รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของระดับความสุกและสภาวะการทำแห้งต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียวและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งกล้วยหอมเขียว

(Effects of ripeness levels and drying conditions on the quality of Cavendish banana flour and product development of bread from Cavendish banana flour)

โดย

ผศ.ดร.วิจิตรา เหลียวตระกูล

ดร.วชิรญา เหลียวตระกูล และอาจารย์วรรภา วงศ์แสงธรรม

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ทุนวิจัยตามยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัย

กองทุนส่งเสริมงานวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

ผลของระดับความสุกและสภาวะการทำแห้งต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียวและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งกล้วยหอมเขียว

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความสุกและอุณหภูมิในการทำแห้งต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว และเพื่อใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง จากการศึกษาพบว่า กล้วยหอมเขียวคาเวนดิชมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันน้อยที่สุด (ร้อยละ 13.04 และ 0.06 ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับกล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่ (ร้อยละ 16.06-26.56 และร้อยละ 0.33-0.76) กล้วยหอมเขียวคาเวนดิชมีสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่ากล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่ ส่วนฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยหอมเขียวคาเวนดิช กล้วยหอมทอง และกล้วยไข่ ใกล้เคียงกัน และกล้วยน้ำว้ามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด และพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำแป้งกล้วยหอมเขียวคือ กล้วยหอมเขียวระยะห่าม และอุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียล เมื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลีพบว่า เมื่อปริมาณแป้งกล้วยหอมเขียวเพิ่มขึ้น ปริมาตรจำเพาะของขนมปังลดลง ในขณะที่ความหนาแน่นของขนมปังเพิ่มขึ้น ขนมปังที่ใช้ปริมาณแป้งกล้วยหอมเขียวร้อยละ 10-30 ทดแทนแป้งสาลีมีค่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: ระดับความสุก แป้งกล้วยหอมเขียว ขนมปัง

Effects of ripeness levels and drying conditions on the quality of Cavendish banana flour and product development of bread from Cavendish banana flour

Abstract

The objective of this research is to study the degree of ripeness and drying temperature on the quality of Cavendish green banana (Kluai Hom Khieo) flour, and to use banana flour instead of wheat flour in bread products. It was found that Cavendish green bananas have the least amount of carbohydrates and fats (13.04% and 0.06%, respectively) compared with Kluai Hom Thong, Kluai Namwa and Kluai Khai (16.06-26.56% and 0.33-0.76%). Cavendish green bananas had a higher phenolic compound than Kluai Hom Thong, Kluai Namwa and Kluai Khai, while the antioxidant activity of these bananas were similar with the least effective of Kluai Namwa. The most suitable conditions for green banana flour production was unripe green banana and drying temperature at 60 °C. When developing bread products using green banana flour instead of wheat flour, it was found that an increasing of green banana flour, specific volume of bread decreased while the density of the bread increased. Bread using 10-30% green banana flour instead of wheat flour had sensory quality scores in appearance, color, aroma, taste, texture, and the overall acceptance was similar.

Keyword: Ripeness levels, Cavendish banana flour, Bread

สารบัญ

เรื่อง	*หน้า*
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
สารบัญ	ค
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มา	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	
กล้วยหอมเขียว	4
คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอม	6
สารสำคัญในกล้วยหอมเขียว	7
ลักษณะและคุณสมบัติของแป้ง	7
แป้งกล้วยและการนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร	8
คุณสมบัติของแป้งกล้วย	10
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
ตอนที่ 1 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ	13
ตอนที่ 2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว	13
ตอนที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลี	15
ตอนที่ 4 การถ่ายทอดผลการวิจัย	15
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ	16
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว	17
ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลี	21
ตอนที่ 4 ผลการถ่ายทอดผลการวิจัย	22
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	24

สารบัญ

เรื่อง	*หน้า*
เอกสารอ้างอิง	26
ภาคผนวก	29
ภาคผนวก ก - การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ	30
ภาคผนวก ข – แบบสรุปคุณลักษณะและการใช้ประโยชน์จากการวิจัย	32
ภาคผนวก ค - หนังสือรับรองการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	34

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มา

กล้วยเป็นแหล่งที่อุดมไปสารอาหารและปลูกทั่วไปในประเทศไทย ปัจจุบันนิยมทำเป็นแป้งกล้วย โดยแป้งกล้วยดิบสายพันธุ์ที่นิยมรับประทาน เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ และกล้วยหอมทอง โดยพบว่าแป้งกล้วยเหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอาหารหลากหลายชนิด เช่น ขนมอบ เครื่องดื่ม เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่า ใยอาหารสกัดและรีซิสแทนต์สตาร์ชสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยไข่ดิบมีองค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพ และมีแนวโน้มแสดงสมบัติด้านพรีไบโอติกเบื้องต้น ซึ่งเหมาะสมต่อแบคทีเรียโพรไบโอติกในการนำไปประยุกต์ใช้ในอาหารต่อไป (นรินทร์, 2557; สุชาติ และผุสดี, 2558) กล้วยหอม เป็นไม้ล้มลุกชนิดหนึ่ง มีอยู่หลากหลายสายพันธุ์ เช่น กล้วยหอมจันท์ จันทร์ กล้วยหอมทอง กล้วยหอมเขียว โดยกล้วยหอมเขียวหรือกล้วยหอมเขียวคาเวนดิช (Cavendish Banana หรือ Musa *Acuminata Latundan*) เป็นกล้วยหอมที่นิยมปลูกกันโดยทั่วไป (เบญจมาศ, 2545) จัดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยคุณค่าสารอาหารครบถ้วนตามหลักทางโภชนาการ เช่น มีวิตามิน ใยอาหารที่ช่วยในการขับถ่าย มีสารแทนนิน ซึ่งช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ Escherichia coli เป็นต้น กล้วยหอมถูกจัดเป็นผลไม้เมืองร้อน สามารถปลูกได้เกือบทุกประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนชื้นหลายแห่ง สำหรับประเทศไทยนั้น สามารถปลูกกล้วยหอมได้ทั่วทุกภาคของประเทศ

กล้วยหอมเขียว (Musa AAA group "Cavendish") ถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและกำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน จึงสามารถแปรรูปเป็นแป้งกล้วยหอมเขียวและนำแป้งกล้วยหอมเขียวไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ เช่น การใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบ แป้งกล้วยยังเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เหมาะสำหรับผู้บริโภคบางกลุ่มที่ต้องการหลีกเลี่ยงอาหารจากแป้งสาลี หรือมีอาการแพ้โปรตีนในแป้งสาลี การใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีหรือที่เรียกว่าผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่มีกลูเตน (gluten-free products) ผลดิบของกล้วยหอมมีประโยชน์และสรรพคุณคือ ช่วยรักษาอาการท้องเสียเรื้อรัง และรักษาแผลในกระเพาะอาหารได้ ให้รสฝาด ส่วนผลสุกของกล้วยหอม ช่วยบำรุงร่างกายให้แข็งแรง และช่วยระบบขับถ่าย รวมทั้งรักษาแผลในกระเพาะอาหารได้ ให้รสหวาน มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง การสุกของกล้วยแต่ละระยะยังทำให้มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ส่งผลถึงสรรพคุณทางยาแตกต่างกัน กล้วยดิบแก้โรคกระเพาะ กล้วยห่ามแก้ท้องเสีย ชดเชยโพแทสเซียมให้แก่ร่างกาย กล้วยสุกแก้ท้องผูกมีเพกตินมาก เพิ่มกากใยแก่ลำไส้ และกล้วยสุกงอมต้านมะเร็ง สร้างภูมิต้านทาน สร้างเซลล์เม็ดเลือดขาว

นอกจากนี้มีเกษตรกรแปลงใหญ่ที่ปลูกกล้วยหอมเขียวที่อำเภอท่าช้าง จังหวัดสิงห์บุรี ประมาณ 300 ไร่ จึงมีผลผลิตที่ล้มตลาด มีบางครั้งที่ต้องทิ้งทำให้เสียคุณค่าผลผลิตของชุมชน ดังนั้นเกษตรกรต้องการแปรรูปกล้วยหอมเพื่อสร้างผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ผู้ทดลองจึงนำกล้วยหอมเขียวมาแปรรูปเป็นแป้งจากกล้วยหอมเขียวเพื่อเพิ่มมูลค่าในอุตสาหกรรมจากลักษณะที่โดดเด่นเป็นเอกลักษณ์ของแป้งกล้วย ที่สามารถ

นำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยหอมเขียวได้ โดยเฉพาะในฤดูกาลที่ผลผลิตล้นตลาด เกษตรต้องประสบปัญหาราคากล้วยตกต่ำ การแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งกล้วยหอมเขียว จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจ

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงนำกล้วยหอมเขียวมาแปรรูปเป็นแป้งกล้วยหอมเขียวเพื่อเพิ่มมูลค่าในอุตสาหกรรมอาหาร โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว ได้แก่ ความสุกแก่ของกล้วยหอม อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งแป้งกล้วยหอมเขียว และการพัฒนาต่อยอดโดยการใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับความสุกและอุณหภูมิในการทำแห้งต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว
2. เพื่อใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้มีขอบเขตวิจัยในการศึกษาผลของระดับความสุกและสภาวะการทำแห้งต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว รวมทั้งศึกษาศักยภาพในการใช้ประโยชน์ของแป้งกล้วยหอมเขียวในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลี

