที่อุณหภูมิ 50°C ลดลง

เมื่อนำกรดใส่ในน้ำแป้งสุก กรดจะย่อยแป้งทำให้เซลเม็ดแป้งได้รับความเสียหาย มีผลทำให้คุณภาพแป้ง เช่น ความหนืดลดลง

เมื่อนำแป้งฟลาว 20 กรัม เติมน้ำ 100 มล. เติมสารต่างๆ ตามกรรมวิธี 400 µl พบว่า วิธีการใช้สารต่างๆ ทำให้ปริมาณโปรตีนลดลงเหมือนกับวิธีกำจัดโปรตีนโดยการล้างน้ำแป้งหลายๆ ครั้ง เช่นเดียวกับที่ใช้ในวิธีการทำแป้งสตาร์ชโดยทั่วไป แต่การใช้สารเคมีจะใช้เวลาสั้นกว่า การล้างน้ำเพื่อเอาโปรตีนที่เกาะอยู่ที่ผิวเม็ดแป้งให้หลุดออก แล้วล้างออกด้วยน้ำทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง (Table 14) การใช้กรดอะซิติก ที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4% ไม่ทำให้ความหนืดแป้งสูงสุด และค่า set back ของแป้งถั่วเขียว และแป้งกล้วยน้ำว้า แตกต่างจากแป้งปกติ (Table 15) การใช้น้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้นต่างๆ ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนก็ไม่สามารถกำจัดโปรตีนได้ (Table 16)

แป้งดัดแปรจากการเร่งอายุ (Accelerated aging)

การเร่งอายุโดยการนำแป้งมาอยู่ในสภาพเร่งอายุ (aging) คือ ความชื้นแป้งสูงหรืออิ่มตัวด้วยน้ำด้วยการแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วให้อยู่ในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานานต่างกัน คือ 2 4 และ 6 ชั่วโมง พบว่า วิธีการเร่งอายุไม่ได้ทำให้ปริมาณโปรตีนเปลี่ยนแปลง แต่มีผลต่อปริมาณอมิโลส ถ้าใช้เวลาในการเร่งอายุนานขึ้น จะทำให้แป้งมีปริมาณอมิโลสต่ำลง (Table 17) อาจเป็นเพราะวิธีการเร่งอายุ สภาพความชื้นของแป้งและความชื้นสัมพัทธ์จะกระตุ้นให้เอนไซม์อมิเลสในแป้งช่วยย่อยสายของโมเลกุลแป้งทำให้สายโมเลกุลแป้งเปลี่ยนแป้งสั้นขึ้น จึงทำให้ปริมาณอมิโลสสูงขึ้น ทำให้แป้งมีความแข็งขึ้นเมื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์

เช่นเดียวกับ ข้าวเก่าจะมีความแข็งและร่วนมากกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆ แต่เมื่อเร่งอายุเป็นเวลานานขึ้น แป้งจะถูกย่อยเป็นน้ำตาลมากขึ้น ปริมาณแป้งหรืออมิโลสจะลดลง ดังนั้น การเร่งอายุจะทำให้คุณภาพแป้งเปลี่ยนแปลง แป้งจะมีความแข็งมากขึ้น แต่ต้องคำนึงถึงระยะเวลาการเร่งอายุที่เหมาะสมด้วย

การเร่งอายุ จะทำให้คุณภาพความหนืดแป้งเปลี่ยนแปลง เช่นทำให้แป้งมันเทศมีความหนืดเพิ่มขึ้น (Table 18) ความร้อนจะทำให้คุณภาพแป้งเปลี่ยนไป เช่น แป้งมะขามสด (แป้งมะขามปกติ1) จะมีความหนืดสูงสุดสูงมาก (1275 BU) และมีเมือก ทำให้แป้งมีความหนืดสูงเกินไป เมื่อนำไปคั่ว (ให้ความร้อน) จะทำให้ความหนืดสูงสุดลดลง (610 BU) และเมื่อนำไปเร่งอายุ จะทำให้ความหนืดสูงสุดลดลงมากขึ้น (510 และ 493 BU) (Table 19)

การนำแป้งดัดแปรไปใช้ประโยชน์

แป้งพรีเจล จากลักษณะแป้งพรีเจลที่ละลายได้ในน้ำเย็น มีความหนืดสูงจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น

1.ลดขั้นตอนการปรุงอาหาร เช่น การทำวุ้นเส้นกึ่งสำเร็จรูป ขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป สามารถนำแป้งพรีเจลผสมสตาร์ชถั่วเขียว แล้วนำไปนวดในเครื่องนวดแป้ง จนแป้งเป็นก้อนกลมไม่ติดภาชนะ นำไปละลายน้ำแล้วนำไปกดในตะแกรง กดให้เป็นเส้นลงในน้ำร้อน เส้นสุกลอยนำไปแช่ในน้ำเย็น 2-3 ครั้ง จะได้วุ้นเส้นสด โดยใช้เวลา เพียง 5-10 นาที เท่านั้น เทียบกับวิธีการเดิมใช้เวลา ประมาณ 4-5 ชั่วโมง เช่นเดียวกับการนำแป้งพรีเจลไปทำขนมจีน (จารุวรรณ, 2550) เปรียบเทียบขั้นตอนใน Appendix 1 หรืออาหารประเภทกวน เช่น ลอดช่อง ขนมชั้น เป็นต้น ซึ่งเดิมต้องใช้เวลานานมากกว่า 3 ชั่วโมง ขนมสามารถเก็บได้นานกว่าการทำแบบกวน

2. สามารถทำอาหารประเภทอาหารสำเร็จรูป เช่น โจ๊ก เครื่องดื่มชงละลายทันที สามารถใส่น้ำร้อนและดื่มได้เลย เช่น น้ำขิงผง เป็นต้น สามารถชงด้วยน้ำร้อน

3. สามารถทำเป็นอาหารสำเร็จรูป เช่น เฟลค ซึ่งเป็นอาหารที่กรอบรับประทานกับนม ได้ทันที แป้งที่มีโปรตีนลดลง

การเร่งอายุแป้ง จะทำให้เนื้อแป้งมีความแข็งมากขึ้น จึงสามารถนำไปทำผลิตภัณฑ์เส้นได้ เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว แป้งทอดกรอบ ทำขนมเช่น แป้งทอดกรอบ เป็นต้น

การทดลองที่ 3.4 วิธีการเก็บรักษาแป้งสำเร็จรูปที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์

สภาพความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในสภาพที่เก็บ

เมื่อนำส่วนผสมแป้งเพื่อทำเค้กและแพนเค้ก แล้วนำไปวางในสภาพอุณหภูมิ 2 แบบ คือ อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าตลอดระยะเวลาเก็บรักษามีอุณหภูมิ 10.33$\pm$2.77 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ 72.63$\pm$9.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสภาพอุณหภูมิห้องจะมีอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และความชื้นสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลงตาม Figure 7

ความชื้นแป้ง และปริมาณสารแอฟลาทอกซิน

เมื่อนำแป้งที่ผสมตามสูตรเค้กและแพนเค้กแล้ว พบว่า เมื่อเก็บไว้นานเป็นเวลา 9 เดือน ความชื้นแป้งก็จะไม่ต่างกันมากนัก แต่แป้งที่ใส่ในถุงพลาสติกอย่างเดียวและเก็บในสภาพอุณหภูมิห้องจะมีความชื้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่นเล็กน้อย และมีปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินสูงกวากรรมวิธีอื่น แต่ยังไม่เกินมาตรฐาน 10 ppb. (Table 20)

ความฟู และ เนื้อสัมผัส

จากการนำแป้งเค้กที่เก็บในสภาพต่างๆ มาทำเค้ก พบว่าความฟูของเนื้อเค้กจะไม่ต่างกันในทุกกรรมวิธี และไม่ต่างจากแป้งที่ผสมใหม่ แต่เมื่อเก็บรักษาไว้นานความฟูและความหนาของเค้กจะไม่ต่างกันในทุกกรรมวิธี (Table 21 Figure 8)

ลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น ความนิ่ม ไม่ต่างกันในทุกกรรมวิธี มีความนุ่มนวลไม่ต่างจากการใช้แป้งผสมใหม่ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน สีไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเก็บรักษาในสภาพต่างๆ เป็นเวลานาน 9 เดือน

เช่นเดียวกัน ความฟูของแพนเค้กจากแป้งผสมที่เก็บรักษาไว้ในสภาพต่างๆ เป็นเวลานาน 8 เดือน จะไม่ต่างจากแป้งที่ผสมใหม่มากนัก แต่แป้งที่ใส่ในถุงพลาสติกอย่างเดียว และเก็บในอุณหภูมิห้อง แผ่นแพนเค้กจะแบนและกว้างกว่า (Figure 9) เป็นเพราะแป้งเมื่อผสมด้วยอัตราส่วนผสมที่เหมือนกันก็ตามแต่แป้งแพนเค้กจะเหลวกว่า เพราะเนื้อแป้งอาจจะดูดความชื้น และพบกับสภาพอากาศที่แปรปรวนมากทำให้คุณภาพเปลี่ยนแปลงมากกว่าแป้งในสภาพอื่น ที่ดูดความชื้นได้ต่ำกว่า

การทดลองที่ 4.1 การใช้แป้งพืชอื่นในการทำวุ้นเส้นหรือก๋วยเตี๋ยว แทนการใช้แป้งถั่วเขียว

องค์ประกอบทางเคมีของมันเทศ

พบว่ามันเทศพันธุ์/สายพันธุ์ต่างๆ มีองค์ประกอบทางเคมีของแป้งฟลาวและสตาร์ชต่างกัน ที่มีความชื้นเฉลี่ยประมาณ 7.26% แป้งฟลาวจะมีปริมาณโปรตีน 3.79 เปอร์เซ็นต์ น้ำมัน 0.39 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 3.8 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหนืดแป้งสุกสูงสุด ประมาณ 98.6 BU. ความหนืดเมื่อแป้งเมื่อเย็นตัว (set back) ประมาณ 39.57 BU. ซึ่งความหนืดค่อนข้างต่ำ จะเป็นได้ว่าแป้งกวนจะมีความนุ่มแต่ไม่เหนียวมาก อาหารที่จะทำจากแป้งมันเทศจึงสามารถนำไปกวน (Table 22)

ปริมาณสตาร์ช (starch)

พบว่า มันเทศต่างพันธุ์กันจะมีปริมาณสตาร์ชต่างกัน เช่น มันเทศมีปริมาณสตาร์ชประมาณ 10-24 เปอร์เซ็นต์ จะมีความหนืดแป้งสุกสูงสุดเฉลี่ย ประมาณ 214 BU. ค่าความหนืดเมื่อแป้งเมื่อเย็นตัว (set back) ประมาณ 107.9 BU. (Table 23)

เมื่อเปรียบเทียบแป้งมันเทศกับถั่วเขียว พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์/สายพันธุ์ต่างๆ มีองค์ประกอบทางเคมีไม่ต่างกันมากนัก แป้งถั่วเขียวที่นำมาวิเคราะห์มีความชื้นในแป้งฟลาวและสตาร์ชเฉลี่ย 8.95 และ 9.17เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ ในแป้งฟลาวมีปริมาณโปรตีนสูงเฉลี่ย 35.67 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า และ น้ำมันเฉลี่ย 3.51 และ 0.09 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำสตาร์ชโดยนำเอาโปรตีน ไขมัน เส้นใย ออกจนสตาร์ชมีปริมาณโปรตีนเหลือเพียง 0.74 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า และ น้ำมันเฉลี่ย 0.21 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น (Table 24)

จากองค์ประกอบทางเคมีของแป้งฟลาวและสตาร์ชถั่วเขียว พบว่า ฟลาวจะมีความหนืดของแป้งสุกต่ำกว่าสตาร์ชมาก คือ 40.5 และ 300.7 BU เช่นเดียวกัน ทำให้ค่า setback สูงขึ้นมากเมื่อเป็นสตาร์ช คือ 18 และ 229 BU (Table 24) จากคุณสมบัติของสตาร์ชถั่วเขียว ทำให้สตาร์ชถั่วเขียวเหมาะที่จะนำไปทำวุ้นเส้น ซึ่งจะมีเส้นที่เหนียวนุ่ม

คุณภาพของสตาร์ชมันเทศจะต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสตาร์ชถั่วเขียว สตาร์ชมันเทศมีค่าความหนืดแป้งสุกสูงสุดของสตาร์ชถั่วเขียว เท่ากับ 214 และ 300.7 BU ตามลำดับ และค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัวสูงขึ้น (set back) ประมาณ 89.60 และ 229 BU (Table 25)

คุณสมบัติของวุ้นเส้นที่ได้

จากการเปรียบเทียบค่าความหนืดแป้งสุกสูงสุดของแป้งสตาร์ชถั่วเขียวและสตาร์ชมันเทศ พบว่า แป้งสตาร์ชถั่วเขียวมีความหนืดแป้งสุกสูงสุดสูงกว่าสตาร์ชแป้งมันเทศมาก ดังนั้นเมื่อนำมาทำวุ้นเส้นสตาร์ชมันเทศ จึงไม่สามารถใช้แป้งมันเทศได้ 100% (วิธีการตาม Figure 10) แต่สามารถผสมกับปริมาณสตาร์ชถั่วเขียว โดยการปนสตาร์ชมันเทศได้เพียง 20% เท่านั้น โดยคุณภาพของเส้นจะใกล้เคียงกับแป้งถั่วเขียวล้วน แต่สามารถช่วยลดการใช้แป้งสตาร์ชถั่วเขียวได้

แต่ปัญหาที่พบคือ การผลิตแป้งมันเทศประเภทสตาร์ช มีผลผลิตต่ำมาก อาจเป็นเพราะเป็นมันเทศที่ขายในตลาด เพื่อนำมาบริโภคสด จึงเก็บเกี่ยวเร็วทำให้ปริมาณแป้งต่ำ จึงควรทำการศึกษาโดยใช้มันเทศที่มีอายุมากขึ้นเพื่อสะสมแป้งได้มากขึ้น หรือหาพันธุ์มันเทศที่มีปริมาณแป้งสูงและเก็บเกี่ยวในอายุเก็บเกี่ยวที่สูงขึ้น

นอกจากนั้น แป้งมันเทศเป็นแป้งที่ให้ปริมาณสตาร์ชค่อนข้างต่ำเฉลี่ย ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ แต่ในกรณีเป็นมันเทศที่เก็บเกี่ยวเพื่อรับประทานหัวสด แต่ถ้าเก็บไว้นานขึ้นประมาณ 15 วัน ทำให้ปริมาณสตาร์ชเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์

ส่วนแป้งกล้วยและแป้งมันสำปะหลังไม่สามารถใช้ได้ เส้นที่ได้จะนิ่มเละ เพราะเป็นแป้งมีความหนืดต่ำ

คุณภาพแป้งสตาร์ชมันเทศที่เก็บเกี่ยวที่อายุต่างๆ

มันเทศพันธุ์ต่างๆ (Figure 11) ที่เก็บเกี่ยวที่อายุต่างกัน จะทำให้ปริมาณสตาร์ช องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพต่างกัน พบว่า สตาร์ชในบางพันธุ์/สายพันธุ์มีปริมาณสตาร์ชเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุมากกว่า เช่น พจ.65-16 และ พจ.101 เป็นต้น ปริมาณสตาร์ชเพิ่มขึ้นประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ บางพันธุ์ได้สตาร์ชไม่ต่างกัน เช่น พันธุ์ไต้หวัน พันธุ์เกษตรกร บางพันธุ์ได้สตาร์ชต่ำกว่า เช่น FM37-3 พจ.166-5 เป็นต้น อาจเป็นเพราะหัวมันเทศมีแมลงเข้าทำลาย เช่น ด้วงดิน เป็นต้น (Figure 12)

พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของแป้งฟลาวมันเทศพันธุ์/สายพันธุ์ต่างๆ โปรตีนมีปริมาณใกล้เคียงกัน เฉลี่ย 0.39 และ 0.24% ที่อายุ 75 และ 90 วันหลังปลูก เช่นเดียวกัน ปริมาณน้ำมันมีปริมาณเฉลี่ย 0.05 และ 0.05% ที่อายุ 75 และ 90 วันหลังปลูกตามลำดับ และเถ้า มีปริมาณเฉลี่ย 0.25 และ 0.16% ที่อายุ 75 และ 90 วันหลังปลูก (Table 26)

อายุเก็บเกี่ยวมีผลต่อคุณภาพแป้ง คือ ความหนืดสูงสุดของแป้งสุกจะมากขึ้นเมื่ออายุเก็บเกี่ยวนานขึ้นอีก 15 วัน เฉลี่ย เท่ากับ 143.5 และ 150.67 BU ที่อายุ 75 และ 90 วันหลังปลูกตามลำดับ และค่า setback เท่ากับ 58,83 และ 61.33 BU ที่อายุ 75 และ 90 วันหลังปลูกตามลำดับ ส่วนปริมาณอมิโลสไม่ต่างกันเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุต่างกัน คือ 37.05 และ 36.52% ที่อายุ 75 และ 90 วันหลังปลูกตามลำดับ (Table 26)

จึงควรทดลองเก็บเกี่ยวในเวลาที่เหมาะสมให้ล่ากว่าเดิม เพื่อที่จะได้สตาร์ชมันเทศเพิ่มขึ้นและแป้งมีความหนืดมากขึ้น

การทดลองที่ 5.1 การเตรียมบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากแป้งของพืชที่มีศักยภาพ

การเตรียมสตาร์ชมันสำปะหลังและสตาร์ชมันเทศ

แป้งประกอบด้วยอมิโลสและอมิโลเพกตินเป็นองค์ประกอบหลัก อมิโลสเป็นพอลิเมอร์ที่มีสายโซ่เป็นเส้นตรง ส่วนอมิโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์ที่มีสายโซ่แบบกิ่งก้านสูง โดยอมิโลสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับแผ่นฟิล์ม (Suppakul *et al*., 2006) รวมไปถึงคุณภาพของแป้งด้วย (Tsakama *et al*.,2010) ในการเตรียมได้ดัดแปลงวิธีของ Tsakama *et al*. (2010) โดยรินน้ำที่เหลือทิ้งไป น้ำที่รินทิ้งไปมีสีเหลือง เนื่องจากเป็นการแยกเอาส่วนโปรตีน ไขมันออกจากตัวเนื้อแป้ง จึงทำให้สตาร์ชที่ได้จากการตกตะกอนนั้นมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว เมื่อผ่านการอบและบดแล้ว สตาร์ชที่ได้เป็นผงละเอียดสีขาว โดยสตาร์ชมันสำปะหลังมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 106.55 และสตาร์ชมันเทศมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 104.67 เมื่อเปรียบเทียบแล้วสตาร์ชมันสำปะหลังให้ค่าความสว่าง (L*) มากกว่าสตาร์ชมันเทศ

การเตรียมแผ่นฟิล์มชีวภาพจากสตาร์ชมันสำปะหลังและสตาร์ชมันเทศและทดสอบคุณสมบัติ

ฟิล์มที่ทำจากสตาร์ชมีลักษณะที่แข็งเปราะ จึงต้องมีการเติมสารเติมแต่งเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มนั้นให้แข็งแรง และมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น โดยทำการดัดแปลงวิธีของ Suppakul *et al*.(2006) ใช้สารเติมแต่ง 2 ชนิด คือ ซอบิทอลและกลีเซอรอล ชนิดและปริมาณของสารเติมแต่งมีผลต่อลักษณะปรากฏคุณสมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ Table 27 แสดงลักษณะที่ปรากฏของแผ่นฟิล์มโดยใช้สารเติมแต่ง 2 ชนิด คือ ซอบิทอล และกลีเซอรอล พบว่า แผ่นฟิล์มที่ได้โปร่งแสง และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารเติมแต่งที่เพิ่มขึ้น แผ่นฟิล์มมีลักษณะที่นุ่มและยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากซอบิทอล และกลีเซอรอลมีคุณสมบัติที่เหมือนกัน สามารถแทรกเข้าไปรวมกับผลึกโครงร่างตาข่าย (network) ระหว่างพันธะไฮโดรเจนของแป้งได้ จึงทำให้ฟิล์มที่ได้นุ่มและใส (Suppakul *et al*.,2006) ส่วนความหนาของแผ่นฟิล์มนั้นไม่แตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เนื่องจากแผ่นฟิล์มมีลักษณะที่เรียบ สม่ำเสมอ ไม่เอียงไปด้านใดด้านหนึ่งของแผ่นฟิล์ม และเมื่อหาค่าความหนืด พบว่า ค่าความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณสารเติมแต่งเพิ่มขึ้น

ความต้านแรงดึงขาด

นำแผ่นฟิล์มมาทดสอบค่าความต้านแรงดึงขาดมีแนวโน้มที่ลดลง (Figure 13) และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Figure 14) เมื่อปริมาณสารเติมแต่งเพิ่มขึ้น เนื่องจากซอบิทอลและกลีเซอรอลเป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับแผ่นฟิล์ม ทำให้แรงยึดเหนี่ยวภายในพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์อ่อนแอลง ความเป็นผลึกลดลง ทำให้ช่องว่างของโมเลกุลเพิ่มขึ้น (Laohakunjit and Noomhorm., 2004; Mali *et al*., 2005) แผ่นฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลังเติมซอบิทอล 20% ให้ค่าความต้านแรงดึงขาดสูงสุด เปอร์เซ็นต์การยืดตัวมีค่าต่ำ แต่แผ่นฟิล์มนั้นแข็งแต่เปราะ แสดงว่า ค่าความต้านแรงดึงขาดมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การยืดตัวอย่างยิ่ง จากนั้นทำการเปรียบเทียบระหว่างฟิล์มสตาร์ชมันเทศและสตาร์ชมันสำปะหลัง พบว่า ค่าความต้านแรงดึงขาดฟิล์มสตาร์ชมันเทศมีแนวโน้มสูงกว่าเนื่องจากปริมาณอมิโลสของสตาร์ชมันเทศมากกว่าสตาร์ช มันสำปะหลัง (Moongngarm *et al*.,2013) ดังแสดงใน Table 28

อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (OTR)

ส่วนอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (OTR) พบว่า ปริมาณสารเติมแต่งเพิ่มขึ้น ค่า OTR มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณซอบิทอลและกลีเซอรอล ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์สามารถเคลื่อนไหวได้เพิ่มมากขึ้น เป็นสาเหตุให้แผ่นฟิล์มมีความต้านทานก๊าซลดลง ก๊าซจึงสามารถแพร่ผ่านเข้าออกแผ่นฟิล์มได้เพิ่มสูงขึ้น (Laohakunjit and Noomhorm, 2004) ทำการเปรียบเทียบระหว่างฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลัง และสตาร์ชมันเทศ พบว่า ฟิล์มสตาร์ชมันเทศให้ค่า OTR ต่ำกว่า (Figure 15) จากการรายงานของ Lin *et al*. (2013); Abegunde*et al*. (2013) พบว่า ขนาดของเม็ดแป้ง (granule size) ของสตาร์ชมันสำปะหลังมีขนาดใหญ่กว่าสตาร์ชมันเทศ จึงทำให้ดูดซับน้ำได้มากกว่า ส่งผลต่อกำลังการพองตัวของเม็ดแป้ง (swelling power) โดยสตาร์ชมันสำปะหลังมีการพองตัวมากกว่าสตาร์ชมันเทศ ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อค่า OTR ของแผ่นฟิล์ม เนื่องจากแผ่นฟิล์มที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำดีกว่า อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนก็เพิ่มสูงขึ้นด้วย

ค่าความแข็งแรงการปิดผนึก (seal strength)

ทำการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงการปิดผนึก (seal strength) พบว่า ปริมาณสารเติมแต่งเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงของการปิดผนึกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยซอบิทอลให้ค่าความแข็งแรงการปิดผนึกมากกว่ากลีเซอรอล (Figure 16) สอดคล้องกับ Abdorreza *et al*. (2011) เนื่องจากซอบิทอล มีหมู่ไฮดรอกซิล 6 หน่วย แต่กลีเซอรอล มีหมู่ไฮดรอกซิล 3 หน่วย ทำให้ความแข็งแรงการยึดเกาะของสายโซ่พอลิเมอร์ของซอบิทอลกับสตาร์ชดีกว่ากลีเซอรอล แต่จากการทดลองที่ 40% กลีเซอรอล มีค่าความแข็งแรงการปิดผนึกที่สูงกว่า 40% ซอบิทอล เนื่องจาก การเติมปริมาณกลีเซอรอลในปริมาณที่สูง นอกจากบริเวณที่ทำการปิดผนึกแล้ว พื้นที่

โดยรอบของแผ่นฟิล์มที่ประกบซ้อนทับกัน ประกบเป็นเนื้อเดียวกัน จึงทำให้แผ่นฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลให้ค่าความแข็งแรงการปิดผนึกสูงกว่า

คุณสมบัติการละลายน้ำ

สำหรับคุณสมบัติการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลังและฟิล์มสตาร์ชมันเทศ พบว่าปริมาณสารเติมแต่งเพิ่มขึ้น การละลายน้ำของแผ่นฟิล์มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Bourtoom (2008) เนื่องจากโครงร่างผลึกตาข่าย (network) ลดลง ส่วนซอบิทอลและกลีเซอรอลเป็นสารเติมแต่งที่สามารถละลายในน้ำได้ เมื่อเพิ่มปริมาณสารเติมแต่ง การละลายน้ำจึงเพิ่มขึ้น

ความสว่าง

ส่วนค่าความสว่าง (L*) ของแผ่นฟิล์มนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.5$)

การย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

นำแผ่นฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลัง และฟิล์มสตาร์ชมันเทศ (Figure 17) มาทดสอบการย่อยสลายได้ทางชีวภาพด้วยการฝังกลบในดินสำหรับปลูกต้นไม้ ที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร มีความชื้นในดินมากกว่า 30% อุณหภูมิ 28±1°C ความเป็นกรด-ด่าง 4±1 และมีความเข้มแสงในช่วง 10,000-25,000 ลักซ์พบว่าแผ่นฟิล์มสตาร์ชทั้ง 2 ชนิดมีลักษณะพองตัว และอ่อนนุ่ม ในวันที่ 2 และอ่อนนุ่มเพิ่มขึ้นในวันที่ 4 ส่วนวันที่ 6 เริ่มมีการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มสตาร์ชทั้ง 2 ชนิด ในวันที่ 8 แผ่นฟิล์มสตาร์ช 2 ชนิดถูกย่อยสลายจนหมด (Figure 18,19) Guohua *et al*. (2006) รายงานว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดการย่อยสลายนั้น เกิดจากการที่แผ่นฟิล์มได้รับความชื้นและการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดิน เช่น รา และแบคทีเรีย เป็นต้น โดยการดูดซับความชื้นหรือน้ำของแผ่นฟิล์มนั้น ทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตและนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยแปรเปลี่ยนเป็นแหล่งที่ให้พลังงานแก่จุลินทรีย์เอง

ต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มชีวภาพจากสตาร์ชมันสำปะหลังและสตาร์ชมันเทศ

ต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลัง เท่ากับ 0.05 – 0.99 บาท/แผ่นฟิล์มขนาด 30x30 ตารางเซนติเมตร และ แผ่นฟิล์มสตาร์ชมันเทศ เท่ากับ 0.62 – 1.10 บาท/แผ่นฟิล์มขนาด 30x30 ตารางเซนติเมตร

ศักยภาพการประยุกต์ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ และทดสอบความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์

ทำการคัดเลือกแผ่นฟิล์มสตาร์ชมา 1 ชนิด โดยเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นฟิล์มแล้ว จึงเลือกแผ่นฟิล์มสตาร์ชมันเทศ ผสม 30% ซอบิทอล นำมาผลิตเป็นซองบรรจุอาหาร โดยค่า OTR ของแผ่นฟิล์มมีค่า 10.20 $cm^3/m^2/day$ อยู่ในช่วงของค่า OTR ที่สามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารแห้งได้ (STORAENSO) ดังนั้นจึงนำมาทดสอบกับ ผงปรุงรส (รสต้มยำกุ้ง) และพริกป่น ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25±1°C ความชื้นสัมพัทธ์ 46±1%) เป็นเวลา 1 เดือน พบว่า ซองที่บรรจุผงปรุงรส (รสต้มยำกุ้ง) เมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นซองบรรจุมีลักษณะที่นุ่ม แต่ซองที่บรรจุพริกป่นมีลักษณะคงเดิม คือ ไม่นุ่ม ส่วนปริมาณความชื้นของ

บรรจุภัณฑ์ที่บรรจุผงปรุงรส (รสต้มยำกุ้ง) และพริกป่น พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น (Figure 20) และปริมาณความชื้นของผงปรุงรส (รสต้มยำกุ้ง) และพริกป่นเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Figure 21) โดยการเก็บรักษาของผงปรุงรส (รสต้มยำกุ้ง) ที่เหมาะสม คือ 1 เดือน แต่การเก็บรักษาของพริกป่นสามารถเก็บรักษามากกว่า 1 เดือน เพราะซองสำหรับบรรจุยังคงสภาพเดิม

การทดลองที่ 5.2 การเตรียมบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากแป้งของพืชที่มีศักยภาพ

การเตรียมสตาร์ชมันสำปะหลัง

สตาร์ชจากมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นผงสีขาวเช่นเดียวกับของกนกศักดิ์และศิริพร (2556) มีองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงใน Table 29

1. การเตรียมแผ่นฟิล์มผสมระหว่างสตาร์ชมันสำปะหลังและแอลจิเนต และทดสอบคุณสมบัติ

การเตรียมแผ่นฟิล์มชีวภาพ ได้ปรับความเข้มข้นของสตาร์ชมันสำปะหลังและปริมาตรในการเตรียมจาก 5% เตรียมที่ 300 มิลลิลิตร โดยกนกศักดิ์และศิรพร (2556) เป็น 4.5% เตรียมที่ 200 มิลลิลิตร และปรับความเข้มข้นของสตาร์ชต่อแอลจิเนตของ Fazilah *et al.* (2011) เป็น 100/0 95/5 90/10 85/15 80/20 75/25 และ 70/30 ใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติไซเซอร์ที่ความเข้มข้นเดียวกับกนกศักดิ์และศิริพร (2556) พบว่าฟิล์มผสมสตาร์ชมันสำปะหลังและแอลจิเนตมีลักษณะโปร่งใสมากขึ้น เมื่อทดสอบการผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 400-800 นาโนเมตร พบว่าการผ่านของแสงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นแอลจิเนตในทุกช่วงความยาวคลื่น (Table 30) และค่า Transparency ของฟิล์มลดลง ($P<0.05$) ดังแสดงใน Table 31 มีความหนาไม่แตกต่างกัน ($P\geq0.05$) ในช่วง 0.083 – 0.093 มิลลิเมตร ขณะที่อัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของแอลจิเนตส่งผลให้ปริมาณความชื้นของฟิล์มเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) และ a_w ของฟิล์มลดลง ($P<0.05$) ดังแสดงใน Table 24 โดยความชื้นที่เพิ่มขึ้นของฟิล์มนั้นเป็นผลมาจากคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) และการกักเก็บความชื้นของแอลจิเนต เนื่องจากมอนอเมอร์ของแอลจิเนตมีองค์ประกอบของหมู่ไฮดรอกซิลจึงเหนี่ยวนำความชื้นเข้าสู่ฟิล์มเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันเมื่อแอลจิเนตมีหมู่ไฮดรอกซิลมากกว่าสตาร์ช จึงสามารถสร้างพันธะกับน้ำอิสระได้ดีกว่าส่งผลให้ค่า a_w ลดลง (Labuza, 1980)