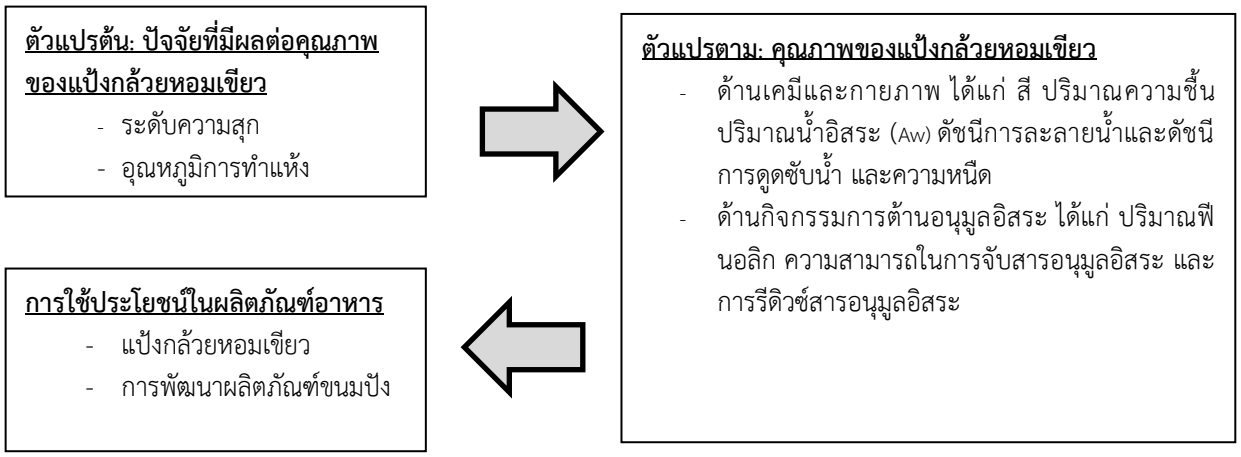
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ ได้แก่ แป้งกล้วยหอมเขียวที่กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวสามารถใช้ประโยชน์ในการต่อยอดเชิงพานิชย์ได้ และด้านวิชาการ คือ ผลงานวิจัยที่ได้จะตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูลอย่างน้อย 1 เรื่อง

แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

แผนการถ่ายทอดผลการวิจัยในการแปรรูปแป้งกล้วยหอมเขียวและผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งกล้วยหอมเขียว โดยการอบรมเชิงปฏิบัติการ จำนวน 1 วัน ให้แก่ กลุ่มเป้าหมาย และผู้สนใจ

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

กล้วยหอมเขียว

กล้วยเป็นแหล่งที่อุดมไปสารอาหารและปลูกทั่วไปในประเทศไทย ปัจจุบันนิยมทำเป็นแป้งกล้วย โดยแป้งกล้วยดิบสายพันธุ์ที่นิยมรับประทาน เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ และกล้วยหอมทอง โดยพบว่าแป้งกล้วยเหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอาหารหลากหลายชนิด เช่น ขนมอบ เครื่องดื่ม เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่า ใยอาหารสกัดและรีซิสแทนต์สตาร์ชสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยไข่ดิบมีองค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพ และมีแนวโน้มแสดงสมบัติด้านพรีไบโอติกเบื้องต้น ซึ่งเหมาะสมต่อแบคทีเรียโพรไบโอติกในการนำไปประยุกต์ใช้ในอาหารต่อไป (นรินทร์, 2557; สุชาติ และผุสดี, 2558)

กล้วยหอมเขียว (Musa AAA group "Cavendish") ถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและกำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน จึงสามารถแปรรูปเป็นแป้งกล้วยหอมเขียวและนำแป้งกล้วยหอมเขียวไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ เช่น การใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบ แป้งกล้วยยังเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เหมาะสำหรับผู้บริโภคบางกลุ่มที่ต้องการหลีกเลี่ยงอาหารจากแป้งสาลี หรือมีอาการแพ้โปรตีนในแป้งสาลี การใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีหรือที่เรียกว่าผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่มีกลูเตน (gluten-free products) ผลดิบของกล้วยหอมมีประโยชน์และสรรพคุณคือ ช่วยรักษาอาการท้องเสียเรื้อรัง และรักษาแผลในกระเพาะอาหารได้ ให้รสฝาด ส่วนผลสุกของกล้วยหอม ช่วยบำรุงร่างกายให้แข็งแรง และช่วยระบบขับถ่าย รวมทั้งรักษาแผลในกระเพาะอาหารได้ ให้รสหวาน บางคนนิยมใช้รับประทานแทนอาหารเช้าเพื่อลดความอ้วน ในกล้วยหอมมีน้ำตาลอยู่ 3 ชนิด คือ ซูโครส (sucrose) ฟรักโทส (fructose) และกลูโคส (glucose) ให้พลังงานแก่ร่างกายพร้อมนำไปใช้ทันที มีสารทริปโตแฟน (Tryptophan) เป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่ง ซึ่งร่างกายสามารถเปลี่ยนให้เป็นสารเซโรโทนิน (Serotonin) ทำให้ผ่อนคลาย ในกล้วยหอมยังถือเป็นแหล่งรวมวิตามินบี ช่วยการทำงานของระบบประสาท และมีโพแทสเซียมช่วยป้องกันตะคริว และกากใยของกล้วยหอมก็ช่วยลดอาการท้องผูกได้ อีกทั้งใยอาหารจากผลไม้มีสมบัติดีกว่าใยอาหารจากอาหารชนิดอื่นเนื่องจากมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดและใยอาหารที่ละลายน้ำได้สูง ปริมาณกรดไฟติกและแคลอรี่ต่ำ มีความสามารถในการอุ้มน้ำและไขมันดี (Figuerola *et al.,* 2005)

กล้วยหอมมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง โดยพบสารโดปามีนในเปลือกและเนื้อผลของกล้วยหอมเขียวที่ระยะสุกต่าง ๆ โดยในเปลือกมีปริมาณสารโดปามีนสูงที่สุดในระยะที่ 1-3 (ผลสีเขียวเข้ม-สีเขียวออกเหลือง) และในเนื้อพบปริมาณสารโดปามีนสูงสุดในระยะสุกที่ 4-6 (ผลสีเหลืองอมเขียว-เหลืองทั้งผล) (Kanazawa and Sakakibara, 2000) สารโดปามีนไม่เพียงเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในพืช แต่ยังเป็นสารสำคัญที่พบในสมองและระบบประสาท มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหวและมีผลกระทบทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกัน (Khozaei *et al.,* 2000) อย่างไรก็ตามกล้วยจัดเป็นผลไม้บ่มสุก ผลกล้วยมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมีชัดเจนในระหว่างการสุก การเปลี่ยนแปลงมีความแตกต่างกันไปขึ้นกับสายพันธุ์

อุณหภูมิ และระยะเวลาเก็บรักษา (Ke and Hwang, 1988) เมื่อศึกษาการเก็บรักษาผลกล้วยทั้งหวีที่ 14 องศาเซลเซียส สามารถชะลอกระบวนการชีวเคมีได้อย่างดีกว่าเก็บที่ 25 องศาเซลเซียส (ศุภิสรา และคณะ, 2561) ปัจจัยเหล่านี้อาจจะส่งผลถึงคุณภาพของแป้งกล้วยด้วยเช่นกัน

ภาพที่ 1 แปลงกล้วยหอมเขียวเกษตรแปลงใหญ่อำเภอท่าช้าง จังหวัดสิงห์บุรี

ภาพที่ 2 กล้วยหอมเขียว

คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอม

องค์ประกอบทางโภชนาการของกล้วยหอมทอง ผลสุก 100 กรัม แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอมทองสุกต่อ 100 กรัมในส่วนที่บริโภคได้

องค์ประกอบทางเคมี	**ปริมาณ**
พลังงาน(กิโลแคลอรี่)	132
น้ำ (กรัม)	66.3
โปรตีน(กรัม)	0.90
ไขมัน (กรัม)	0.20
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	31.7
ไฟเบอร์(กรัม)	1.90
ซัลเฟต (กรัม)	0.90
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	26.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	46.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.80
เบต้า- แคโรทีน (ไมโครกรัม)	99.0
วิตามินเอ (ไมโครกรัม)	17.0
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.04
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.07
ไนอะซีน (มิลลิกรัม)	0.10
วิตามินซี(มิลลิกรัม)	27.0

แหล่งที่มา : Stover and Simmonds (1987)

วิตามินในผลกล้วยหอมสุก เป็นเปอร์เซ็นต่อน้ำหนัก 100 กรัม แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิตามินของกล้วยหอมสุกต่อ 100 กรัมในส่วนที่บริโภคได้

วิตามิน	**กล้วยหอมทอง**	**กล้วยหอมเขียว**
วิตามินเอ	3.80	5.10
วิตามินซี	13.3	20.0
วิตามินบี	25.0	-
ไทอะมีน (thiamine)	3.30	2.60
ไรโบฟลาวิน (riboflavin)	3.80	5.30
ไนอาซีน (niacin)	4.30	4.80

แหล่งที่มา : Stover and Simmonds (1987)

สารสำคัญในกล้วยหอมเขียว

กล้วยยังอุดมไปด้วยเส้นใยและกากอาหาร และยังวิตามินและแร่ธาตุนาๆชนิดที่มีประโยชน์ ต่อร่างกาย เช่น ธาตุเหล็กธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแมกนีเซียม คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามินเอ วิตามินบี 6 วิตามินบี12 และ วิตามินซี เป็นต้น (USDA Nutrient database, 2557)

ลักษณะและคุณสมบัติของแป้ง

แป้งข้าวเจ้า (Rice flour) หรือบางทีก็เรียกว่า แป้งญวณ ทำมาจากเมล็ดข้าวจ้าว จับแล้วสากมือ เมื่อใช้มือสัมผัสจะมีความหยาบเล็กน้อย แต่สากมือกว่าแป้งสาลี พอทำให้สุกแล้วตัวแป้งจะมีสีขาวขุ่น จับตัวกันเป็นก้อน เหมาะสำหรับนำไปทำอาหารที่ต้องการความอยู่ตัว เนื้อขนมจะมีความแข็งร่วน อย่างเช่น ขนมกล้วย ขนมเบื้อง ขนมดอกจอก ลอดช่อง ขนม ขนมตาล ขนมชั้น ขนมถ้วยตะไล (ขนมถ้วย) ถ้าต้องการให้ขนมเหนียวนุ่มไม่ร่วนแข็งจนเกินไปก็จะเติมแป้งข้าวเหนียวลงไปด้วย เช่น ขนมจาก ขนมใส่ไส้ เป็นต้น แป้งข้าวเจ้าถือว่าเป็นแป้งที่ถูกนำมาทำขนมไทยมากที่สุด

แป้งข้าวเหนียว (Glutinous flour) ทำมาจากเมล็ดข้าวเหนียว มีลักษณะคล้ายๆ กับแป้งข้าวเจ้าคือเป็นผงสีขาวๆ เมื่อใช้มือสัมผัสจะมีความหยาบเล็กน้อยกว่าแป้งข้าวเจ้า พอทำให้สุกแล้วตัวแป้งจะมีสีขาวขุ่นข้น มีความเหนียว เหมาะสำหรับนำไปทำอาหารที่ต้องการความเหนียว นุ่ม ตัวอย่างขนมที่ทำจากแป้งข้าวเหนียว ได้แก่ ขนมต้ม บัวลอย ขนมถั่วแปบ ข้าวเหนียวตัด ขนมเทียน ขนมเข่ง ข้าวเหนียวเปียก ขนมบ้าบิ่น ขนมโก๋ แป้งจี่ ขนมโค ขนมบางอย่างที่ไม่ต้องการความเหนียวมากนักก็ให้ผสมแป้งข้าวเจ้าลงไปด้วย

แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch / Cassava starch) หรือแป้งมัน บางทีก็เรียกว่า แป้งมันสิงคโปร์ ทำมาจากหัวมันสำปะหลัง เป็นผงสีขาว เนื้อแป้งมีความละเอียด ลื่นมือ เมื่อถูกทำให้สุกแล้วตัวแป้งจะเหนียวหนืด มีสีใส เหมาะกับการนำไปทำอาหารที่มีความเหนียวแต่ใสและดูขึ้นเงา แต่ข้อเสียของแป้งมันสำปะหลังคือ เมื่อถูกทำให้เย็นลงจะคืนตัวง่ายมาก จึงมีการนำแป้งชนิดอื่นมาผสมเพื่อทำให้ขนมมีความเหนียวนุ่มขึ้น ตัวอย่างขนมหวานที่ทำมาจากแป้งมันสำปะหลัง คือ ลอดช่องสิงโปร์ เต้าส่วน บัวลอย ครองแครงแก้ว ทับทิมกรอบ ขนมชั้น ขนมปลากริมไข่เต่า เป็นต้น

แป้งข้าวโพด (Corn starch) ทำมาจากเมล็ดข้าวโพด เป็นผงสีขาวเหลืองนวล เนื้อแป้งเนียนและลื่นมือ ข้อดีของแป้งข้าวโพดคือ เมื่อถูกทำให้สุกแล้วเนื้อแป้งจะข้นเหนียว มีความใสและไม่คืนตัว ตัวอย่างอาหารที่ทำมาจากแป้งข้าวโพดก็ได้แก่ ราดหน้า ไส้ขนม รวมถึงซอสต่างๆ ด้วย

แป้งเท้ายายม่อม (Arrowroot Starch) ทำมาจากหัวมันเท้ายายม่อม เป็นแป้งที่มีราคาสูงกว่าแป้งชนิดอื่นๆ เพราะหัวมันเท้ายายม่อมนั้นสามารถเก็บเกี่ยวได้แค่ปีละครั้ง แถมวิธีการทำแป้งก็ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน ตัวแป้งจะมีลักษณะเป็นเมล็ดสี่เหลี่ยมเล็กๆ สีขาว เนื้อสัมผัสจะมีความหยาบมากเมื่อเทียบกับแป้งชนิดอื่นๆ ก่อนนำมาทำอาหารต้องนำมาบดให้ละเอียด และร่อนด้วยตะแกรงเสียก่อน เมื่อโดนความร้อนจนสุกแล้วตัวแป้งจะมีลักษณะข้น เหนียวหนืด และมีความใส นิยมนำมาผสมกับแป้งชนิดอื่นๆ แล้ว

นำไปทำอาหารที่ต้องการความข้นเหนียวและมันวาว เช่นผสมกับแป้งข้าวโพดเพื่อทำขนมชั้น ขนมเปียกปูน ขนมน้ำดอกไม้ ลอดช่องต่างๆ

แป้งถั่วเขียว (Mung bean Starch) ทำมาจากเมล็ดถั่วเขียว เป็นผงสีขาว เนื้อแป้งสากมือเล็กน้อย ตัวแป้งเมื่อสุกแล้วจะมีลักษณะใสคล้ายกับวุ้น มีความมันเงา เมื่อพักให้เย็นตัวลงก็จะจับตัวเป็นก้อนแข็งแต่เด้ง อยู่ตัวเหมาะสำหรับอาหารที่มีความอยู่ตัว เช่น ตะโก้ ซ่าหริ่ม ลอดช่องแก้ว ขนมลืมกลืน

แป้งสาลี (Wheat Flour) ทำมาจากข้าวสาลี เมื่อถูกทำให้สุกแล้วเนื้อแป้งจะมีควรร่วน ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีก็จะทำให้แป้งมีคุณภาพแตกต่างกันออกไป แบ่งออกเป็น 3 ชนิดต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. แป้งสาลีสำหรับทำขนมปัง (Bread Flour / Hard Flour) ลักษณะเป็นผงสีขาวนวล เมื่อเอามือจับดูเนื้อจะค่อนข้างหยาบ ทำมาจากข้าวสาลีชนิดหนัก มีปริมาณโปรตีน 12-13% เหมาะสำหรับนำไปทำขนมปังต่างๆ โดนัทยีสต์ ปาท่องโก๋ โรตี หรือพิซซ่าก็ได้ เพราะแป้งชนิดนี้จะดูดซับน้ำได้ดี มีความเหนียวและยืดหยุ่นดี เหมาะจะทำขนมอบ

2. แป้งสาลีเอนกประสงค์ (All-purpose Flour / Plain Flour) เนื้อแป้งจะละเอียดกว่าแป้งสาลีชนิดที่ใช้ทำขนมปังเล็กน้อย ราคาถูกว่า ทำมาจากข้าวสาลีชนิดหนักและชนิดเบาผสมกัน มีปริมาณโปรตีน 9-10% สามารถทำอาหารได้หลายชนิดทั้งอาหารและขนมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น แพนเค้ก คุ๊กกี้ พาย โดนัท กะหรี่พัฟ รวมถึงสามารถนำไปผสมน้ำเพื่อชุบอาหารต่างๆก่อนนำไปทอด

3. แป้งสาลีสำหรับทำเค้ก (Cake Flour/Soft Flour) อาจเรียกว่าแป้งเค้ก เนื้อแป้งมีสีขาวนวลและมีความเนียนละเอียดกว่าแป้งสาลีชนิดอื่นๆ ดูดซับน้ำไม่ค่อยดี ไม่ค่อยเหนียวเมื่อเทียบกับแป้งทำขนมปัง ทำมาจากข้าวสาลีชนิดเบา มีปริมาณโปรตีน 6-9% สามารถนำไปทำขนมเค้กทุกชนิด รวมทั้งขนมไทยอย่างขนมปุยฝ้าย ขนมกลีบลำดวน ขนมสาลี่

แป้งกล้วยและการนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร

แป้งเป็นโฮโมพอลิแซคคาไรด์ (Homopolysaccharide) ชนิดหนึ่งที่พบมากในพืชและเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง แป้งที่ได้จากพืชแต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะคือมีโครงสร้างทางเคมีในโมเลกุลแตกต่างกันและเม็ดแป้งจะมีขนาดรูปร่างและสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันด้วย แป้งในกระบวนการผลิตนั้นหมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่มีสิ่งเจือปน เช่น โปรตีน ไขมันและเกลือแร่น้อยมาก ส่วนแป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่นๆ อยู่มากจะเรียกว่า ฟลาวร์ (Flour) แต่เมื่อสิ่งเจือปนอื่นๆ ถูกสกัดออกไปจนเหลือแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่ เรียกว่าแป้งสตาร์ช (Starch) ซึ่งแป้งสตาร์ชจะมีความบริสุทธิ์สูงจึงมักถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในรูปของสารเคมีโดยนำไปทำปฏิกิริยาเคมีต่างๆ มากมาย แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์พื้นฐาน 2 ชนิดคือ อะไมโลสและอะไมโลเพคติน ทำให้คุณสมบัติของแป้งแตกต่างกันออกไป (อริญา, 2555; กล้าณรงค์, 2550) แป้งที่นิยมใช้มาก เช่น แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวสาลี สามารถใช้แป้งทางเลือกอื่นมาทดแทนการใช้แป้งเหล่านี้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้

แป้งพืชมีมากมายหลายชนิด มีผลผลิตมากในแต่ละฤดู เช่น มันสำปะหลัง มันเทศ กล้วยดิบ เผือก เดือย เป็นต้น แต่แป้งพืชเหล่านี้มีลักษณะบางอย่างที่ยังไม่สามารถทำผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมได้ ในปัจจุบันจึงมีการหาแหล่งพืชเพื่อที่จะนำมาทำเป็นแป้ง จากลักษณะที่โดดเด่นเป็นเอกลักษณ์ของแป้งกล้วยที่เป็นอาหารเพื่อสุขภาพและสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยหอมเขียวได้ โดยเฉพาะในฤดูกาลที่ผลผลิตล้นตลาด เกษตรต้องประสบปัญหาราคากล้วยตกต่ำ การแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งกล้วยหอมเขียว จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่จำเป็นและน่าสนใจสำหรับเกษตรกร แป้งกล้วย เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกล้วยดิบมาแปรรูปเป็นแป้ง โดยแป้งกล้วยที่ดีต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก ซึ่งสามารถนำไปเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ และผลิตภัณฑ์ขนมไทย นอกจากนี้แป้งกล้วยยังเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เหมาะสำหรับผู้บริโภคบางกลุ่มที่ต้องการหลีกเลี่ยงอาหารจากแป้งสาลี หรือผู้ที่มีอาการแพ้โปรตีนในแป้งสาลี แป้งกล้วยได้จากกล้วยดิบซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการ ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน เส้นใย วิตามิน เกลือ และแร่ต่าง ๆโดยแป้งกล้วยจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เมื่อพิจารณาพลังงานต่อแป้ง 100 กรัม แป้งให้พลังงานต่ำสุด เมื่อเทียบกับแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งสาลี เท่ากับ 98, 160, 381 และ 1,418 กิโลแคลอรีตามลำดับ