การละลายน้ำ

เมื่อนำฟิล์มมาทดสอบการละลายน้ำ พบว่าฟิล์มที่มีอัตราส่วนของสตาร์ชและแอลจิเนตเมีผลต่อการละลายน้ำ ($P<0.05$) เมื่อลดสตาร์ชและเพิ่มแอลจิเนต ส่งผลให้การละลายน้ำดีขึ้น ($P<0.05$) ดังแสดงใน Figure 22 เนื่องจากสตาร์ชมีองค์ประกอบของอมิโลสซึ่งไม่ละลายน้ำ การลดปริมาณสตาร์ชและเพิ่มปริมาณแอลจิเนตซึ่งละลายน้ำได้ดี จึงทำให้ฟิล์มละลายน้ำดีขึ้นด้วย

ความโปร่งใส

การเติมแอลจิเนตส่งผลให้ฟิล์มมีลักษณะโปร่งใสมากขึ้น โดยค่า Transparency ของฟิล์มลดลง ($P<0.05$) ดังแสดงใน Table 31 ค่าการผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 400-800 นาโนเมตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นแอลจิเนตในทุกช่วงความยาวคลื่น (Table 30)

คุณสมบัติเชิงกล

เมื่อทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์มได้แก่ ความต้านแรงดึงขาด (tensile strength) การยืดตัว (elongation) และโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) พบว่าแอลจิเนตมีผลให้ฟิล์มมีความต้านแรงดึงขาด และค่าโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และค่าการยืดตัวของฟิล์มมีแนวโน้มลดลง ($P<0.05$) (Table 31 และ Figure 23) สอดคล้องกับการศึกษาของ Fazilah *et al.* (2011) ซึ่งพบว่าเมื่ออัตราส่วนของแอลจิเนตเพิ่มขึ้น ฟิล์มจะมีความต้านทานแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นและการยืดตัวลดลง โดย Siddaramaiah *et al.,* (2008) ได้อธิบายว่าแอลจิเนตมีสายโซ่พอลิเมอร์เป็นเชิงเส้น (linear chain) มีหมู่ไฮดรอกซิลและคาร์บอกซิลที่สร้างพันธะที่แข็งแรงกับหมู่ไฮดรอกซิล ของสตาร์ช ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลระหว่างสตาร์ชกับแอลจิเนตสูงกว่าสตาร์ชกับสตาร์ช ฟิล์มจึงมีค่าความต้านทานต่อแรงดึงขาด โมดูลัสของสภาพยืดหยุ่นซึ่งบอกถึงความคงตัวของฟิล์ม (Suppakul *et al.,* 2014) เพิ่มขึ้น และการยืดตัวลดลง

การซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์ม

ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของแอลจิเนตส่งผลให้การซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์ม (Water Vapor Permeability, WVP) ความแตกต่างกัน ($P<0.05$) ดังแสดงใน Table 31 และ Figure 24 โดยเมื่ออัตราส่วนของแอลจิเนตเพิ่มขึ้นส่งผลให้ฟิล์มมี WVP เพิ่มขึ้น มีค่าในช่วง 22.94–26.39 g.mm/m^2.day.kPa แต่มีค่าน้อยกว่า ($P<0.05$) ฟิล์มสตาร์ชไม่ผสมแอลจิเนต 29.05 g.mm/m^2.day.kPa ขณะที่อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (Oxygen Transmission Rate, OTR) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่เติมแอลจิเนตที่ 25% มีค่า OTR สูงที่สุดคือ 1.65 cm^3/ m^2.day (Table 24, Figure 26) ซึ่งค่า WVP และ OTR ของฟิล์มอาจมีผลมาจากการจัดเรียงโมเลกุลของพอลิเมอร์ กล่าวคือ พอลิเมอร์เชิงเส้นจะมีการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำน้อยกว่าพอลิเมอร์แบบกิ่งเนื่องจากมีความหนาแน่นมากกว่า (งามทิพย์, 2557) จึงส่งผลให้ WVP ต่ำกว่าฟิล์มสตาร์ชไม่เติมแอลจิเนต อย่างไรก็ตามสตาร์ชเป็นพอลิเมอร์ชนิดที่มีผลึก (Crystalline) สูง การเติมแอลจิเนตซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐาน (Amorphous) ส่งผลให้ฟิล์มมีการจัดเรียงเป็นระเบียบลดลง อีกทั้งส่วนของ อมิโลเพกตินซึ่งมีกิ่งของสตาร์ช ไม่เชื่อมพันธะกับพอลิเมอร์อื่นๆ ทำให้เกิดช่องว่างภายในเมทริกซ์ (Siddaramaiah *et al.,* 2008) ก๊าซออกซิเจนจึงสามารถซึมผ่านได้มากขึ้น แต่ช่องว่างดังกล่าวอาจยังมีอิทธิพลต่อ WVP ของฟิล์มไม่มากเท่าผลจากความหนาแน่นที่เกิดจากการจัดเรียงโมเลกุล จึงส่งผลให้ WVP ของฟิล์มลดต่ำลงเมื่อผสมแอลจิเนตที่ความเข้มข้น 5% และ 10% และเริ่มสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น

ความสามารถในการย่อยสลาย

การทดสอบการย่อยสลายของฟิล์มโดยวิธีฝังดิน พบว่าเมื่อความเข้มข้นของแอลจิเนตเพิ่มขึ้นส่งผลให้ฟิล์มย่อยสลายช้าลง หลังจากฝังดินเป็นเวลา 3 เดือน ฟิล์มมีน้ำหนักลดลงในช่วง 68.04-87.73% ดังแสดงใน Table 31 และ Figure 25 เนื่องจากแอลจิเนตส่งผลให้ฟิล์มมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น (จากความต้านทานแรงดึงขาดที่สูงขึ้น) ทำให้การเข้าย่อยสลายฟิล์มของจุลินทรีย์ทำได้ยากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพของฟิล์มแอลจิเนตและเพคตินโดย Solak and Dyankova (2014) ซึ่งพบว่าฟิล์มเพคตินซึ่งมีความแข็งแรงน้อยกว่าฟิล์มแอลจิเนตและฟิล์มผสมแอลจิเนตจะย่อยสลายเร็วกว่า

ประสิทธิภาพการใช้เป็นบรรจุภัณฑ์

คัดเลือกฟิล์มผสมสตาร์ชมันสำปะหลังและแอลจิเนต ที่ความเข้มข้น 90/10 ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่ค่า WVP น้อยที่สุด ขณะที่ความชื้น และ aw อยู่ในกลุ่มที่มีค่าน้อย มาขึ้นรูปเป็นซองบรรจุแครกเกอร์เก็บที่ความชื้นสัมพัทธ์ 65% ทดสอบเปรียบเทียบกับฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลังชุดควบคุม และฟิล์มอาบไออลูมิเนียม (Metallize) ทางการค้า พบว่าฟิล์มทั้งสองชนิดยังไม่สามารถป้องกันความชื้นเข้าสู่แครกเกอร์ได้ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์นิ่ม และสูญเสียความกรอบ ความชื้นของแครกเกอร์มีแนวโน้มสูงขึ้นจาก 5.49-5.87% เป็น 8.54-8.56% ในการเก็บ 15 วัน ขณะที่ความชื้นของแครกเกอร์ที่บรรจุในซองทางการค้ามีแนวโน้มคงที่ ดังแสดงใน Table 32 และ Figure 26

ต้นทุนการผลิตฟิล์มและบรรจุภัณฑ์จากสตาร์ชผสมมันสำปะหลัง-แอลจิเนต

ต้นทุนการผลิตแผ่นฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลัง เท่ากับ 0.63 -2.11 บาท/แผ่นฟิล์มขนาด 30x30 ตารางเซ็นติเมตร สามารถขึ้นรูปเป็นซองขนาด 9x9 เซนติเมตรได้ 9 ซอง

สรุปผลการทดลอง

แป้งพืชศักยภาพในประเทศไทยมีมากมายหลายชนิด จะมีองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพต่างกัน เมื่อจะทำผลิตภัณฑ์ ก็สามารถใช้เป็นข้อมูลองค์ประกอบของแป้งและคุณภาพในการนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ชนิดต่างได้ ซึ่งสามารถลดต้นทุนกรผลิตได้

องค์ประกอบทางเคมี เช่น เปอร์เซ็นต์โปรตีน เถ้า ไฟเบอร์ คาร์โบไฮเดรต และคุณภาพแป้ง เช่น ปริมาณอมิโลส วามหนืดแป้งสุก จะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดพืช ฤดูกาลเก็บเกี่ยว อายุเก็บเกี่ยว ระยะเวลาเก็บรักษา

การเก็บรักษาแป้งพืช เช่น แป้งกล้วยดิบ สามารถเก็บรักษาที่ความชื้นต่ำกว่า 10% ได้ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C ภาชนะบรรจุถุงลามิเนต ซึ่งผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างจากเก็บรักษาถุงฟอยด์ แต่ถุงลามิเนตมีราคาต่ำกว่าถุงฟอยด์

วิธีทำแป้งสตาร์ชที่มีค่าความหนืดแป้งสุกมากกว่าแป้งสตาร์ชสามารถใช้การสกัดโปรตีนออกจากแป้งโดยใช้สารเคมี สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร ที่มีราคาถูก และปลอดภัย คือ การใช้กรดอะซิติก 0.2 mM เพราะสามารถสกัดเอาโปรตีนออกมาได้ใกล้เคียงกับการล้างน้ำ แต่ใช้เวลาสั้นกว่า

แป้งพืช ได้แก่ ถั่วต่างๆ บัว เผือก เดือย กล้วย มันเทศ เป็นต้น ซึ่งเป็นแป้งประเภทที่มีโปรตีน ไขมัน เส้นใยสูง คาร์โบไฮเดรทต่ำมีลักษณะเป็นแป้งที่ย่อยยากหรือ resistant starch ในการเลียนแบบการย่อยในปากนั้นจะได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสต่ำ

เมื่อวัตถุดิบผ่านขบวนการแปรรูป จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีประสิทธิภาพการย่อยที่ยากขึ้น

ขั้นตอนการแปรรูป แหล่งวัตถุดิบ ต่างกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพการย่อยที่ต่างกัน เช่น ผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันแต่ต่างบริษัท เป็นต้น

วิธีการทำให้คุณภาพแป้งเปลี่ยนแปลงไป หรือเป็นแป้งดัดแปร (modified starch) สามารถทำได้โดยใช้ความร้อนทำให้แป้งสุก การเร่งอายุ โดยการเพิ่มความชื้นแป้งและให้ความร้อนสูงที่ 100 องศาเซลเซียส หรือการใช้สารเคมี เช่น กรดแก่ กรดอ่อน ด่าง เอนไซม์ หรือการใช้น้ำส้มสายชูจะสามารถเปลี่ยนคุณภาพแป้ง การใช้วิธีการใดขึ้นอยู่กับคุณภาพแป้งที่ต้องการ

แป้งมันเทศ ที่สามารถใช้ทดแทนแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่แล้ว จะสามารถเก็บแป้งสำเร็จรูปเค้กและแพนเค้ก ที่มีส่วนผสมของแป้ง เกลือ น้ำตาล ที่มีความชื้นไม่สูงกว่า 14% ในถุงอลูมินั่มฟอยล์ สามารถเก็บไว้ได้นานในสภาพอุณหภูมิห้อง ได้นานถึง 10 เดือน แต่ถ้าจะเก็บแป้งในถุงพลาสติกอย่างเดียวให้นานควรเก็บในสภาพ 10 อาศาเซลเซียส

แป้งสตาร์ชมันเทศสามารถใช้ทำวุ้นเส้นได้ในอัตราส่วนของแป้งสตาร์ชมันเทศและถั่วเขียว คือ 20% แต่คุณภาพเส้นนิ่มกว่า ควรศึกษาหาพันธุ์มันเทศที่มีปริมาณสตาร์ช ที่มีความหนืดแป้งสุก และค่า setback สูง

สตาร์ชมันสำปะหลังและสตาร์ชมันเทศ สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นฟิล์มที่มีค่าความต้านแรงดึงขาดฟิล์มสตาร์ชมันเทศมีแนวโน้มสูงกว่า การปิดผนึกสูงกว่าและอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนที่ต่ำกว่า และคุณสมบัติการละลายน้ำที่ต่ำกว่า จึงเหมาะสำหรับการพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ แผ่นฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลังและสตาร์ชมันเทศสามารถย่อยสลายได้ภายในเวลา 8 วัน โดยมีต้นทุนการผลิตต่ำ

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550. เทคโนโลยีของแป้ง. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 303 หน้า

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 298 น.

กนกศักดิ์ ลอยเลิศ และ ศิริพร เต็งรัง. 2556. การเตรียมผ่านฟิล์มชีวภาพจากแป้งของพืชที่มีศักยภาพ. หน้า 312-328. ใน : รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2556. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2554. ชีวเคมี. เซนเกจ เลินนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด. กรุงเทพฯ. 762 หน้า.

งามชื่น คงเสรี. 2533. คุณภาพเมล็ดทางเคมี. เอกสารประกอบการบรรยายในการอบรมหลักสูตรการปรับปรุงพันธุ์ข้าว ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี,ปทุมธานี.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2557. วัสดุอ่อนตัวสำหรับการบรรจุ. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทอัฟโฟรเอป จำกัด, กรุงเทพฯ. 211 หน้า.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร. บริษัท เอส. พี.เอ็ม. การพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

จารุวรรณ บางแวก อรรวรรณ จิตต์ธรรม จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ และฐิติภัทร มีบุบผา. 2553. การประเมินคุณสมบัติของแป้งพืช. หน้า 520-534. ใน : รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2553. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

จารุวรรณ บางแวก. 2545. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพขนมจีน. การประชุมวิชาการ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. 28 กุมภาพันธ์ -1 มีนาคม 2545. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี รังสิต นครนายก. หน้า 336-346.

ชลธิรา บุญเรืองยา. 2545. การศึกษาอายุการเก็บรักษาแป้งกล้วย. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพ. 125 หน้า.

ญาณิศา รัตอาภา วิภา สุโรจนะเมธากุล มาฤดี ผ่องพิพัฒนพงศ์ ตวิษา โลหะนะ ไพลิน ผู้พัฒน์ และวารุณี ประดิษฐ์ศรีกุล. 2536. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งกล้วย. วารสารอาหาร. 23(3): หน้า 197-208.

ดลใจ แพทย์กระโทก อนุศาสตร์ สุ่มมาตย์ วิไล สันติโสภาศรี โอภาษ บุญเส็ง. 2542. อิทธิพลของฤดูปลูก พันธุ์ และอายุเก็บเกี่ยว ต่อคุณสมบัติทางชีวเคมีในหัวมันสำปะหลัง. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาวิทยาศาสตร์). ฉบับที่ 33(4) หน้า 497-506.