แป้งกล้วยเกิดจากการแปรรูปกล้วยเป็นแป้งกล้วยที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าแป้งหลายชนิด เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น เนื่องจากกล้วยเป็นแหล่งที่อุดมไปสารอาหาร มีการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของกล้วย พบว่ากล้วย 1 ผล สามารถให้พลังงานประมาณ 100 แคลอรี่ มีน้ำตาลธรรมชาติอยู่ 3 ชนิด คือ ซูโครส ฟรุคโทส และกลูโครส รวมไปถึงเส้นใยและกากอาหาร กล้วยอุดมด้วยวิตามินบี 6 ที่ช่วยกระตุ้นระบบภูมิต้านทาน แร่ธาตุอย่างแมกนีเซียมและโพแทสเซียม ที่ช่วยป้องกันโรคความดัน โปรตีนที่อยู่ในกล้วยมีกรดอะมิโนอาร์จินิน และฮีสติดิน ซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของทารก นอกจากนี้ การสุกของกล้วยแต่ละระยะยังให้สรรพคุณทางยาแตกต่างกัน กล้วยดิบแก้โรคกระเพาะ กล้วยห่าม แก้ท้องเสีย ชดเชยโพแทสเซียมให้แก่ร่างกาย กล้วยสุกแก้ท้องผูกมีเพกตินมากเพิ่มกากใยแก่ลำไส้ และกล้วย งอมต้านมะเร็ง สร้างภูมิต้านทาน สร้างเซลล์เม็ดเลือดขาว นอกจาการบริโภคผลสดแล้ว การแปรรูปกล้วยให้ เป็นแป้งกล้วยสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารนานาชนิด กระบวนการผลิตแป้งกล้วยมีขั้นตอนที่ง่ายไม่ยุ่งยาก เริ่มการนำผลกล้วยระยะดิบถึงห่ามมาปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นบางๆ ทำแห้งบดให้ละเอียด และร่อนผ่านตะแกรง ก่อนบรรจุแป้งกล้วยในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดสนิท กล้วย 1 หวี จะได้แป้งกล้วยประมาณ 300 กรัม แป้งกล้วยที่ดีต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก แป้งกล้วยจะมีกลิ่น รส เฉพาะตัว มีคุณสมบัติทางกายภาพดี รวมตัวกับน้ำได้ดี คือ เมื่อได้รับความร้อนแป้งจะพองตัวใส เมื่อปล่อยให้เย็นลงจะเกิดลักษณะคล้ายวุ้น เนื่องจากแป้งกล้วยมีอะไมโลสสูง ทำ ให้มีคุณสมบัติเฉพาะ เหมาะที่จะนำมาประกอบอาหาร ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยโดยการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายรูปแบบ เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทขนมอบ คือ คุกกี้ บราวนี่ เค้ก และขนมปัง ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทขนมไทย คือ โสมนัส ดอกลำดวน ข้าวเกรียบ ดอกจอก หม้อแกง

ถ้วยทอง ลูกชุบ เม็ดขนุน กรอบเค็ม ขนมหูช้าง ขนมบัวลอย ขนมชั้น ขนมบ้าบิ่น และทองพับ ใช้เป็นส่วนประกอบในการทำอาหารประเภท ซุป อาหารเด็ก อาหารผู้ป่วย เครื่องดื่มอื่นๆ นอกจากนี้ แป้งกล้วยยังเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เหมาะสำหรับผู้บริโภคบางกลุ่มที่ต้องการหลีกเลี่ยงอาหารจากแป้งสาลีหรือมีอาการแพ้โปรตีนในแป้งสาลี การใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีหรือที่เรียกว่าผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่มีกลูเตน (gluten free products) ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งกล้วย (นรินทร์, 2557)

คุณสมบัติของแป้งกล้วย

แป้งกล้วยจะมีกลิ่นเฉพาะตัว มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีรวมตัวกับน้ำได้ดี คือ เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวใส เมื่อปล่อยให้เย็นจะเกิดลักษณะคล้ายวุ้น เนื่องจากเป็นแป้งที่มีอะไมโลสสูง จึงทำให้มีคุณสมบัติพิเศษเหมาะที่จะนำมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ดี บางชนิดของผลิตภัณฑ์สามารถทดแทนได้สูงถึงร้อยละ 80 โดยคุณภาพของแป้งกล้วย จะขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิต ความสะอาด และความสุกของกล้วยเป็นสำคัญ กล้วยดิบจะมีปริมาณแป้งและแทนนินสูง ปริมาณน้ำตาลน้อย การสุกของกล้วยทำให้คุณค่าทางอาหารเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะแป้ง แป้งกล้วยที่ผลิตโดยกรรมวิธีอบแห้ง หรือผึ่งแดดจนแห้งที่อุณหภูมิ 55 – 60 องศาเซลเซียส สีของแป้งที่ได้จะไม่ขาวเหมือนแป้งจากธัญพืชประเภทหัว เนื่องจากไม่ได้ผ่านกระบวนการฟอกสี เมื่อนำไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ขนมอบหรือขนมไทย ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จะมีสีค่อนข้างคล้ำ ซึ่งผู้บริโภคจะพึงพอใจมากกว่าใช้แป้งกล้วยที่ผ่านกระบวนการฟอกสี ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้มีลักษณะทางกายภาพดี จัดเป็นอาหารสุขภาพ (วลัย และดวงแข, 2557)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กล้วยหอมมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง โดยพบสารโดปามีนในเปลือกและเนื้อผลของกล้วยหอมเขียวที่ระยะสุกต่าง ๆ โดยในเปลือกมีปริมาณสารโดปามีนสูงที่สุดในระยะที่ 1-3 (ผลสีเขียวเข้ม-สีเขียวออกเหลือง) และในเนื้อพบปริมาณสารโดปามีนสูงสุดในระยะสุกที่ 4-6 (ผลสีเหลืองอมเขียว-เหลืองทั้งผล) (Kanazawa and Sakakibara, 2000) สารโดปามีนไม่เพียงเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในพืช แต่ยังเป็นสารสำคัญที่พบในสมองและระบบประสาท มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหวและมีผลกระทบทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกัน (Khozaei *et al*., 2000) อย่างไรก็ตามกล้วยจัดเป็นผลไม้บ่มสุก ผลกล้วยมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมีชัดเจนในระหว่างการสุก การเปลี่ยนแปลงมีความแตกต่างกันไปขึ้นกับสายพันธุ์ อุณหภูมิ และระยะเวลาเก็บรักษา (Ke and Hwang, 1988) เมื่อศึกษาการเก็บรักษาผลกล้วยทั้งหวีที่ 14 องศาเซลเซียส สามารถชะลอกระบวนการชีวเคมีได้อย่างดีกว่าเก็บที่ 25 องศาเซลเซียส (ศุภิสรา และคณะ, 2561) ปัจจัยเหล่านี้อาจจะส่งผลถึงคุณภาพของแป้งกล้วยด้วยเช่นกัน โดยระยะการสุกที่นิยมนำมาทำแป้งกล้วยคือ ระยะดิบ เพราะมีปริมาณแป้งสูง และมีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ (กุหลาบ และขวัญชัย, 2556; นฤมล และชิตสุดา, 2559; อัจฉรา และขวัญดาว, 2559) มีรายงานว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับบราวนี่ที่มีแป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 50 (ณนนท์

และคณะ, 2554) และพบว่าแป้งกล้วยไข่ดิบสามารถใช้เป็นส่วนผสมทดแทนแป้งข้าวเจ้าได้ร้อยละ 100 ในผลิตภัณฑ์ขนมทองม้วน (ภาสุรี และนัฐพัศ, 2561)

มนทกานต์ (2549) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งและสตาร์ชจากเกาลัด Sterculia monosperma Vent. และการนำไปประยุกต์ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีแป้งหรือสตาร์ชเป็นองค์ประกอบโดยวิธีการโม่แห้งและโม่เปียกพบว่า แป้งจากการโม่ทั้ง 2 วิธี มีปริมาณผลผลิตและเส้นใยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แป้งจากการโม่แห้งมีปริมาณโปรตีน ไขมันและเถ้ามากกว่า แต่คาร์โบไฮเดรต และแอมิโลสต่ำกว่าแป้งจากการโม่เปียก เม็ดแป้งเกาลัดมีทั้งรูปร่างกลม และรูปไข่ที่มีรอยตัด เม็ดแป้งจากการโม่แห้งสูญเสีย birefringence ไปบางส่วน และมีองค์ประกอบอื่นหรือเม็ดสตาร์ชที่แตกหักเกาะติดอยู่ บริเวณผิวชัดเจนกว่าเม็ดสตาร์ชของแป้งโม่เปียก จากการวัดค่าสี พบว่าแป้งโม่แห้งมีค่า L, a และดัชนีความขาวต่ำกว่า แต่ค่า b สูงกว่าแป้งโม่เปียก แป้งจาการโม่แห้งมีปริมาณ damaged starch ความสามารถในการจับน้ำ การละลายน้ำ อุณหภูมิในการเกิดเจล (To, Tp) และ pasting temperature) สูงกว่า แต่ค่ากำลังการพองตัว peak viscosity, breakdown, AHgel และการคืนตัวต่ำกว่าแป้งจากการโม่เปียก จากการศึกษาการสกัดสตาร์ชจากเมล็ดเกาลัด โดยแปรชนิดและ ความเข้มข้นของสารสกัด (น้ำ สารละลาย NaHSO3 ความเข้มข้น 0.3-0.7% และสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1-0.5%) พบว่าการสกัดด้วยสารละลาย 0.5% NaOH ให้สตาร์ชที่มีปริมาณโปรตีนต่ำสุด (0.28% db) และจากการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ พบว่าสตาร์ชมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน เส้นใย และแอมิโลส99.58%, 0.28%, 0.15% และ 36.63% โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณเถ้าและไขมันน้อยมาก มีลักษณะ birefringence ชัดเจน เม็ดสตาร์ชมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 9.10 µm มีลักษณะโครงสร้างผลึกแบบ C มีช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน 70-81 C และ AHgel18.19 J/g เมื่อวัดสมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง RVA ที่ความเข้มข้น 7% พบว่ามี pasting temperature 82.37 C, peak viscosity, breakdown และ setback เท่ากับ 150.53, 17.58 และ 63.36 RVU ตามลำดับ และพบว่าไม่ทนต่อการแช่เยือกแข็งละลายน้ำแข็ง จากการศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง (3-9) มีความหนืดของแป้งและสตาร์ช พบว่าแป้งและสตาร์ชเกาลัดที่มีความเป็นกรด-ด่าง 9 มีความหนืดสูงที่สุด เมื่อนำสตาร์ชและแป้งจากการโม่เปียกมาใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ซอสพริก และใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว พบว่าสตาร์ชและแป้งเกาลัดสามารถใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ซอสพริกได้ แต่ไม่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว

สุดาทิพย์ (2545) การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วยจากกล้วยน้ำว้า [Musa (ABB group) 'Kluai Nam Wa'] พบว่าการเก็บเกี่ยวกล้วยเพื่อใช้ในการผลิตแป้ง สามารถใช้การวัดความยาวเส้นรอบวง ร่วมกับการพิจารณาเหลี่ยมของผล และการนับจำนวนวันหลังจากแทงปลี เป็นดัชนีได้ การทำแห้งโดยการตากแดดมีผลทำให้แป้งกล้วยมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าการทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้ง นอกจากนี้แป้งกล้วยที่ได้มีความสามารถในการละลายน้ำ (Water Solubility Index) และความคงทนต่อแรงเฉือน (Shearing Stability) เช่นเดียวกัน เมื่อนำมาตรวจสอบคุณสมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง RVA พบว่าแป้ง

กล้วยที่ทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งมีค่า Peak viscosity, Holding strength และ Breakdown สูงกว่าแป้งกล้วยที่ทำแห้งโดยการตากแดด เมื่อนำแป้งกล้วยมาวิเคราะห์ทางเคมี แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีความแก่มากขึ้น จะมีปริมาณโปรตีนเถ้า และน้ำตาลทั้งหมดสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณเยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณลดลง และพบว่าสตาร์ชและอะไรโลสมีปริมาณสูงที่สุด เมื่อกล้วยมีความแก่ 90% โดยแป้งกล้วยประกอบด้วยสตาร์ชและอะไมโลสประมาณ 60-66 และ 21-23% ตามลำดับ รูปร่างของเม็ดแป้งกล้วยเมื่อทดสอบด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) มีรูปร่างรูปไข่และมีรูปร่างไม่แน่นอนขนาด 27-45 ไมโครเมตร จากการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยพบว่า เมื่อระยะความแก่ของกล้วยมากขึ้น เม็ดแป้งมีขนาดใหญ่มากขึ้น ความคงทนต่อแรงเฉือน และความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water Absorption Index) มีแนวโน้มลดลง ส่วนความสามารถในการละลายน้ำและความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลาย (Freeze-Thaw stability) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยน้ำว้าที่ความแก่ 90 และ 80% มีค่า Peak viscosity, Holding strength, Breakdown, Final viscosity และ Set back สูงกว่ากล้วยที่มีความแก่ 100 และ 70% ตามลำดับ แป้งกล้วยมี Peak temperature ประมาณ 88 องศาเซลเซียส Peak time ประมาณ 8 นาที และ Pasting temperature ประมาณ 80 องศาเซลเซียส

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

นำกล้วยหอมเขียว กล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่มาทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ตามวิธีของ Folin-ciocalteu colorimetric assays (Lim et al., 2007) โดยการสกัดตัวอย่างสกัดด้วยวิธี cold extraction ด้วยตัวทำละลายอะซีโตน (ดัดแปลงจาก Wu et al., 2006; Mahattanatawee et al., 2006)
- กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ โดยการวิเคราะห์ความสามารถในการจับสารอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (ดัดแปลงจาก Wu et al., 2006)

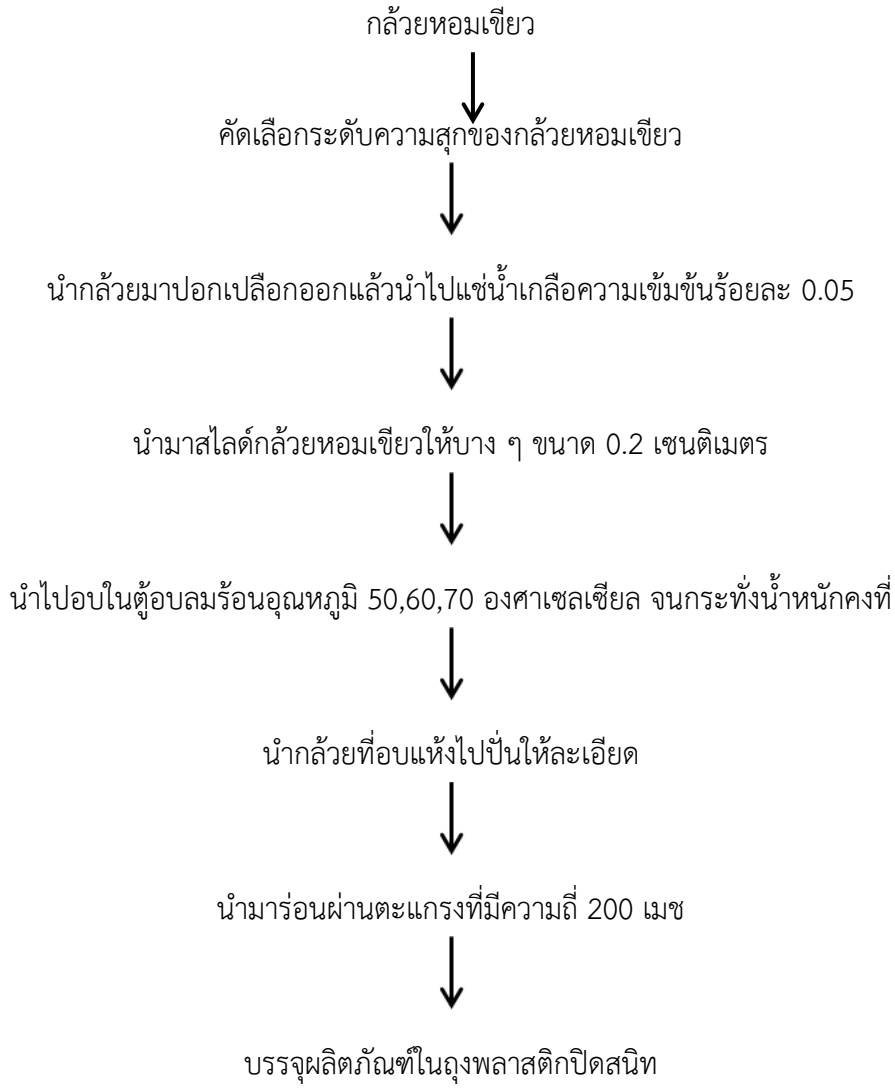
ตอนที่ 2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว

วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment รวมกับ 3 Center points กำหนดปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว ได้แก่ ความสุกแก่ของกล้วยหอม ได้แก่ ระยะดิบ ห่าม และสุก อุณหภูมิในการอบแห้งแป้งกล้วยหอมเขียว ได้แก่ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียล จำนวนทั้งหมด 7 สิ่งทดลองหรือตัวอย่าง ดังแสดงตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การศึกษาระดับของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว

สิ่งทดลอง	ความสุกแก่ของกล้วยหอม	อุณหภูมิในการอบแห้ง (องศาเซลเซียส)
1	ดิบ (50%)	50
2	ดิบ (50%)	70
3	สุก (100%)	50
4	สุก (100%)	70
5 (Center point)	ห่าม (75%)	60
6 (Center point)	ห่าม (75%)	60
7 (Center point)	ห่าม (75%)	60

และดำเนินการทำแป้งกล้วย โดยนำผลกล้วยหอมเขียวระยะสุกแก่แตกต่างกันมาปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นบาง ๆ นำไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนใช้อุณหภูมิที่กำหนด จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการทำแป้งกล้วยหอมเขียว

จากนั้นนำแป้งกล้วยหอมเขียวมาเก็บในภาชนะปิดสนิท นำมาศึกษาคุณภาพ ได้แก่

- ด้านเคมีและกายภาพ ได้แก่ สี ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (Aw) ดัชนีการละลายน้ำและดัชนีการดูดซับน้ำ และความหนืด

- ด้านกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Lim et al., 2007) ความสามารถในการจับสารอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (ดัดแปลงจาก Wu et al., 2006)

ตอนที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลี

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยหอมเขียวที่ทำจากสภาวะการทำแป้งที่ดีที่สุดจากตอนที่ 2 มาใช้ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่แตกต่างกัน ได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 จากนั้นศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของขนมปัง (Hathorn et al., 2008) ทำการหาปริมาตรของขนมปังโดยการทดแทนปริมาตรเมล็ดงา ชั่งน้ำหนักขนมปัง ที่จะตรวจสอบปริมาตร นำขนมปังใส่ลงในภาชนะที่ทราบปริมาตร และเติมเมล็ดงาให้เต็มภาชนะ จากนั้นวัดปริมาตรเมล็ดงาที่เติมลงไปทั้งหมดด้วยกระบอกตวงและคำนวณหาปริมาตรของขนมปัง ปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของขนมปัง และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-points hedonic scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน

ตอนที่ 4 การถ่ายทอดผลการวิจัย

การถ่ายทอดผลการวิจัยในการแปรรูปแป้งกล้วยหอมเขียวและผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งกล้วยหอมเขียว และคำนวณต้นทุนการผลิต เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยการอบรมเชิงปฏิบัติการ จำนวน 1 วัน ให้แก่เกษตรแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียว อำเภอท่าช้าง จังหวัดสิงห์บุรี

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

คุณค่าทางโภชนาการ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยหอมเขียว กล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่แสดงดังตารางที่ 4 และ 5

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอมเขียว กล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่