นิภา คุณทรงเกียรติ. 2541. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน. ชลบุรี : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2553. เคมีอาหาร. โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ. 504 หน้า.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 357 หน้า.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. Modified starch/สตาร์ชดัดแปร. Food Network Solution. http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/502/modified-starch-%E0%B9%81%E0%B8%9B%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%94%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B9%81%E0%B8%9B%E0%B8%A3 สืบค้นเมื่อ 24 มกราคม 2558.

สมศักดิ์ วรรณศิริ. **สวนกล้วย**. 2546. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี.

สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ สมจิต นิยมไทย สมโภชน์ และ ชุมสาย สีลวานิช. 2534. การวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อการตรวจสอบคุณภาพและการสกัดแป้งจากมันเทศพันธุ์ต่างๆ. สถายันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. หน้า 37-61.

สิริลักษณ์ ภักดีศรีพันธ์ จันทนี อุริยะพงศ์สรรค์. 2553. ผลของฤดูกาลเก็บเกี่ยว และพันธุ์ ต่อปริมาณค่าทนย่อยและคุณสมบัติด้านเพสท์ของแป้งเผือก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 41 ฉบับที่ 3/1 (พิเศษ). หน้า 261-264.

วลัย หุตะโกวิท บุษรา สร้อยระย้า ดวงแข สุขโข เฟื่องฟ้า เมฆเกรียงไกร รัมภา สุวรรณพฤกษ์ จุฑา วิริยะ และ วิไลลักษณ์. 2542. กล้วยไทยสู่ปี 2000. กรุงเทพฯ. กรมส่งเสริมการเกษตร. เอกสารประกอบการสัมมนา.

วัฒนะ วัฒนานนท์ วุฒิศักดิ์ พรพรหมประทาน เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ วิจารณ์ วิชชุกิจ กล้าณรงค์ ศรีรอต และไชยรัตน์ เพ็ชรชลานุวัฒน์. 2540. ผลของพันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่มีต่อผลผลิต ความหนืดและสมบัติของแป้งสุก. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาวิทยาศาสตร์). หน้า 28.

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. หลักการบรรจุ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ. 587 หน้า.

Abdorreza, M.N., Cheng, L.H. and Karim, A.A. 2011. Effects of plasticizers on thermal properties and heat sealability of sago starch films. *Food Hydrocolloids*. 25:56-60.

Abegunde, O.K., Mu, T.H., Chen, J.W. and Deng, F.M. 2013. Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. *Food Hydrocolloids*. 33:169-177.

Ambriz, S.L., J.J. Islas-Hernández, E. Agama-Acevedo, J. Tovar and L.A. Bello-Pérez.Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour.*Food Chemistry, Volume 107.*

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th ed. Virginia: The Association of Analysis Chemists.

AOAC. 1990. .Association of Official Chemists, Offcial Methods of Analysis.15th ed. Washington, D.C.

Bangyekan, C., D. Aht-Ong, and K. Srikulkit. 2006. Preparation and properties evaluation of chitosan-coated cassava starch films. *Carb. Polymers*. 63:61-71.

Bello-Perez, L.A.; E. Agama-Acevedo; L. Sanchez-Hernandez and O. Perdes-Lopez. 1999. Isolation and Partial Characterization of Banana Strach. *J.Agr.Food Chem. 47*: 854-857.

Bourtoom, T. 2008. Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend filmfrom rice starch-chitosan.*Songklanakarin Journal of Science and Technology.* 30:149-155.

Chen, Z. 2003. Physicochemical properties of sweet potato starches and their application in noodle products. 151 p.

Embuscado, E. M. and K. C. Huber. 2009. Edible films and coatings for food applications. Springer. United State of America.

Fazilah, A., M. Maizura, A. Karim, K. Bhupinder, B. Rajeev, U. Uthumporn and S.H. Chew. 2011. Physical and mechanical properties of sago starch-alginate films incorporated with calcium chloride. International Food Research Journal. 18(3): 1027-1033.

Furukawaka, S., K. Tanaka, T. Masumura, Y. Ogihara, Y. Kiyokawa and Y. Waka. 2006. Influence of rice proteins on eating quality of cooked rice and on aroma and flavor of sake. Cereal Chem. 83(4): 439-446.

Ghanbarzadeh, B., H. Almasi, and A. A. Entezami. 2010. Physical properties of edible modified starch/carboxymethyl cellulose films. *Innovative Food Sci. and Emerging Tech*. 11:697-702.

Greenwood, C.T. 1979. Observations on the structure of starch granule. In J. M. V. Blanshard and J.R. Mitchell, eds. *Polysaccharides in food*. Butterworth, London.

Guohua, Z., L. Ya, F. Cuilan, , Z. Min, , Z. Caiqiong, and C. Zongdao. 2006. Water resistance, mechanical properties and biodegradability of methylated-cornstarch/poly(vinyl alcohol) blend film. *Polymer Degradation and Stability*. 91: 703-711.

Han, X. Z., M. Benmoussa, J. A. Gray, J.N. BeMiller and B.R. Hamaker. 2005. Detection of proteins in Starch Granule Channels. Cereal Chem 83(4):351-355.

Ibitoye, W. O., M. O. Afolabi, B. O. Otegbayo and A. C. Akintola. 2003. Preliminary studies of the chemical composition and sensory properties of sweet potato starch-wheat flour blend noodles. Nigerian Food J. 31(2). Abstract.

Jiménez, A., M.J. Fabra, P. Talens, and A. Chiralt, 2012. Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. *Food Bioprocess Tech.*. 5(6): 2058-2076.

Kayisu, K., L.F. Hood and P.J. Vousoest. 1981. Characterization of Starch and Fiber of Banana Fruit. *J. Food Sci. 46:* 1885-1890.

Kayisu, K. and L. F. Hood. 1981. Molecular Structure of Banana Starch. *J. Food Sci. 46*: 1894-1897.

Ketiku, A. O. 1973. Chemical Composition of Unripe (Green) and Rip Plantain (Musa paradisca). *J. Sci. Food Agr. 24:* 45-49

Kim, S. R. B., Y. Choi, J. Kim and S. Lim. 2015. Improvement of water solubility and humidity stability of tapioca starch film by incorporating various gums. LTW-Food Sci. and Tech.. 64(1): 475-482.

Labuza, T. P. 1980. Effect of water activity reaction kinetics of food deterioration. Food Tech. 36-41.

Laohakunjit, N. and A. Noomhorm, 2004. Effect of plasticizers on mechanical and barrier properties of rice starch film. S*tarch J.* 56: 348-356.

Lin, J. H., W.T. Kao, Y. C. Tsai, and Y. H. Chang. 2013. Effect of granular characteristics on pasting properties of starch blends. *Carb. Polymers*. 98: 1553-1560.

López, O. V., C. J. Lecot, N. E. Zaritzky and M. A. García, 2011. Biodegradable packages development from starch based heat sealable films. *J. of Food Engin*. 105: 254-263.

Lu, D. R., C. M. Xiao, and S. J. Xu, 2009. Starch-based completely biodegradable polymer materials. *Express Polymer Letters*. 3(6): 366-375.

Mahalik, N. P. and A. N. Nambiar. 2010. Trends in food packaging and manufacturing systems and technology. *Trends in Food Sci. & Tech.*. 21: 117-128.

Mali, S., L. S. Sakanaka, F. Yamashita, and M. V. E. Grossmann. 2005. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. *Carb. Polymers*. 60: 283-289.

Mircea, E. D. 1995. Fruit and Vegetable Processing. Rome: *Food and Agriculture Organization of the United Nation*.

Mota, R. V., F.M.D. Lajolo, C. Ciacco and B.R. Cordenunsi. 2000. Composition and functionalproperties of banana flour from different varieties. ***Starch/Stärke.****52(2-3)*: 63-68.

Moongngarm, A. 2013. Chemical compositions and resistant starch content in starchy Foods. *Amer. J. of Agric. and Biol. Sci.*. 8(2):107-113.

Noda, T., T. Kimura, M. Otani, , O. Ideta, T. Shimada, , A. Saito, and I. Suda, 2002. Physicochemical properties of amylose-free starch from transgenic sweet potato. *Carb. Polymers*. 49:253-260.

Rachtanapun, P. and W. Tongdeesoontorn. 2009. Effect of antioxidants on properties of rice flour/cassava starch film blends plasticized with sorbitol. *Kasetsart J*. 43: 252-258.

Rudnik, E. and D. Briassoulis, 2011. Degradation behaviour of poly (lactic acid) films and fibres in soil under Mediterranean field conditions and laboratory simulations testing. *Industrial Crops and Products*. 33:648-658.

Shipman, L. 1967. Manufacture of tapioca, arrowroot and sago starches. In R.L. Whistler and E.F. Paschall (EDS.) *Starch*: *Chemistry and Technology*. Vol. II. Acad. Press, Inc., New York. pp. 103-109.

Siddaramaiah, H., T. M. M. Swamy, B. Ramaraj and J.H. Lee. 2008. Sodium alginate and its blends with starch: thermal and morphological properties. J. of Appl. Polymer Sci. 109: 4075-4081.

Siracusa, V., P. Rocculi, S.Romani, and M. D. Rosa. 2008. Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Sci. & Tech.*. 19:634-643.

Solak, A. O. and S. M. Dyankova. 2014. Composite films from sodium alginate and high Methoxyl Pectin Physiochemiacal properties and biodegradation in soil. Ecologia Balkanica. 6(2): 25-34.

Su, J. F., Z. Huang, X. Y. Yuan, X. Y Wang and M. Li, 2010. Structure and properties of carboxymethyl cellulose/soy protein isolate blend edible films cross linked by Maillard reactions. *Carb. Polymers*. 79:145-153.

Suppakul, P., B. Chalernsook, B. Ratisuthawat, S. Prapasitthi and K. Munchukangwan, 2006. Plasticizer and relative humidity effects on mechanical properties of cassava flour films. The 15th IAPRI World Conference on Packaging.(Online). Available: http://pindex.ku.ac.th/file_research/PlasticizerRelativeHumidityEffect.pdf (1 September 2013)

Suppakul, P., B. Chalernsook, , B. Ratisuthawat, , S. Prapasitthi and N. Munchukangwan, 2013. Empirical modeling of moisture sorption characteristics and mechanical and barrier properties of cassava flour film and their relation to plasticizing - antiplasticizing effects. *LWT-Food Science and Technology*. 50: 290-297.

Taggart, P. 2004. Starch as an ingredient: manufacture and applications. In Starch in food. Part III. Applications. Woodhead Publishing Ltd.

Tartakowski, Z. 2010. Recycling of packaging multilayer films: New materials for technical products.*Resources,Conservation and Recycling*. 55:167-170.

Tester, R. F. and W. R. Morrison. 1991. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. effects of amylopectin, amylase and lipids. Cereal Chem.67:551-557.

Toledo, R.T. 1991. Fundamental of Food Process Engineering. Van Nostrand Reinhold, New York. pp. 456-506.

Tongdeesoontorn, W., L. J. Mauer, S. Wongruong, P. Sriburi, and P. Rachtanapun, 2011. Effect of carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava starch-based films. *Chemistry Central Journal*. 5:6. (Online). Available: http://journal.chemistrycentral.com/content/pdf/1752-153X-5-6.pdf (1 September 2013)

Tsakama, M., A. M. Mwangwela, T.A. Manani and N. M. Mahungu. 2010. Physicochemical and pasting properties of starch extracted from eleven sweetpotato varieties. *African J. of Food Sci. and Tech.* 1(4): 90-98.

Vergara-Valencia, N., E. Granados-Pereza, E. Agama-Acevedo, J. Tovar, J. Ruales, and L. A. Bello-Perez. 2007. Fibre Concentrate from Mango Fruit: Characterization. *Associated*

Antioxidant Capacity and Application as A Bakery Product Ingredient. Lebensmittel Wissenschaftund Technologie. 40: 722–729.

Vieira, M. G. A., M. A. D Silva, L. O. D. Santos and M. M. Beppu. 2011. Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *Europ. Polymer J.* 47: 254-263.

Table 1. Chemical content, amylose content and viscosity of various crop flour/starch

Crop	Moisture content (%)	Protein (%)	Oil (%)	Fiber (%)	Ash (%)	Carbohydrate (%)	Amylose (%)	set back (BU)	Max viscosity (BU)
Sweet potato flour	8.54	1.27	0.59	2.10	2.79	84.80	22.26	33	82
Sweet potato starch	**10.52**	**0.15**	**0.04**	**0.04**	**0.40**	**88.86**	**10.52**	235	755
Cassava flour	8.89	1.78	0.07	2.72	2.17	84.37	22.90	77.33	276.6
Cassava starch	7.69	0.26	0.21	0.62	0.25	90.97	31.12	179.20	445.93
Mun Lued Kai flour	8.45	2.48	0.18	0.23	3.64	85.20	35.26	33	110
Mon Tor Peuk flour	8.94	2.17	0.16	0.20	0.79	87.74	28.93	238	485
Banana (Hom Khiew) flour	6.23	3.23	0.24	1.58	3.20	85.52	33.7	310	1073
Banana (Khai) flour	8.31	9.42	0.44	1.86	2.78	77.19	27.78	305	1106
Job's tear flour	12.25	2.79	0.25	1,47	2.86	80.34	5.97	120	497
Job's tear starch	11.62	11.18	4.88	0.98	1.42	69.92	12.15	192	740
Lotus flour (Songkla)	9.41	20.15	1.30	3.53	4.27	61.35	8.33	24	43
Soybean flour	10.00	35.49	17.60	1.83	4.24	30.83	4.25	30	13
Mungbean flour	5.43		0.57	1.70	1.70	90.6	33.01	21	50
Mungbean starch	8.15	3.10	0.23	0.83	2.87	84.82	42.49	287	317

Table 2 Chemical composition of harvest season and 4 cultivars banana flours

Banana flours	Harvest season	flours (%)	Protein (%)	Oil (%)	Ash (%)	Fiber (%)	carbohydrates (%)	Amylose (%)	Maximum viscosity (BU)	Break down (BU)	Set back (BU)	Lightness (L*)	The red color value (a*)	The yellow color value (b*)
Kluai Hak Muk	Dry	15.63	3.26c	0.27	2.60b	3.97a	81.94b	33.67	1211.0	369.67a	335.67	86.52	1.62	6.74e
	Rainy	15.93	3.41b	0.07	1.87de	3.03abc	84.33a	38.70	1179.7	319.00ab	288.33	87.57	1.77	7.91cd
Kluai Namwa	Dry	19.18	2.63e	0.27	2.12cd	2.37c	84.15a	30.59	1131.7	344.00a	311.33	85.00	2.02	6.81e
	Rainy	20.75	3.20c	0.11	1.88de	3.04abc	84.37a	39.33	995.7	109.00d	290.33	86.73	2.08	7.50de
Kluai Khai	Dry	14.93	4.54a	0.27	2.24c	0.92d	84.31a	28.57	1162.3	224.33c	257.33	76.92	2.24	8.98b
	Rainy	15.45	3.44b	0.08	1.68e	2.91bc	84.58a	31.91	1099.0	237.33bc	268.33	80.51	2.72	11.71a
Kluai Homkeaw	Dry	16.15	3.10d	0.25	3.47a	2.80bc	82.94b	29.15	1135.0	166.67cd	248.67	80.96	1.88	7.33de
	Rainy	15.30	3.20cd	0.37	1.91de	3.67ab	83.00b	32.67	1087.7	99.67d	220.67	83.67	2.40	8.65bd
average		16.67	3.35	0.21	2.22	2.84	83.70	33.07	1125.26	233.71	277.58	83.49	2.09	8.20
CV (%)		2.59	0.10	0.27	0.26	1.00	1.14	3.15	91.81	90.08	32.21	2.00	0.38	0.79