คุณค่าทางโภชนาการ (ร้อยละ)	**กล้วยไข่**	**กล้วยน้ำว้า**	**กล้วยหอมทอง**	**กล้วยหอมเขียว**
ความชื้น	66.60±0.32	64.70±0.15	72.27±0.20	77.19±0.15
ไขมัน	0.76±0.05	0.33±0.06	0.57±0.12	0.06±0.08
เถ้า	1.13±0.11	1.00±0.00	1.22±0.05	0.95±0.02
ใยอาหารหยาบ	9.40±0.05	6.33±0.24	7.71±0.06	7.41±0.12
โปรตีน	1.85±0.10	1.08±0.04	2.07±0.05	1.35±0.08
คาร์โบไฮเดรต	20.26±0.08	26.56±0.05	16.16±0.10	13.04±0.07

ตารางที่ 5 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยหอมเขียว กล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ	**สารฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100 g)**	**DPPH (mg GAE/100 g)**
กล้วยไข่	19.39±0.86	17.06±0.12
กล้วยน้ำว้า	14.62±0.23	15.34±0.05
กล้วยหอมทอง	18.83±0.74	17.31±0.06
กล้วยหอมเขียว		
ระยะดิบ	21.20±0.80	17.17±0.02
ระยะห่าม	23.44±0.09	17.28±0.03
ระยะสุก	25.64±0.48	17.29±0.04

จากตารางที่ 4 พบว่า กล้วยหอมเขียวคาเวนดิชมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันน้อยที่สุด (ร้อยละ 13.04 และ 0.06 ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับกล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่ (ร้อยละ 16.06-26.56 และร้อยละ 0.33-0.76) และจากตารางที่ 5 พบว่า กล้วยหอมเขียวคาเวนดิชมีสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่ากล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่ ส่วนฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยหอมเขียวคาเวนดิช กล้วยหอมทอง และกล้วยไข่ ใกล้เคียงกัน ส่วนกล้วยน้ำว้ามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด

ระยะของกล้วยหอมเขียวคาเวนดิชในระยะดิบจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าระยะสุก ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอล และปริมาณสารฟลาโวนอยด์จะพบมากในเปลือกมากกว่าเนื้อ ผลดิบมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผลสุก (Wills, 1984; Fatemeh et al., 2012) ซึ่งสารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์เป็นสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีกลไกการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นและทำลายปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระให้สิ้นสุดลง (Andersen and Markham, 2006) ในขณะที่อดิศร และคณะ (2558) พบว่า สารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์และปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดในกล้วยเล็บมือนางระยะสุกงอมทั้งวิธี DPPH และวิธี FRAP และกล้วยเล็บมือนางมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์สูงกว่ากล้วยหิน และระยะการสุกที่ระยะสุกงอมจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์สูงกว่าระยะสุกและระยะดิบ และมีรายงานว่า กล้วยเล็บมือนางสด มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ 38.63% เมื่อเทียบกับกล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยหอม และกล้วยเล็บมือนางสด (อัจฉรา และขวัญดาว, 2559)

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว ได้แก่ ความสุกแก่ของกล้วยหอม 3 ระยะดังนี้ ระยะดิบ ห่าม และสุก อุณหภูมิในการอบแห้งแป้งกล้วยหอมเขียว ได้แก่ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียล พบว่า คุณภาพด้านเคมีกายภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแป้งกล้วยหอมเขียวเป็นไปตามตารางที่ 6-8 พบว่า คุณภาพด้านเคมีกายภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแป้งกล้วยหอมเขียว พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำแป้งกล้วยหอมเขียวคือ กล้วยหอมเขียวระยะห่าม และอุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียล

ตารางที่ 6 คุณภาพด้านสี ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของแป้งกล้วยหอมเขียว

สิ่งทดลอง	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	ความชื้น (ร้อยละ)	Aw
1	87.06±0.52	3.07±0.18	13.35±0.35	5.05±0.46	0.46±0.01
2	84.22±0.89	3.94±0.50	11.11±0.89	2.37±0.25	0.33±0.02
3	48.90±0.91	3.42±0.47	7.90±0.46	5.39±0.36	0.65±0.00
4	43.67±0.68	3.66±0.07	6.76±0.13	4.63±0.14	0.62±0.00
5 (cp)	80.91±0.27	2.98±0.19	14.87±0.72	4.71±0.27	0.50±0.00
6 (cp)	85.86±0.87	3.30±0.16	16.14±0.23	4.30±0.25	0.51±0.00
7 (cp)	84.35±0.80	2.69±0.33	12.62±0.25	4.46±0.26	0.49±0.00

ตารางที่ 7 คุณภาพด้านกายภาพและความหนืดของแป้งกล้วยหอมเขียว

สิ่งทดลอง	ดัชนีการละลายน้ำ	ดัชนีการดูดซับน้ำ	ความหนืด (cP)
1	1.29±0.12	1.14±0.05	3.70±0.00
2	1.22±0.08	1.10±0.02	3.40±0.00
3	0.00±0.01	0.00±0.00	0.00±0.00
4	0.00±0.01	0.00±0.00	0.00±0.00
5 (cp)	4.93±0.19	1.07±0.04	4.90±0.00
6 (cp)	4.06±0.22	1.04±0.03	4.20±0.00
7 (cp)	4.87±0.18	0.99±0.06	4.80±0.00

ตารางที่ 8 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแป้งกล้วยหอมเขียว

สิ่งทดลอง	สารฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100 g)	DPPH (mg GAE/100 g)
1	19.65±1.10	11.00±0.24
2	18.19±0.78	8.87±0.50
3	26.92±1.35	12.48±0.72
4	31.13±0.99	12.88±0.28
5 (cp)	28.72±0.95	10.93±0.23
6 (cp)	29.00±0.86	11.95±0.33
7 (cp)	24.71±0.95	11.30±0.87

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับความสุกของกล้วยหอมเขียว และอุณหภูมิการทำแห้งมีผลต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียวโดยสามารถอธิบายได้ตามสมการความสัมพันธ์ (linear regression) ดังนี้

คุณภาพด้านสี ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของแป้งกล้วยหอมเขียว

L = 133.947– 0.644 (ripeness) – 0.23 (temperature) - 0.002 (ripeness x temperature)

R^2=0.856

a* = -1.276 + 0.039 (ripeness) + 0.075 (temperature) - 0.001 (ripeness x temperature)

R^2=0.483

b* = 29.185 – 0.164 (ripeness) – 0.167 (temperature) + 0.001 (ripeness x temperature)

R^2=0.605

A_w= 0.807 – 0.001 (ripeness) – 0.011 (temperature) + 9.5 x 10^{-5} (ripeness x temperature)

R^2=0.992

Moisture content = 16.218 – 0.089 (ripeness) – 0.229 (temperature) + 0.002 (ripeness x temperature)

R^2=0.939

คุณภาพด้านกายภาพและความหนืดของแป้งกล้วยหอมเขียว

ดัชนีการละลายน้ำ= 4.664 -0.030 (ripeness) -0.007 (temperature) + 7.3 x 10^{-5} (ripeness x temperature)

R^2=0.232

ดัชนีการดูดซับน้ำ = 2.638 -0.024 (ripeness) -0.003 (temperature) + 3.3 x 10^{-5} (ripeness x temperature)

R^2=0.870

Viscosity = 10.125 – 0.089 (ripeness) – 0.030 (temperature)

R^2=0.685

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแป้งกล้วยหอมเขียว

Phenol = 31.668 – 0.138(ripeness) – 0.356 (temperature) + 0.006 (ripeness x temperature)

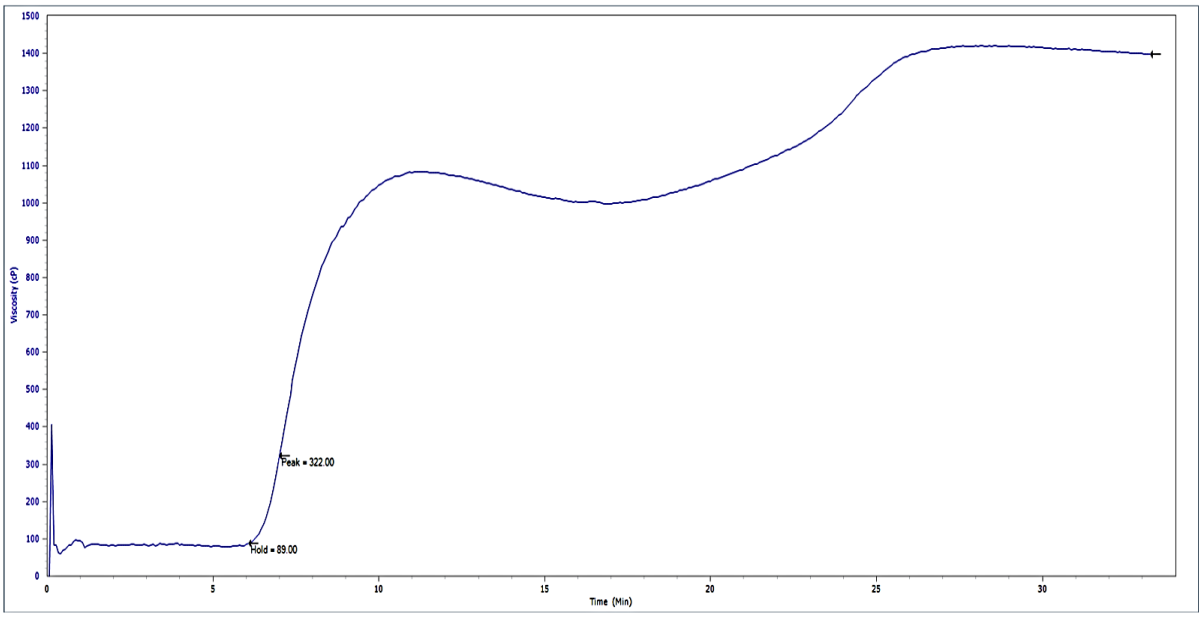
R^2=0.859

DPPH = 21.199 – 0.097(ripeness) – 0.233 (temperature) + 0.003 (ripeness x temperature)