Table 3. Chemical composition and nutritional value of bananaflour from KluaiKhai at harvesting stages 60 70 and 80%

Treatment	Carbohydrate (%)	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Fiber (%)	Fat (%)	Amylose (%)	Colour			Viscosity	
								L	a*	b*	Max. Visc (BU)	Set back (BU)
60%	86.79	6.85	3.15b	5.74 b	1.03	0.052ab	30.98	75.17 a	2.69 a	9.21 b	773.75b	239.25
70%	86.27	6.92	3.21ab	5.94 a	0.98	0.043b	32.14	73.75 b	2.18 b	10.83 a	881.00a	254.25
80%	86.21	6.38	3.45a	5.87 ab	0.96	0.063a	31.82	73.34 c	2.26 b	11.09 a	879.25a	242.50
	ns	ns	*	*	ns	*	ns	*	*	*	*	ns
CV (%)	0.5	6.4	5.4	2.1	7.5	22.8	4.1	0.28	3.17	1.62	1.56	7.12

Table 4. Chemical composition and nutritional value of bananaflour from Kluai Nam Wa at harvesting stages 60 70 and 80%

Carbohydrate (%)	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Fiber (%)	Fat (%)	Amylose (%)	Colour			Viscosity	
							L	a*	b*	Max. Visc (BU)	Set back (BU)
87.48	6.30	2.02b	5.39 b	1.03	0.033b	38.64	81.72 a	2.37 a	7.93 b	1018.5a	192.00c
87.47	6.16	2.38b	5.64 a	1.00	0.060a	39.34	82.11 a	2.14 b	7.89 b	1042.8a	358.75a
87.41	5.82	2.82a	5.66 a	0.92	0.070a	39.93	80.84 b	2.09 b	8.15 a	945.00b	259.50b
ns	ns	*	*	ns	*	ns	*	*	*	*	*
0.2	9.4	10.4	1.7	8.0	29.8	2.2	0.44	4.04	1.36	1.64	4.16

Table 5. Chemical composition and nutritional value of banana flour from Kluai Hom at harvesting stages 60 70 and 80%

Treatment	Carbohydrate (%)	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Fiber (%)	Fat (%)	Amylose (%)	Colour			Viscosity	
								L	a*	b*	Max. Visc (BU)	Set back (BU)
60%	86.23a	6.30	3.36 c	5.67 b	1.89a	0.066	31.30	78.36 ab	2.15 a	7.02 c	1194.30	241.75b
70%	86.07ab	6.31	3.68 b	5.93 a	1.78b	0.085	31.44	78.87 a	1.93 b	7.30 b	1219.70	265.75a
80%	85.811b	6.16	4.10 a	6.00 a	1.77b	0.086	32.67	77.99 b	1.89 c	7.77 a	1202.30	259.25ab
	*	ns	*	*	*	ns	ns	*	*	*	ns	*
CV (%)	0.7	3.9	3.6	0.8	2.6	18.8	3.1	0.58	1.3	0.85	2.76	5.23

Table 6. Chemical composition and nutritional value of bananaflour from Kluai Huk Muk at harvesting stages 60 70 and 80%

Treatment	Carbohydrate (%)	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Fiber (%)	Fat (%)	Amylose (%)	Colour			Viscosity	
								L	a*	b*	Max. Visc (BU)	Set back (BU)
60%	86.62a	6.98a	3.50c	5.88	2.15a	0.085	35.69	86.15 a	1.74 a	8.16 c	1188.8b	336.25a
70%	86.28a	6.79a	3.72b	5.67	2.15a	0.096	35.41	85.11 b	1.24 b	8.66 b	1262.8a	282.50b
80%	84.93b	5.64b	3.92a	5.90	1.75b	0.080	35.90	81.31 c	1.00 c	9.50 a	1202.3b	330.00a
	*	*	*	ns	*	ns	ns	*	*	*	*	*
CV (%)	0.3	9.0	3.0	2.6	2.7	23.1	3.6	0.26	4.8	2.39	0.95	2.94

Table 7. Protein content of 5 banana varieties stored in packages.

Bananas	Times	Packages						
		plastic		laminate		foil		
		7%	10%	7%	10%	7%	10%	average
Hom	0 month	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
	2 months	6.16	6.06	6.49	5.06	5.77	6.20	5.96
	4 months	6.21	5.32	6.51	6.07	5.78	5.48	5.90
	6 months	6.23	5.03	6.65	5.75	6.37	5.48	5.92
Kai	0 month	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
	2 months	6.65	6.22	6.97	6.06	7.05	6.22	6.53
	4 months	6.65	5.74	6.94	6.23	6.50	5.62	6.28
	6 months	6.38	5.47	6.50	5.61	6.36	5.77	6.01
Leb Mu Nang	0 month	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09
	2 months	5.92	6.34	6.22	6.22	5.78	6.21	6.12
	4 months	6.77	5.77	6.66	6.48	6.94	5.31	6.32
	6 months	6.66	6.34	6.48	6.35	6.93	6.23	6.50
Hak Mulk	0 month	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
	2 months	5.77	5.78	6.50	6.34	5.33	6.49	6.03
	4 months	6.35	6.22	7.10	5.15	5.02	5.77	5.94
	6 months	5.15	5.77	5.03	5.17	5.03	5.02	5.20
Namwa	0 month	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
	2 months	6.21	6.35	6.52	6.36	5.88	6.07	6.23
	4 months	5.78	5.92	5.31	6.37	5.18	5.16	5.62
	6 months	5.18	5.77	5.16	5.75	5.62	5.47	5.49

Table 8. Protein content of 5 banana varieties stored on temperatures

Bananas	Times	Temperatures						
		room		4°C		10°C		
		7%	10%	7%	10%	7%	10%	average
Hom	0 month	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
	2 months	6.49	5.06	5.78	7.84	7.21	6.04	6.40
	4 months	6.51	6.07	5.63	5.90	6.38	5.33	5.97
	6 months	6.65	5.75	6.37	5.62	7.11	6.22	6.29
Kai	0 month	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
	2 months	6.97	6.06	5.91	6.37	6.08	6.18	6.26
	4 months	6.94	6.23	5.02	5.33	5.92	4.74	5.70
	6 months	6.50	5.61	6.38	5.47	5.62	6.65	6.04
Leb Mu Nang	0 month	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09
	2 months	6.22	6.22	7.55	6.55	7.85	6.65	6.84
	4 months	6.66	6.48	5.48	5.02	5.15	6.06	5.81
	6 months	6.48	6.35	6.22	6.21	4.74	6.34	6.06
Hak Mulk	0 month	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
	2 months	6.50	6.34	5.18	4.99	8.72	6.37	6.35
	4 months	7.10	5.15	5.75	5.16	5.46	5.16	5.63
	6 months	5.03	5.17	4.89	6.64	6.06	6.52	5.72
Namwa	0 month	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
	2 months	6.52	6.36	4.69	6.37	5.18	6.20	5.89
	4 months	5.31	6.37	5.92	6.37	5.76	4.88	5.77
	6 months	5.16	5.75	5.17	6.51	5.16	6.51	5.71

Table 9. The percentage of protein and viscosity of mungbean flour after protein extracted by different treatments

Treatment	Protein (%)	Max Viscosity (BU)	Set back (BU)
HCL 35%	28.77	57	18
NAOH 50 mM	28.74	75	22
CH_3COOH 0.2 mM	28.89	70	21
Protease	28.85	73	20
Water	28.77	71	21
Mungbean flour	34.80	22	9

Table 10. The percentage of protein and viscosity of sweet potato flour after protein extracted by different treatments

Treatment	Protein (%)	Max Viscosity (BU)	Set back (BU)
HCL 35%	1.54	119	48
NAOH 50 mM	1.47	128	48
CH_3COOH 0.2 mM	2.65	125	48
Protease	1.46	125	46
Water	1.61	131	50
Mungbean flour	3.1	94	38

Table 11. The quantity of sugar from various crops flour digested by alpha-amylase (low to high)

Crops	Glucose (%)	Sucrose(%)	Total(%)
Lotus grain (Pijit)	0.50	1.04	1.54
Sweet potato starch (0106-1)	1.11	0.87	1.98
Sweet potato starch	1.26	0.81	2.07
Lotus grain with hull (Pijit)	1.30	0.97	2.27
Hard corn (harvested Nov 55)	1.59	0.92	2.52
Taro Hom (Nakornsawan)	1.69	1.17	2.87
Hard corn (harvested Apr 56)	1.70	0.99	2.69
Sweet corn Nakornsawan	1.76	2.32	4.08
Glutinous rice (RD6) (Control)	1.96	1.02	2.98
Brown Job's tear	2.07	0.91	2.98
Sweet potato Nakornsawan	2.15	1.43	3.58
Milled job's tear	2.15	0.94	3.09
Rice (KDML105, control)	2.36	0.86	3.22
Sweet potato starch PROC No 65-1	2.44	1.06	3.49
Rice (Chainart1, control)	2.49	0.86	3.35
Sweet potato starch PJ06-11 8-5-56	2.73	0.84	3.57

Table 12. The sugar content of crop flour when digested with alpha amylase (ascending from low to high)

Crop flour	Fructose(%)	Glucose (%)	Sucrose (%)	Total (%)
banana	1.80	1.78	1.48	5.06
Sweet potato (Japanese)	1.40	1.91	1.41	4.71
Banana (sai deon)	1.99	2.54	1.94	6.47
Rice (RD6: Control)	0.00	2.39	3.07	5.46
lotus grain with hull	1.68	3.13	3.63	8.44
Rice (Plai Ngahm)	2.05	3.22	1.84	7.11
Banana (Lamud)	2.67	3.81	1.69	8.18
Banana (Priew Ban Rai)	1.86	3.82	2.08	7.76
Raw banana (Hom)	1.97	3.83	1.60	7.40
Jam (Mon Leod)	4.26	4.01	3.55	11.8
Mungbean starch	2.89	4.09	2.17	9.15
Jam (Mon Neb)	3.80	4.10	1.07	8.97
Raw banana (Namwa)	3.59	4.21	1.07	8.87
Raw banana (Nak Khom)	1.91	4.23	2.27	8.40
Raw banana (Hin)	2.67	4.29	4.55	11.45
lotus grain	1.23	4.54	8.84	14.61
Raw banana (Hin) (B3)	1.59	5.32	1.81	8.72
Raw banana (Khai)	3.39	5.76	1.63	10.78
Raw banana (Nom sawan)	1.48	6.07	2.32	9.86
Raw banana (Namwa)	5.13	6.18	3.42	14.74
soybean	4.39	6.19	5.45	16.02
Taro	0	6.31	6.58	12.89
Rice (KDML105: Control)	2.16	7.21	2.75	12.12
Tao Yai Mom	4.12	7.38	4.22	15.71
Mon Mea Seo	2.12	8.0	2.09	12.21
Rice (Chai nart1: Control)	2.08	8.84	1.85	12.77
Mungbean starch	2.00	9.15	4.03	15.18

Table 13. The sugar content of products when digested with alpha amylase (ascending from low to high)

products	Fructose(%)	Glucose (%)	Sucrose (%)	Total (%)
Vermicelli (C1)	0.70	0.94	0.75	2.38
Cereal	0.79	0.99	1.05	2.83
Noodle (Sen Yai)	-	1.01	0.71	1.72
White noodle	-	1.03	1.00	2.03
Kuai Jab	-	1.05	0.75	1.81
Rice starch	0.73	1.06	0.71	2.50
Vermicelli (C2)	-	1.06	0.93	1.99
Vermicelli (C3)	-	1.12	0.70	1.83
Khanom jin	-	1.13	0.80	1.94
Noodle (Sen Lek)	0.74	1.15	0.83	2.72
Noodle (Sen Mee)	0.67	1.16	0.90	2.73
Rice borridge	-	1.22	1.10	2.33
Noodle (Sen jan)	-	1.24	0.97	2.21
Brown rice noodle (Sen Mee)	-	1.26	0.96	2.22
Vermicelli (C4)	-	1.44	1.01	2.45
Vermicelli (C5)	-	1.46	0.87	2.33
Noodle (Sen Lek)	-	1.556	0.87	2.43
Rice (KDML105: Control)	-	1.59	0.85	2.44
Rice (RD6: Control)	-	1.64	0.85	2.48
Yellow noodle (Ba mee)	-	1.70	1.00	2.70
Cereal	-	1.73	1.85	3.58
Rice (Chai nart1: Control)	-	1.83	0.85	2.68
Noodle (Sen Lek)	-	1.86	0.88	2.74
Noodle (Seang Hai)	0.72	1.90	0.86	3.47
Rice starch	-	1.93	1.06	2.98
Yellow noodle (Ba mee)	0.93	1.95	0.81	3.70
Crispy rice cake	-	2.07	2.00	4.07

products	Fructose(%)	Glucose (%)	Sucrose (%)	Total (%)
Borridge C1	-	2.39	0.80	3.20
Borridge C2	-	2.67	1.42	4.09
Borridge C3	-	3.75	1.05	4.80
Instant cereal drink	1.16	9.33	1.98	12.47

Table 14. The protein quantity of mungbean starch from different making starch methods

Treatments	Protein (%)
Washed	5.07
HCl 35% 400µl	11.37
50mM NaOH	5.86
0.2 M CH3COOH	8.22
protease	7.28

Table 15. The qualities of mungbean and banana (nam wa) starch which were used different concentrations of acetic acid.

Flour	Treatment	Max. viscosity (BU)	Break down (BU)	Set back (BU)
Mungbean	Acetic acid 0.1%	214.0	32.0	105.5
	Acetic acid 0.2%	209.0	32.5	100.5
	Acetic acid 0.3%	212.5	37.0	98.5
	Acetic acid 0.4%	208.5	37.0	98.0
	Untreated	215.5	32.5	106.5
Banana (nam wa)	Acetic acid 0.1%	1102	144.5	491.5
	Acetic acid 0.2%	1102.5	164.0	516.0
	Acetic acid 0.3%	1105.5	186.5	524.0
	Acetic acid 0.4%	1143.0	192.0	473.5
	Untreated	1125.5	196.0	519.5

Table 16. Mungbean qualities were treated with various vinegar concentrations

Crops	Treatments	Protein (%)
Mungbean	Vinegar 5 ml./water 495 ml.	9.62
	Vinegar 10 ml./water 490 ml.	12.00
	Vinegar 15 ml./water 485 ml	13.17
	Distillation water	5.36

Table 17. Chemical components of modified starch from accelerated aging method

item	Treatment	Protein (%)	Amylose (%)
Raw banana (Namwa)	Aging for 2 hrs.	2.51	35.86
	Aging for 4 hrs.	2.51	34.23
	Aging for 6 hrs.	2.75	32.87
	control	2.75	30.07

Table 18. Viscosity of aging sweet potato starch

Crops	Max. viscosity (BU.)	set back (BU.)
Sweet potato starch	144.33	67.33
Aging sweet potato starch	165.00	81.67

Table 19. Qualities of various types of roasted and aging of tamarind grains

Tamarind Flour	Max. viscosity (BU)	set back (BU)
No treatment (#1)	1275	498
Aging 2 hrs.	510	542
Roasted (# 2) for 160°C	610	542
# 2 with aging 2 hrs.	493	511
roasted (#3) for 150 °C	955	648
#3 with aging for 2 hrs.	720	637
roasted (# 4) for 140°C #4	841	571
#4 with aging for 2 hrs.	509	590

Table 20. The qualities of cake and pancake stored at different conditions for 10 and 12 months

Flour	Treatment	Initial moisture content (%)	Moisture content (%) Month10	Moisture content (%) Month12	Aflatoxin (ppb) Month 12
pancake	P1T1	5.20	5.90	7.66	3.9
	P2T1	5.20	8.89	10.18	7.3
	P3T1	5.20	4.60	7.09	1.8
	P1T2	5.20	5.06	8.33	2.0
	P2T2	5.20	6.25	8.78	0.9
	P3T2	5.20	5.16	6.82	3.2
cake	P1T1	5.20	4.08	5.64	1.5
	P2T1	5.20	5.71	8.21	9.5
	P3T1	5.20	2.90	4.79	1.7
	P1T2	5.20	3.54	5.21	2.2
	P2T2	5.20	4.95	7.48	5.8
	P3T2	5.20	4.07	6.06	1.4

Remarks: - no data

P1 Foil T1 room temperature

P2 Plastic T2 $10^{\circ}C$

P3 plastic in foil

Table 21. The thickness (cm) of cake mixture in various packaging and stored in different conditions for 9 months

Treatments	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M9
P1T1	1.30	1.37	2.05	1.10	2.20	2.83	2.57	2.10	2.07
P2T1	1.13	1.33	1.65	1.35	2.50	2.30	1.77	1.57	2.23
P3T1	1.17	1.70	2.15	1.45	3.33	2.47	2.23	2.10	2.57
P1T2	1.57	1.37	2.00	1.20	2.47	2.87	2.40	1.90	2.47
P2T2	1.40	0.97	1.55	1.05	2.67	2.17	1.73	2.17	2.30
P3T2	1.23	0.90	1.40	1.20	2.00	2.23	2.07	2.10	2.77
Control	1.40	1.67	1.85	1.30	2.13	2.03	2.30	2.13	2.87

Table 22. Chemical components, amylose content and viscosity of sweet potato flour and starch

Item	Protein	oil	ash	MC	amylose	MV	setback
Flour	3.79	0.39	3.80	7.26	20.43	98.61	39.57
Starch	-	-	-	-	35.01	200.15	89.60

Table 23. Starch content, maximum viscosity and setback of sweet potato starch among varieties

Varieties of sweet potato	% starch	Max. viscosity (BU)	set back
Taiwan #1	18.0803	193	80
Pijit02-1	17.0765	251	143
PROC 65-16	19.7486	159	73
PJ 0106-1	24.4149	235	112
PJ 006-11	17.4259	233	116
PJ 0106-3	20.5429	208	111
PJ 540104-1	15.8031	229	126
PJ 0615	24.2791	202	100
PJ 540104-12	19.6418	202	100
PJ 0102-7	10.4433	228	118
average	17.97959	214	107.9

PJ = Pijit

Table 24. Qualities of flour and starch of mungbean in various varieties

Varieties	protein		ash		MC		oil		Max visc.		Set back	
	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S
CNMB06-02-20-5	35.04	1.17	3.19	0.16	10	10.11	0.13	0.03	37	287	15	236
CNMB06-03-60-7	34.57	0.87	3.26	0.15	9.10	9.338	0.15	0.07	30	283	13	201
CNMB06-01-40-4	35.90	0.43	3.44	0.35	8.83	8.16	-0.03	0.07	50	319	21	244
CNMB06-01-20-14	34.85	0.43	3.34	0.33	8.56	8.89	0.14	0.07	42	307	16	242
Kamphangsan2	34.41	1.09	3.96	0.13	9.00	9.28	0.09	-	37	285	21	200
Chainat 72	39.24	0.43	3.89	0.13	8.21	9.22	0.04	0.06	47	323	22	249
average	35.67	0.74	3.51	0.21	8.95	9.17	0.09	0.06	40.5	300.7	18	229

Table 25. Chemicals components of sweet potato starch in various varieties at 75 and 90 days after planting

Lines	%starch		Protein (%)		Oil (%)		Ash(%)	
	75	90	75	90	75	90	75	90
FM37-3	22.09	13.25	0.80	0.22	0.05	0.04	0.50	0.18
PJ65-16	26.62	33.94	0.22	0.22	0.05	0.02	0.16	0.10
Taiwan	24.66	24.76	0.36	0.22	0.05	0.09	0.20	0.22
PJ166-5	23.33	14.88	0.65	0.36	0.05	0.07	0.27	0.16
PJ101	13.13	22.98	0.22	0.36	0.06	0.03	0.34	0.20
Local varieties	27.32	26.60	0.08	0.06	0.02	0.04	0.01	0.13
average	22.86	22.74	0.39	0.24	0.05	0.05	0.25	0.16

Table 26. Quantity and qualities of sweet potato starch among varieties at 75 and 90 days after planting

Varieties	Max. viscosity(%)		Setback (%)		**amylose (%)**	
	75	**90**	**75**	**90**	**75**	**90**
FM37-3	135.0	148.5	61.0	62.0	37.57	37.34
PJ 65-16	152.5	165.5	67.0	70.0	38.38	38.64
Taiwan	171.0	143.0	67.0	54.0	38.34	35.61
PJ.166-5	114.5	151.0	53.5	63.0	35.38	34.02
PJ.101	116.0	134.0	45.5	54.5	38.54	40.01
Local variety	172.0	162.0	59.0	64.5	34.05	33.50
average	143.5	150.7	58.8	61.3	37.05	36.52

Table 27. Appearance of starch film as affected by plasticizer concentration.

Starch film type	Plasticizer concentration (g/100g)	Appearance
Cassava starch film		
Sorbitol	20	Clear,transparent
	30	Clear,transparent
	40	Clear,transparent,soft
Glycerol	20	Clear,transparent
	30	Clear,transparent,soft
	40	Clear,transparent,very soft
Sweet potato starch film		
Sorbitol	20	Clear,transparent
	30	Clear,transparent
	40	Clear,transparent,soft
Glycerol	20	Clear,transparent
	30	Clear,transparent,soft
	40	Clear,transparent,very soft

Table 28. Effect of plasticizer types and concentrations on properties of starch film

Starch film	Thickness (mm)	Viscosity (cPs)**	Tensile Strength (kF/cm^2)	% Elongation	Oxygen Transmission Rate ($cm^3/m^2/day$)	Seal Strength (kgF/25.4mm)	% Solubility	Color Score		
								L*	a*	b*
Cassava starch										
20%Sor	0.16	781.6^{e}	355^{a}	5.95^{k}	17.40^{e}	3.26^{d}	7.17	43.26	1.58^{ab}	-2.89^{de}
30%Sor	0.16	803.3^{d}	123^{g}	98.3^{b}	19.00^{c}	3.22^{d}	16.42	43.58	1.63^{a}	-2.78^{cd}
40%Sor	0.16	819.4^{c}	125^{f}	59.1^{f}	20.70^{a}	3.37^{cd}	16.75	44.89	1.36^{c}	-3.07^{e}
20%Gly	0.16	796.8^{d}	64^{j}	76.1^{c}	18.10^{d}	1.23^{f}	13.44	43.53	1.62^{ab}	-2.77^{bcd}
30%Gly	0.16	846.5^{b}	48^{k}	67.6^{d}	19.90^{b}	2.64^{de}	34.51	44.65	1.54^{ab}	-2.64^{abc}
40%gly	0.16	855.2^{bk}	29.8^{l}	138.0^{a}	20.70^{a}	4.80^{ab}	36.98	43.90	1.64^{a}	-2.75^{bcd}
Sweet potato starch										
20%Sor	0.16	777.4^{e}	264^{c}	11.9^{i}	7.30^{j}	4.64^{ab}	7.39	43.99	1.55^{ab}	-2.51^{a}
30%Sor	0.16	782.1^{e}	220^{e}	31.5^{h}	10.20^{g}	4.54^{abc}	14.36	44.03	1.53^{ab}	-2.43^{a}
40%Sor	0.17	1021.1^{a}	104^{i}	62.5^{e}	11.80^{f}	5.09^{a}	19.77	43.44	1.48^{bc}	-2.53^{ab}
20%Gly	0.16	473.7^{h}	311^{b}	4.3^{l}	5.36^{k}	1.54^{ef}	15.64	42.91	1.65^{a}	-2.55^{abc}
30%Gly	0.16	724.6^{g}	231^{d}	9.0^{j}	7.68^{i}	3.59^{bcd}	14.80	44.81	1.60^{ab}	-2.42^{a}
40%gly	0.17	749.4^{f}	110^{h}	44.4^{g}	8.84^{h}	5.13^{a}	23.50	42.94	1.62^{ab}	-2.57^{abc}

Where: Sor = Sorbitol, Gly = Glycerol

** Brookfield; Spindle No. LV03, Spindle speed 150 rpm, T 25±1 °C

Means within the same column followed by different letter are significantly different ($P<0.05$)

Table 29 Chemical composition of cassava starch

Item	%Protein	%oil	%ash	%fiber	%MC	%CHO
Cassava Starch	0.20	0.23	0.27	1.24	12.58	85.48

MC=moisture content

CHO=carbohydrate

Table 30 Percent transmittance of starch/alginate blended film

Starch/ Alginate	Wavelength (nm)				
	400	500	600	700	800
100/0	59.77^{c}	62.65^{c}	64.79^{c}	66.54^{c}	68.46^{b}
95/5	65.19^{c}	67.86^{c}	69.72^{bc}	71.19^{c}	72.87^{b}
90/10	63.40^{bc}	66.44^{bc}	68.54^{bc}	70.20^{bc}	72.03^{a}
85/15	64.50^{bc}	67.55^{bc}	70.81^{bc}	71.42^{bc}	73.30^{a}
80/20	70.37^{ab}	73.17^{ab}	75.02^{ab}	76.44^{ab}	77.99^{a}
75/25	72.86^{a}	75.86^{a}	77.73^{a}	79.12^{a}	80.54^{a}
70/30	73.46^{a}	76.57^{a}	78.52^{a}	79.97^{a}	81.35^{a}
CV (%)	5.0	4.6	4.7	4.0	2.7

Means within the same column followed by different letter are significantly different ($P<0.05$)

Table 31. Starch/ Alginate blended film properties

Starch/ Alginate	Thickness (mm.)	Moisture (%)	a_w	Transparency	Tensile Strength (kgF/cm^2)	Elongation (%)	Modulus of Elasticity (MPa)	WVP * (g.mm/ m^2.day. kPa)	OTR ** (cm^3/ m^2.day)	Biodegradation (% weight loss)
100/0	0.093	8.67^{a}	0.57^{b}	2.17^{d}	55.43^{e}	71.33^{a}	295.89^{b}	29.05^{c}	0.65	nd
95/5	0.089	7.96^{a}	0.56^{b}	1.76^{c}	79.31^{de}	49.89^{b}	477.95^{b}	22.94^{a}	0.78	87.73
90/10	0.086	8.42^{a}	0.55^{a}	1.65^{bc}	95.96^{de}	45.48^{b}	488.05^{b}	22.45^{a}	1.01	85.83
85/15	0.088	8.59^{a}	0.55^{a}	1.65^{bc}	112.59^{cd}	48.81^{b}	394.82^{b}	24.95^{b}	1.25	79.83
80/20	0.090	9.48^{b}	0.55^{a}	1.51^{bc}	142.96^{cb}	42.25^{bc}	539.77a^{b}	28.03^{c}	1.46	74.68
75/25	0.089	9.45^{b}	0.55^{a}	1.25^{a}	188.40^{a}	18.24^{d}	865.54^{a}	26.32^{b}	1.65	70.70
70/30	0.083	9.60^{b}	0.55^{a}	1.24^{a}	164.55^{ab}	23.96^{cd}	819.15^{a}	26.39^{b}	1.46	68.04
CV (%)	5.6^{ns}	4.6	1.9	7.7	20.1	24.9	32.8	3.1	-	-

* WVP = Water Vapor Permeability , **OTR = Oxygen Transmission Rate

Means within the same column followed by different letter are significantly different (P<0.05)

Table 32. Moisture content of Biscuit in various packaging

Packaging	Storage time (days)			
	0	5	10	15
Commercial package (Metallize film)	5.43	5.23	5.57	5.79
Starch-Alginate (100/0)	5.49	7.16	7.73	8.54
Starch-Alginate (90/10)	5.87	7.82	8.20	8.64

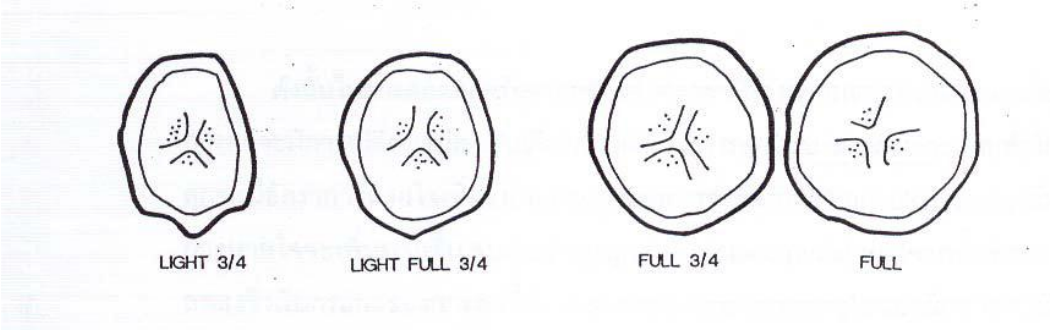


Figure 1. Schematic cross section of banana according to different harvesting stage (เบญจมาศ, 2545)

หมายเหตุ

Light ¾	หมายถึงผลมีขนาดครึ่งหนึ่งของผลที่โตเต็มที่หรือมีความแก่ประมาณ 70%
Light Full ¾	หมายถึงผลที่มีเหลี่ยมเห็นชัดมีความแก่ประมาณ 80%
Full ¾	หมายถึงผลที่มีเหลี่ยมแต่ไม่ชัดเจนมีความแก่ประมาณ 90%
Full	หมายถึงผลที่ไม่มีเหลี่ยมเลยเรียกว่าแก่เต็มที่ 100%

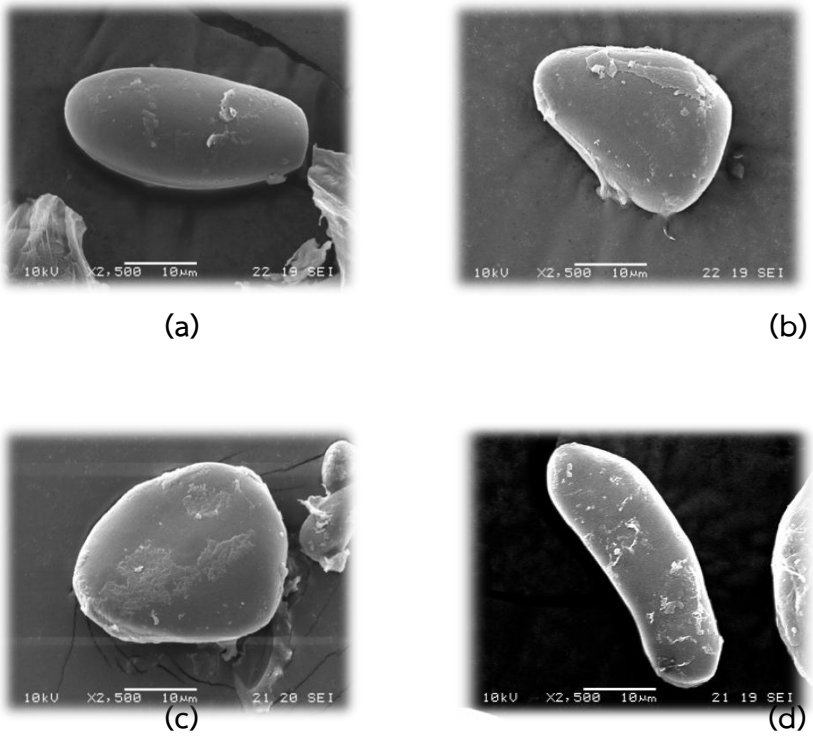


Figure 2. Scanning Electron Microscope(SEM) of Kluai Hak Muk (a), Kluai Namwa (b), Kluai Khai (c) and Kluai Homkeaw (d) flour granules with magnification 2,500X.