R^2=0.898

การต้านอนุมูลอิสระของแป้งกล้วยไข่ แป้งกล้วยหอมทอง แป้งกล้วยหักมุก และแป้งกล้วยน้ำว้า พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแป้งกล้วยไข่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) การต้านอนุมูลอิสระรวม (total antioxidant capacity) และปริมาณสารประกอบฟี นอลิกรวม (total phenolic contents) สูงสุดเท่ากับ 87.90 เปอร์เซ็นต์, 95.62 µg

tocopherol equivalent/ กรัมน้ำหนักแห้ง และ 20.99 µg gallic acid equivalent/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (กุหลาบ และขวัญชัย, 2556) สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในกล้วยอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ได้แก่ คาเทชิน (catechin)อีพิคาเทชิน (epicatechin) ลิกนิน (lignin) และแทนนิน (tannins) รวมทั้งวิตามินซีวิตามินอี และเบต้า-แคโรทีน เป็นต้น (Sulaiman และคณะ, 2011) แป้งกล้วยไข่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดคือ 31.71% เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน BHT ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแป้งกล้วยลดลงทุกชนิดเมื่อเทียบกับกล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยหอม และกล้วยเล็บมือนางสด (อัจฉรา และขวัญดาว, 2559)



ภาพที่ 4 สมบัติความหนืดด้วยการวิเคราะห์ RVA ของแป้งกล้วยหอมเขียวจากกล้วยระยะห่าม

แป้งกล้วยหอมเขียวมีสมบัติความหนืด (ภาพที่ 4) ใกล้เคียงกับแป้งกล้วยหอมทอง โดยแป้งกล้วยหอมทองมีค่า peak viscosity, trough, final viscosity, setback และค่า peak time สูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 211.12 RVU, 192.71 RVU, 285.13 RVU, 92.42 RVU และ 6.94 นาทีตามลำดับ ขณะที่แป้งกล้วยไข่มีค่า breakdown สูงที่สุด เท่ากับ 32.79 RVU และแป้งกล้วยน้ำว้ามีค่า pasting temperature สูงที่สุด เท่ากับ 87.75 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหนืดของแป้ง เช่น ชนิดแป้ง ขนาดของเม็ดแป้ง ปริมาณอะไมโลส และองค์ประกอบทางเคมี ของแป้ง เป็นต้น (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543) การศึกษาคุณภาพด้านสี ค่า pH และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของแป้งกล้วยหักมุกมีค่าความสว่างของสี (L) และค่า a* สูงสุด ขณะที่แป้งกล้วยไข่ให้ค่า b* สูงสุด เท่ากับ 46.64, 0.87 และ12.70 ตามลำดับ สีของแป้งกล้วยแตกต่างกันมีผลมาจากรงควัตถุในกล้วยแต่ละสายพันธุ์ การเกิดปฏิกิริยาสีน ตาลที่อาจเกิดขึ้นได้ในขั้นตอนการเตรียมกล้วยและในกระบวนการทำแห้ง สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้เกิดจากการที่เอนไซม์ย่อยแป้งแล้วได้น้ำตาล เมื่อปริมาณน้ำตาลสูงทำให้ค่า pH มีค่าสูงตาม จากการทดลองพบว่าแป้ง

กล้วยหอมทองมีค่า pH และปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงสุด เท่ากับ 7.07 และ0.42 Brix ตามลำดับ (กุหลาบ และขวัญชัย, 2556)

ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลี

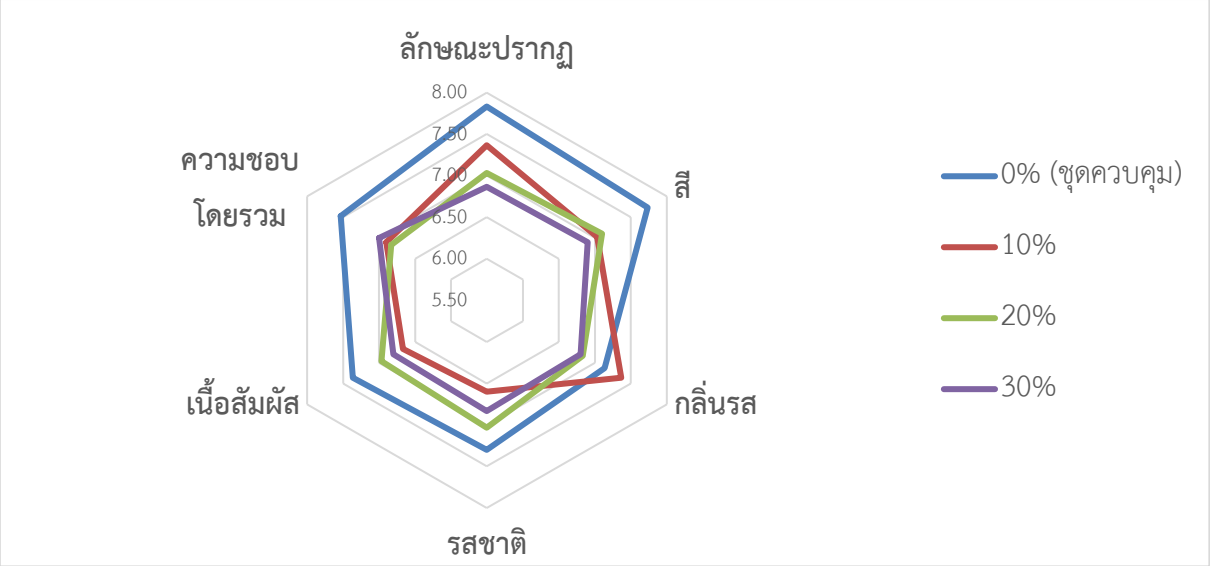
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยหอมเขียวที่ทำจากสภาวะการทำแป้งที่ดีที่สุดจากตอนที่ 2 มาใช้ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่แตกต่างกัน ได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 จากนั้นศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของขนมปัง ได้ผลดังตารางที่ 9 พบว่า ปริมาตรจำเพาะของขนมปังลดลงเมื่อปริมาณแป้งกล้วยหอมเขียวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความหนาแน่นของขนมปังเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งกล้วยหอมเขียวเพิ่มขึ้น และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-points hedonic scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ได้ผลดังตารางที่ 10 พบว่าขนมปังเมื่อใช้ปริมาณแป้งกล้วยหอมเขียวร้อยละ 10-30 ทดแทนแป้งสาลี มีค่าคะแนนความชอบในทุกด้านใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามมีค่าน้อยกว่าขนมปังชุดควบคุมที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 100

ตารางที่ 9 ปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของขนมปังจากแป้งกล้วยหอมเขียว

แป้งกล้วยหอมเขียว (ร้อยละ)	ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
0 (ควบคุม)	4.22±0.16	0.24±0.01
10	3.05±0.13	0.30±0.01
20	2.94±0.05	0.33±0.02
30	2.69±0.12	0.37±0.02

ตารางที่ 10 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังจากแป้งกล้วยหอมเขียว

แป้งกล้วยหอมเขียว (ร้อยละ)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
0 (ควบคุม)	7.83±1.16	7.73±1.09	7.13±0.85	7.30±1.00	7.37±0.95	7.53±1.02
10	7.37±0.95	7.03±0.94	7.37±1.20	6.60±0.92	6.67±1.11	6.90±0.91
20	7.03±0.95	7.10±1.17	6.83±0.97	7.03±1.02	6.97±1.22	6.83±1.13
30	6.87±1.02	6.90±1.01	6.80±0.98	6.83±1.10	6.80±0.83	7.00±1.06



ภาพที่ 5 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังจากแป้งกล้วยหอมเขียว

ตอนที่ 4 ผลการถ่ายทอดผลการวิจัย

การถ่ายทอดผลการวิจัยในการแปรรูปแป้งกล้วยหอมเขียวและผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งกล้วยหอมเขียว และคำนวณต้นทุนการผลิต เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยการอบรมเชิงปฏิบัติการ จำนวน 1 วัน ให้แก่เกษตรแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียว อำเภอท่าช้าง จังหวัดสิงห์บุรี เมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2563 ณ สหกรณ์การเกษตรท่าช้าง อำเภอท่าช้าง จังหวัดสิงห์บุรี จำนวนผู้เข้าร่วมอบรม 35 คน ตามภาพที่ 6

ภาพที่ 6 การถ่ายทอดผลการวิจัยในการแปรรูปแป้งกล้วยหอมเขียว
และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า คุณค่าทางโภชนาการ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยหอมเขียว กล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่ พบว่า กล้วยหอมเขียวคาเวนดิชมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันน้อยที่สุด (ร้อยละ 13.04 และ 0.06 ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับกล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่ (ร้อยละ 16.06-26.56 และร้อยละ 0.33-0.76) กล้วยหอมเขียวคาเวนดิชมีสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่ากล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่ ส่วนฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยหอมเขียวคาเวนดิช กล้วยหอมทอง และกล้วยไข่ ใกล้เคียงกัน ส่วนกล้วยน้ำว้ามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว ได้แก่ ความสุกแก่ของกล้วยหอม 3 ระยะดังนี้ ระยะดิบ ห่าม และสุก อุณหภูมิในการอบแห้งแป้งกล้วยหอมเขียว ได้แก่ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียล พบว่า คุณภาพด้านเคมีกายภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแป้งกล้วยหอมเขียว พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำแป้งกล้วยหอมเขียวคือ กล้วยหอมเขียวระยะห่าม และอุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียล เมื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่แตกต่างกัน ได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 พบว่า ปริมาตรจำเพาะของขนมปังลดลงเมื่อปริมาณแป้งกล้วยหอมเขียวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความหนาแน่นของขนมปังเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งกล้วยหอมเขียวเพิ่มขึ้น ขนมปังที่ใช้ปริมาณแป้งกล้วยหอมเขียวร้อยละ 10-30 ทดแทนแป้งสาลีมีค่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามมีค่าน้อยกว่าขนมปังชุดควบคุมที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 100 จากนั้นนำผลงานวิจัยไปถ่ายทอด โดยการอบรมเชิงปฏิบัติการ ให้แก่เกษตรแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียว อำเภอท่าช้าง จังหวัดสิงห์บุรี เมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2563 ณ สหกรณ์การเกษตรท่าช้าง อำเภอท่าช้าง จังหวัดสิงห์บุรี

ตารางที่ 11 ผลผลิต (Output) ผลลัพธ์ (Outcome) และผลกระทบ (Impact) จากงานวิจัย

ผลงานที่คาดว่าจะได้รับ	**รายละเอียดของผลผลิต**	
	แผนการดำเนินงาน	**ผลการดำเนินงาน**
ข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ	1 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ	ข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยหอมเขียวเปรียบเทียบกับกล้วยสายพันธุ์อื่น
ผลของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว	2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว	ผลของระดับของปัจจัยความสุกและอุณหภูมิการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียว

ผลงานที่คาดว่าจะได้รับ	รายละเอียดของผลผลิต	
	แผนการดำเนินงาน	**ผลการดำเนินงาน**
ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลี การถ่ายทอดผลงานวิจัยและผู้เข้าร่วมอบรมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้	3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลี 4 การถ่ายทอดผลงานวิจัย	ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลี การถ่ายทอดผลงานวิจัยและผู้เข้าร่วมอบรมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการแปรรูปแป้งกล้วยหอมเขียวเพื่อจำหน่ายสร้างรายได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550. เทคโนโลยีแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

กุหลาบ สิทธิสวนจิก และขวัญชัย ศรีรักษา. 2556. การศึกษาเปรียบเทียบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2)(พิเศษ): 213-216.