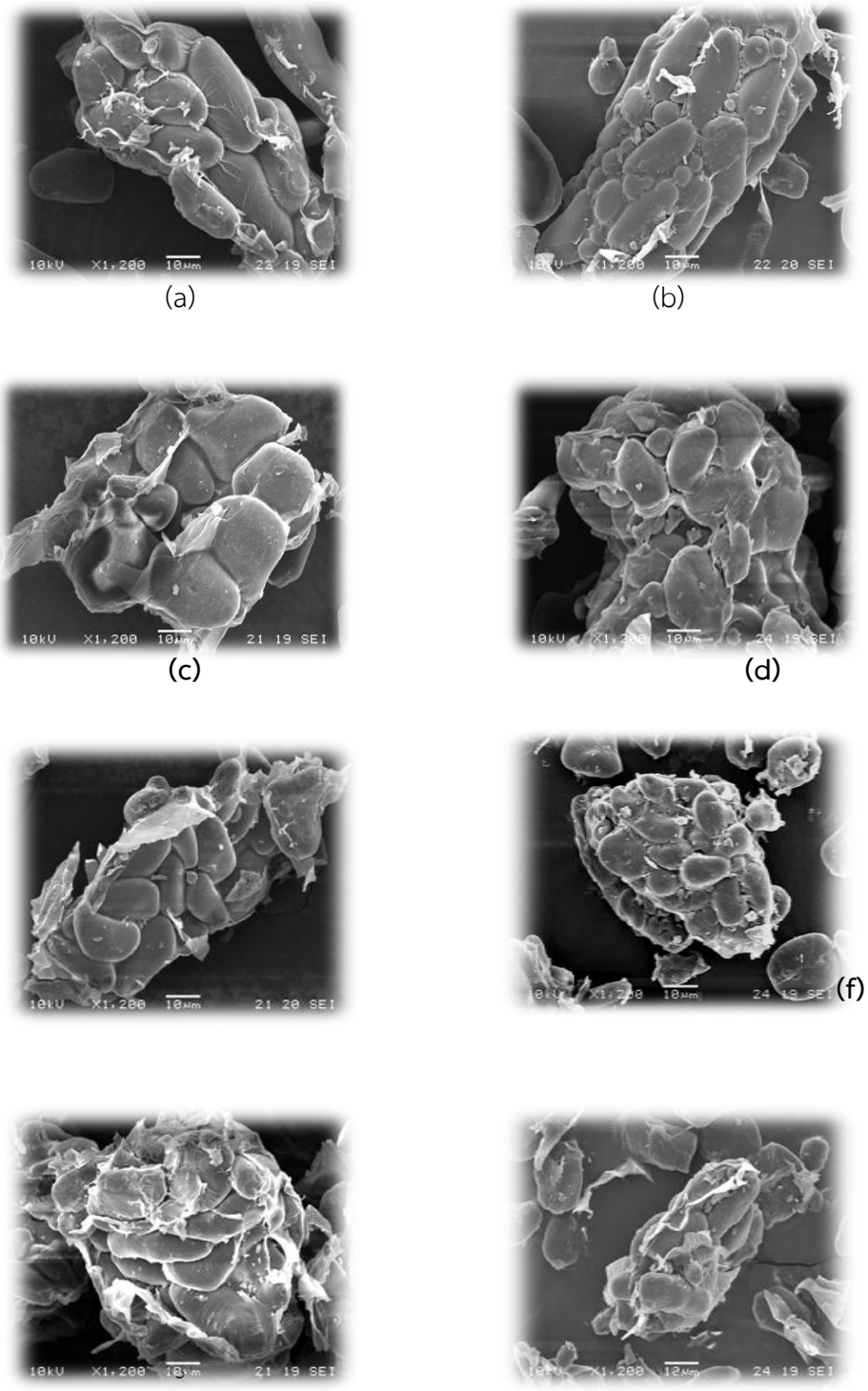


Figure 3 Scanning Electron Microscope(SEM) of Kluai Hak Muk flour dry season(a) and rainy

season (b), Kluai Namwa flour dry season(c) and rainy season (d), Kluai Khai flour dry season(e) and rainy season (f)and Kluai Homkeaw flour dry season(g) and rainy season (h) granules with magnification 1,200X.

Figure 4. Flour granules of crops with protein coated

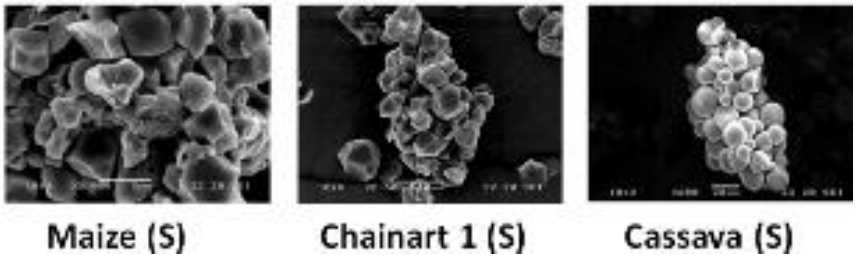
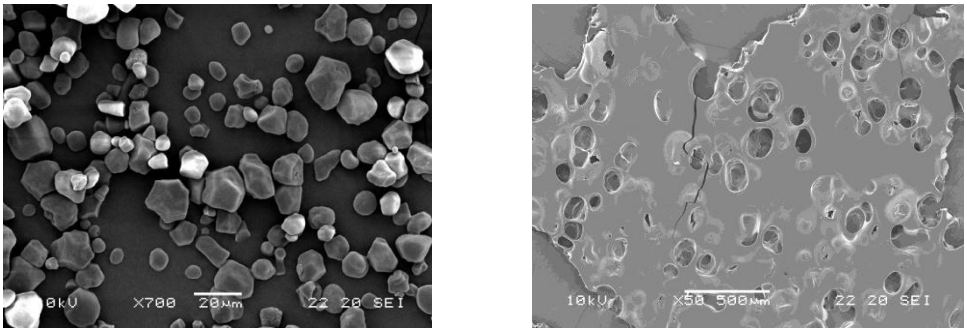


Figure 5. Starch granules of crops without protein coated



a. b.

Figure 6. The pictures of starch granule of a) maize flour b) pregel of maize flour by Scanning Electron Microscopes

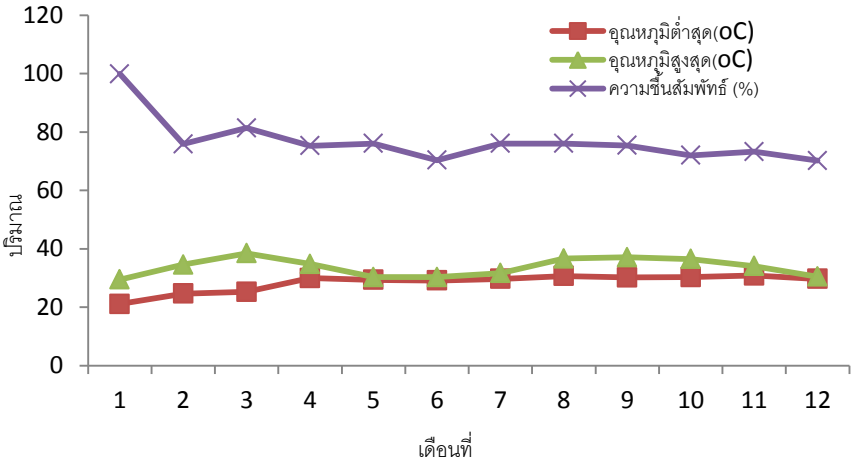


Figure 7. Relative humidity Maximum and minimum temperature of storage room at room temperature

Figure 8. Cake appearance from cake mixture in various packaging and stored in different conditions for 9 months

Figure 9. The thickness of pancake from pancake mixture in various packaging and stored in different conditions for 8 months

Making starch gelatinized by boiling

Mixed pregel starch and mungbean starch with water then thred

Added water until starch continuously flow

Pouring starch solution in boiling water

Until floated then put in cold water

Figure 10. The steps of vermicelli making

พจ.06-15 PROC No.65-16 พจ.0106-1

ไต้หวัน #1 พจ 0102-7 พจ02-1

Figure 11. Views of various varieties of sweet potato

Figure 12. sweet potato damaged by *Ophionea* sp.

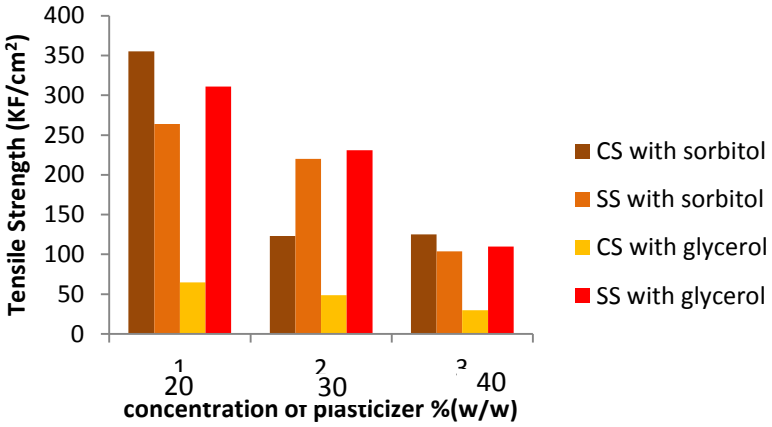


Figure 13. Effect of plasticizers and concentrations on tensile strength of starch films. (CS= Cassava Starch, SS= Sweet Potato Starch)

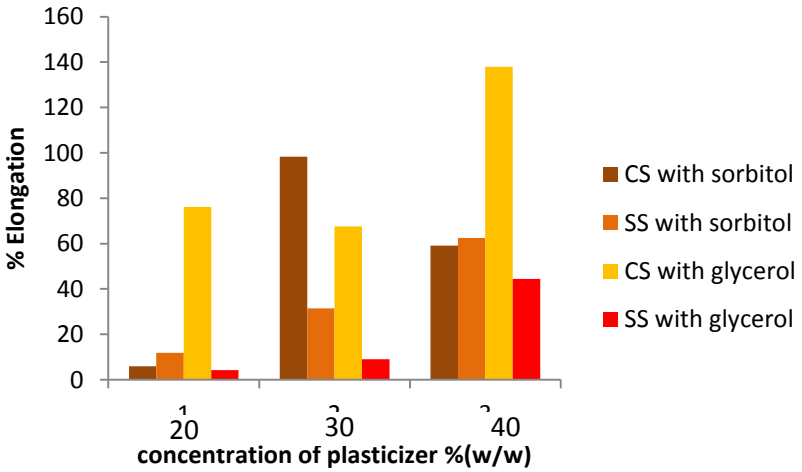


Figure 14. Effect of plasticizers and concentrations on % elongtion of starch films. (CS= Cassava Starch, SS= Sweet Potato Starch)

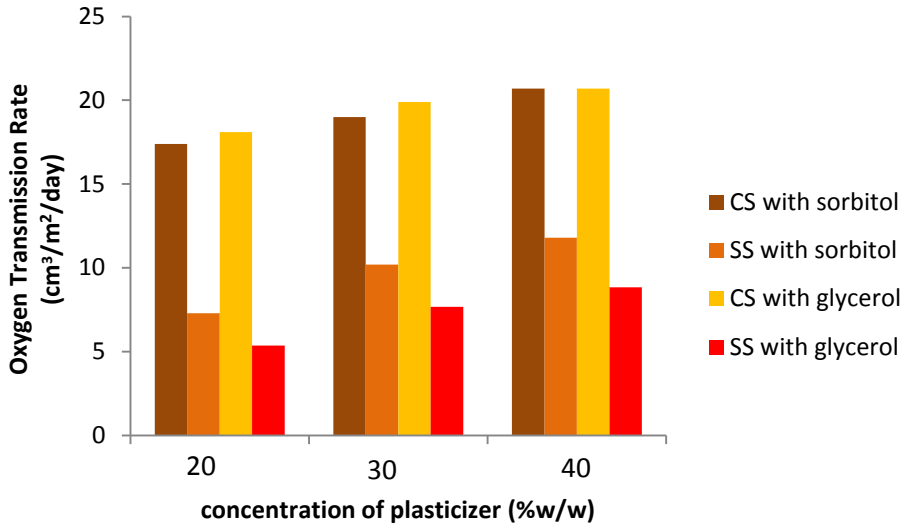


Figure 15. Effect of plasticizers and concentrations on oxygen transmission rate (OTR) of starch films. (CS= Cassava Starch, SS= Sweet Potato Starch)

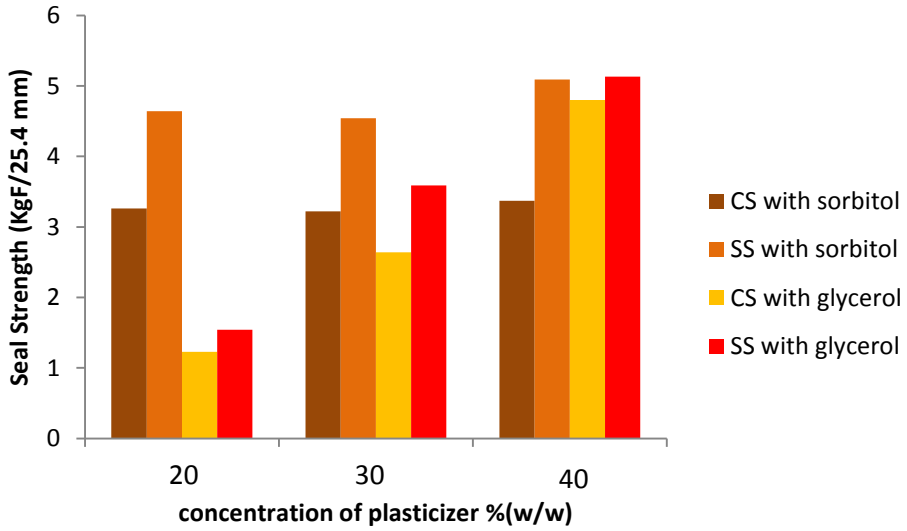
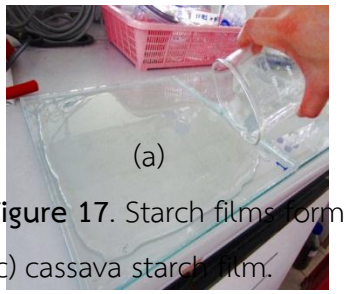
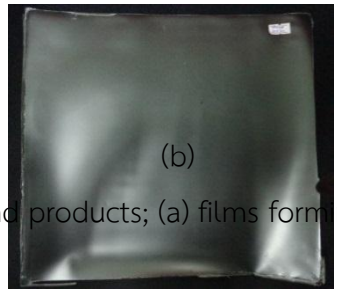


Figure 16. Effect of plasticizers and concentrations on seal strength of starch films. (CS= Cassava Starch, SS= Sweet Potato Starch)





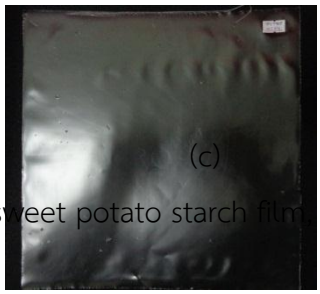


Figure 17. Starch films forming and products; (a) films forming, (b) sweet potato starch film (c) cassava starch film.

Figure 18. Photo of cassava starch films with plasticizer of biodegradation studies in soil burial on 0, 2, 4, 6 and 8 days.

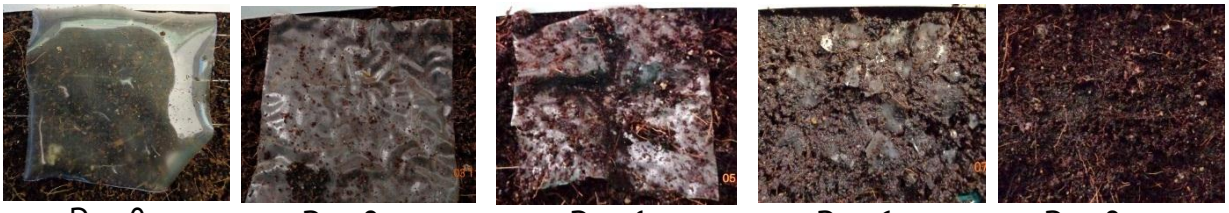


Figure 19. Photo of sweet potato starch films with plasticizer of biodegradation studies in soil burial on 0, 2, 4, 6 and 8 days.

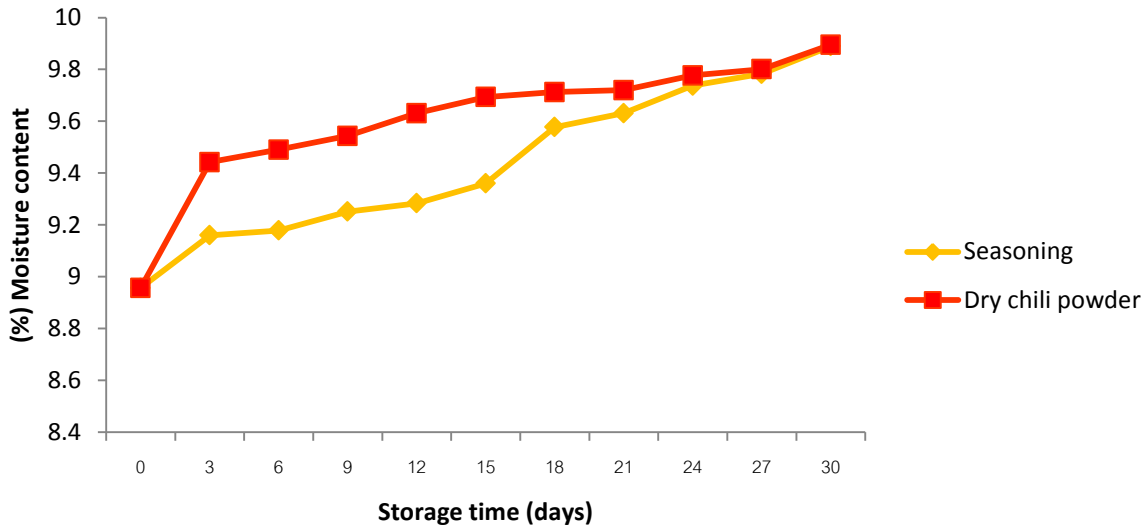


Figure 20. Effect of storage time on moisture content of sweet potato starch sachets after 30 days, containing seasoning and dry chili powder.

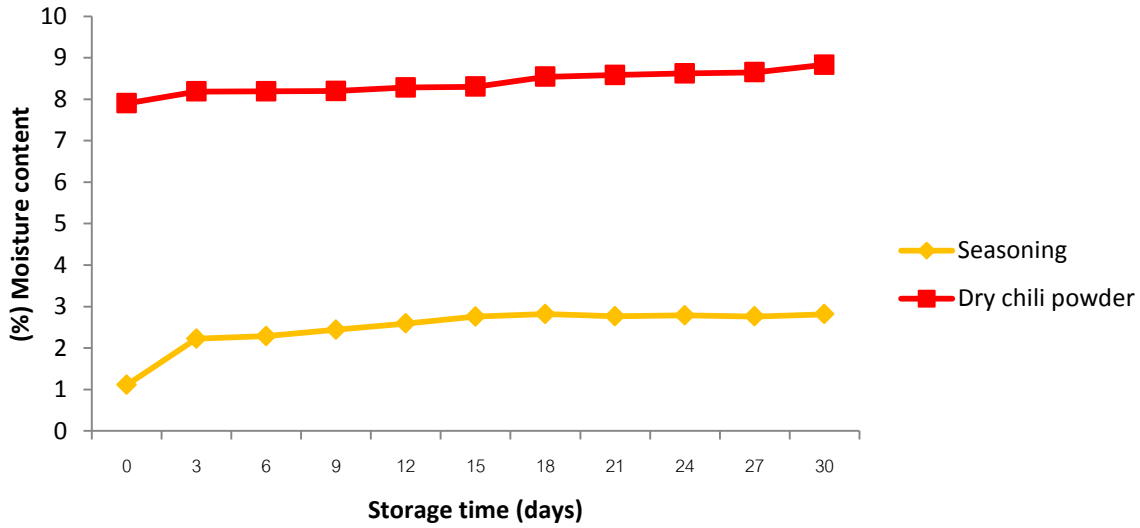


Figure 21. Effect of storage time on moisture content of seasoning and dry chili powder packaged with sweet potato starch sachets.

5.2

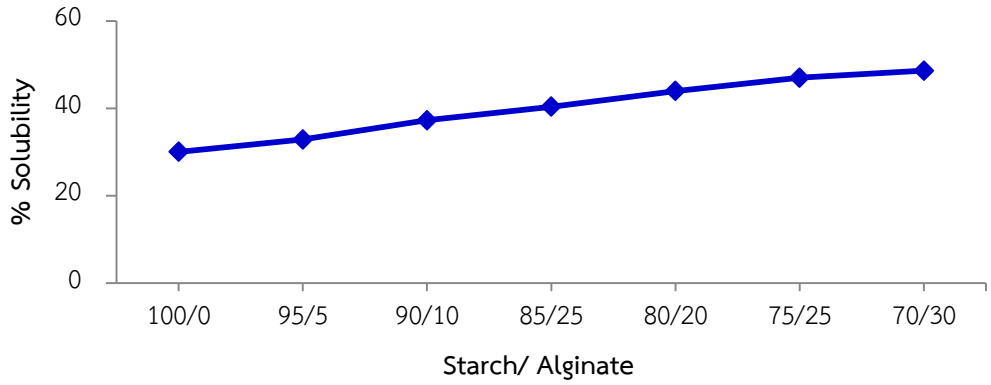


Figure 22. Effect of Alginate concentration on Cassava starch/ Alginate blended film solubility

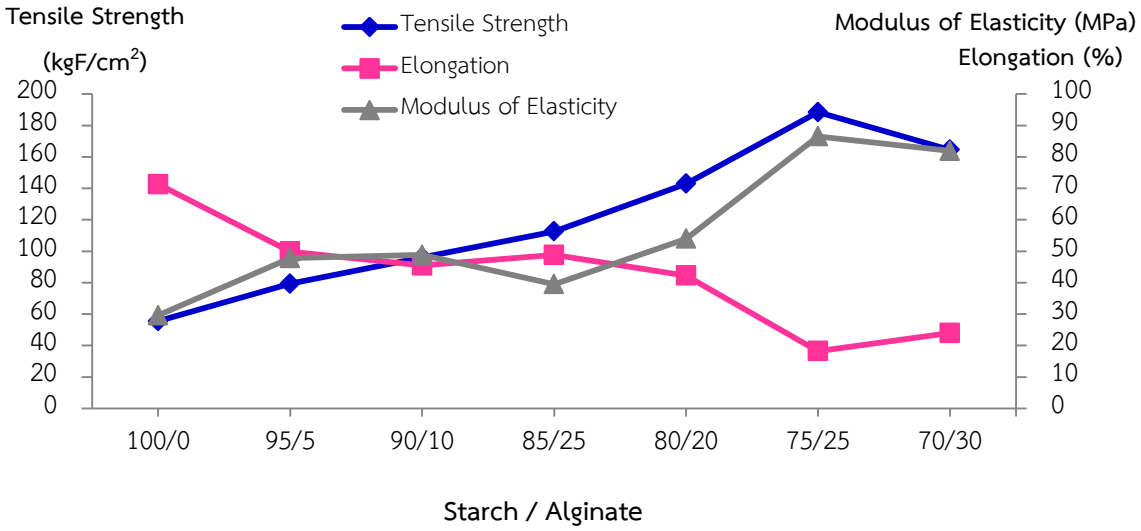


Figure 23. Effect of Alginate concentration on Mechanical Properties of Starch/ Alginate blended film

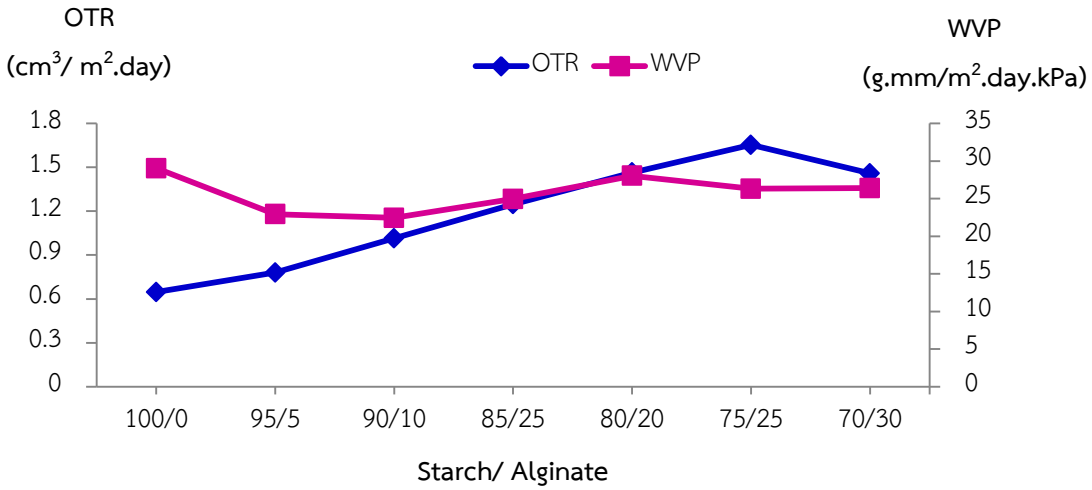


Figure 24. Effect of Alginate concentration on Barrier Properties of Starch/ Alginate blended film

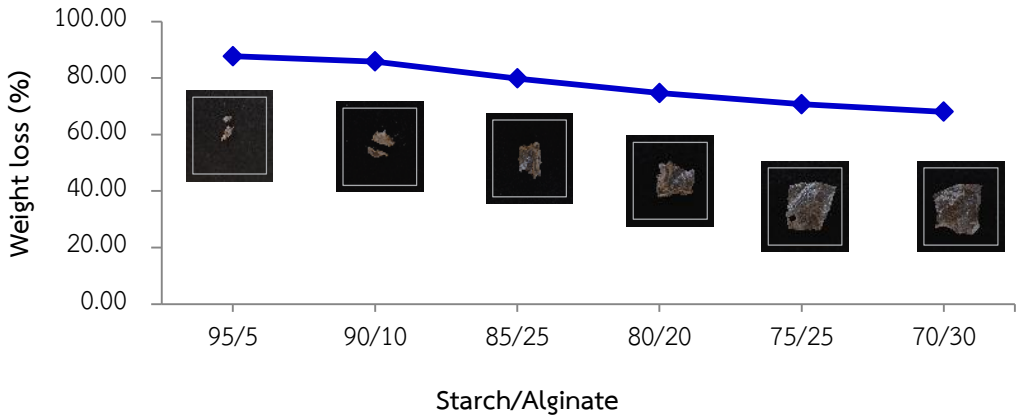


Figure 25. Effect Alginate on Weight loss of Starch/Alginate blended film after burial for 3 months

Figure 26. Appearance **of** Biscuit in Starch-Alginate based pouches: (a-b) Starch/Alginate 100/0 and Starch/Alginate 90/10

Appendix 1. Procedure of cake and pancake

ส่วนผสมเค้ก			**ส่วนผสมแยกตีไข่**		
มันเทศ	90	กรัม	ไข่ขาว	5	ฟอง
ผงฟู	1	ช้อนชา	ครีมออฟทาร์ทาร์	½	ช้อนชา
น้ำตาลทรายป่น (ส่วนที่ 1)	50	กรัม	น้ำตาลทรายป่น (ส่วนที่ 2)	50	กรัม
เกลือป่น	¼	ช้อนชา			
ไข่แดง	5	ฟอง			
นมข้นจืด	75	กรัม			
น้ำมันรำข้าว	112	กรัม			
วานิลลา	½	ช้อนชา			

วิธีทำ

1.ชั่งแป้ง ผงฟู เกลือป่น ตามส่วนแล้วร่อนรวมกัน ใส่ลงในชามผสมกับน้ำตาลทรายป่นคนด้วยตะกร้อให้เข้ากัน แล้วทำเป็นบ่อตรงกลางพักไว้

2.ใส่ไข่แดง นมข้นจืด น้ำมันรำข้าว วานิลาลงในถ้วยตวงของเหลว ใช้ตะกร้อคนเร็วๆ ให้ส่วนผสมเข้ากัน เทลงในส่วนผสมข้อ 1. คนเร็วๆให้ส่วนผสมเข้ากัน อย่าคนนาน พักไว้

3.ตีไข่ขาวกับครีมออฟทาร์ทาร์ด้วยเครื่องตีไข่ระดับความเร็วสูงสุดจนเป็นฟองละเอียดค่อยๆใส่น้ำตาลทรายป่นทีละช้อนจนหมด ตีต่อจนตั้งยอดอ่อนเกือบแข็งให้เปลี่ยนเป็นเป็นความเร็วต่ำสุดตีต่ออีก 1 นาทีเพื่อตัดฟองอากาศ

4.แบ่งส่วนผสมไข่ขาวออกเป็น 2 ส่วน ใช้พายยางตักทีละส่วนลงในส่วนผสมไข่แดง ตะล่อมด้วยตะกล้อมือเบาๆ ให้เข้ากันเทใส่พิมพ์กลม ขนาด 26 ซม. ที่รองด้วยกระดาษไขเตรียมไว้

5.นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 20 นาที แล้วลดอุณหภูมิเหลือ 150 องศาเซลเซียส อบต่ออีก 30 นาที หรือจนกระทั่งสุกเหลือง นำออกมากระแทก 1 ครั้งพักไว้ในพิมพ์สักครู่ค่อยนำเค้กออกจากพิมพ์

แพนเค้ก

ส่วนผสม

แป้งบัว	3/4	ถ้วยตวง
แป้งสาคู	1/4	ถ้วยตวง
ผงฟู	1 1/4	ช้อนชา
น้ำตาล	1	ช้อนโต๊ะ
เกลือ	1/8	ช้อนชา
ไข่	1	ฟอง
นม	1	ถ้วยตวง
เนยละลาย	1	ช้อนโต๊ะ

วิธีทำ

1. ร่อนแป้ง ผงฟู น้ำตาล และเกลือเข้าด้วยกัน
2. ไข่ นม ตีเข้าด้วยกัน ผสมกับแป้งที่ผสมแล้ว คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน ผสมเนยที่ละลายแล้ว ถ้าส่วนผสมข้นเกินไปให้เติมนมเล็กน้อย
3. ตักเนื้อแป้งเทลงในกระทะ พอเหลืองกลับด้าน