จิราวรรณ ถูกจิตร์. 2554. การผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นพร้อมดื่มจากน้ำมะเกี๋ยงผสมน้ำหม่อนโดยการระเหยภายใต้สุญญากาศ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ณนนท์ แดงสังวาลย์, น้องนุช ศิริวงศ์ และศิริพร เรียบร้อย. 2554. การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์. 66-73.

นรินทร์ เจริญพันธ์. 2557. แป้งกล้วย. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

นฤมล ลอยแก้ว และชิตสุดา ชัยศักดานุกูล. 2559. การศึกษาสมบัติของแป้งกล้วยหินและกล้วยหักมุก และการใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์บะหมี่สด. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2559 (RSU National Research Conference 2016) วันที่ 29 เมษายน 2559. 468 -476.

ภาสุรี ฤทธิเลิศ และ นัฐพัศ โคตรแปร. 2561. สมบัติของฟลาวร์และสตาร์ชจากเนื้อกล้วยไข่ดิบและการใช้ประโยชน์ในขนมทองม้วน. วารสารเกษตร 34(3): 513 - 524.

มนทกานต์ เบญจพลากร. 2549. สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งและสตาร์ชจากเกาลัดน่าน Sterculiamonosperma Vent. วิทยานิพนต์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. กรุงเทพมหานคร: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศุภิสรา จันทราอภิรักษ์, ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์, จงรักษ์ แก้วประสิทธิ์ และอาทร ลอยสรวงสิน. 2561. ปริมาณสารโดปามีนในกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 และ 25 องศาเซลเซียส. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 3(2); 88-93.

สุชาติ สุขสถิตย์ และผุสดี ตังวัชรินทร์. 2558. องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพ และสมบัติด้านพรีไบโอติกเบื้องต้นของใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยไข่ดิบ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 33(2); 49 - 60.

สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. 2545. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อดิศร จำรูญ พรรณิภา ยั่วยล และบุษรา จ้อยร่อย. 2558. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในกล้วยหินและกล้วยเล็บมือนาง. วารสารพืชศาสตร์สงขนานครินทร์. ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม 38-42.

อริญา ลาภโคกสูง. 2555. ผลของปริมาณอะมิโลสและโครงสร้างอะมิโลเพคติน ในสตาร์ชข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ต่อการเกิดแป้งทนต่อการย่อยของเอนไซม์ชนิดที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อัจฉรา เพ็งภู่ และขวัญดาว แจ่มแจ้ง. 2559. การผลิตแป้งกล้วยต้านอนุมูลอิสระจากกล้วย 4 ชนิด. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3 (ฉบับที่ 2). 410 – 415.

AOAC. 2000. Official methods of analysis of the association of the official analysis chemists. Arlington: Association of Official Analytical Chemists.

Andersen, M.Q. and Markham, R.K. 2006. FlavonoidsChemistry, Biochemistry and Applications. Florida: CRC Press Taylor and Francis Group.

Fatemeh, S.R., Saifullah, R., Abbas, F.M.A. and Azhar, M.E., 2012. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours: influence of variety and stage of ripeness. International Food Research Journal 19: 1041-1046.

Figuerola, F., M.L. Hurtado, A.M. Estevez, I. Chiffelle and F. Asenjo. 2005. Fiber concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fiber sources for food enrichment. Food Chem. 9: 395-401.

Hathorn, C.S., Biswas, M.A., Gichuhi, P.N. and Bovell-Benjamin, A.C. 2008. Comparison of chemical, physical, micro-structural, and microbial properties of breads supplemented with sweet potato flour and high-gluten dough enhancers. LWT. 41: 803-815.

Ignat, I., Volf, I. and Popa, V. I. 2011. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. Food Chemistry, 126, 1821-1835.

Jaiswal, R., Kiprotich, J. and Kuhner, N. 2011. Determination of the hydroxycinnamate profile of 12 members of the Asteraceae family. Phytochemistry, 72(8), 781-790.

Ke, L. and Hwang, S. C. 1988. Postharvest handling of banana in Taiwan. Taipei: Shutter Printing.

Kanazawa, K. and Sakakibara. H. (2000). High content of dopamine, a strong antioxidant, in Cavendish banana. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 844-848.

Khozaei, M., Ghorbani, F., Mardani, G., and Emamzadeh, R. 2014. Catecholamine are active plant-based drug compounds in Pisumsativum, *Phaseolus vulgaris* and Viciafaba species. Journal of Herbmed Pharmacology, 3(1), 61-65.

Larrauri, J.A., P. Ruperez, B. Borroto and F. Saura-Calixto. 1996. Mango peels as a new tropical fiber: preparation and characterization. Lebeensmittel-Wissenschaft and Technologie. 29: 729-733.

Lim, Y. Y., Lim, T. T. and Tee, J. J. 2007. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. Food Chemistry, 103, 1003-1008.

Mahattanatawee, K., Manthey, J. A., Luzio, G., Talcott, S. T., Goodner, K. and Baldwin, E. A. 2006. Total antioxidant activity and fiber content of select florida-grown tropical fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54, 7355-7363.

Sulaiman, S.F., Yusoff, N.A.M., Eldeen, I.M., Seow, E.M., Sajak, A.A.B., Supriatna. and Ooi, K.L., 2011, Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (Musa sp.), Journal of Food Composition and Analysis, 21:1-10.

Parr, A.J. and Bolwell, G.P. 2000. Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80, 985-1012.

Wills, R.B.H. 1984. Changes in chemical composition of “Cavendish” banana (*Musa acuminata*) during ripening. Journal of Food Biochemistry 8: 69 – 77

Wu, L.-C., Hsu, H.-W., Chen, Y.-C., Chiu, C.-C., Lin, Y.-I. and Ho, J.-A.A. 2006. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. Food Chemistry, 95, 319-327.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก - การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ

การสกัดตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ

การสกัดตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระดังนี้ สกัดด้วยวิธี cold extraction ด้วยตัวทำละลายอะซีโตน (ดัดแปลงจาก Wu *et al.*, 2006; Mahattanatawee *et al.*, 2006) ดังนี้ ชั่งตัวอย่าง 20 กรัม (น้ำหนักเปียก) เติมอะซิโตนความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 80 มิลลิลิตร บดผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาทีแล้วนำมากรองสุญญากาศ โดยใช้กระดาษกรอง Whatmanเบอร์ 1 นำสารที่สกัดได้ใส่ขวดสีชาเก็บในที่มืดและเย็นเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระต่อไป

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ตามวิธีของ Folin-ciocalteu colorimetric assays)Lim *et al.*, 2007)

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ได้จากตัวอย่าง ในการทดสอบจะใช้ Folin-Ciocalteu's phenol reagent ซึ่งเป็นสารละลายที่มีสีเหลือง เมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระ (ที่มีอยู่ในสารสกัดจากตัวอย่าง) ลงไป สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงหรือน้ำเงิน ซึ่งติดตามการเกิดปฏิกิริยาที่ความยาวคลื่น 765 nm

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

1. ผสมสารสกัดจากตัวอย่างปริมาตร 0.3 ml กับ Folin-Ciocalteu's phenol reagent (ที่เจือจางแล้ว 10 เท่า ด้วย distilled water) ปริมาตร 1.5 ml
2. เติมสารละลาย 7.5% โซเดียมคาร์บอเนต ($NaCO_3$) ปริมาตร 1.2 ml
3. เขย่าให้สารผสมกัน
4. จากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสีที่เปลี่ยนแปลงที่ความยาวคลื่น 765 nm

การสร้างกราฟมาตรฐานของ Gallic acid

1. ปิเปต gallic acid จาก 100 µg/ml stock solution มาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ที่ให้ความเข้มข้นเป็น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 µg/ml ตามลำดับ
2. ทำการวิเคราะห์เหมือนกับสารสกัดจากตัวอย่าง แต่ใช้สารละลาย Gallic acid แทนสารสกัดจากตัวอย่าง
3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงแล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานของ Gallic acid โดยให้แกน x เป็นค่าความเข้มข้นของ Gallic acid และแกน y เป็นค่าการดูดกลืนแสง

4. วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกโดยนำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างมาเทียบกับกราฟมาตรฐานซึ่งค่าของตัวอย่างที่ได้จะแสดงเป็น mg Gallic acid equivalent (GAE)/ 100 g ของตัวอย่าง

กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ โดยการวิเคราะห์ความสามารถในการจับสารอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (ดัดแปลงจาก Wu et al., 2006)

เมื่อพิจารณาถึงความสามรถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH assay ซึ่งจะติดตามการเกิดปฏิกิริยาโดยวัดสีม่วงของ DPPH radical ที่ลดลงเมื่อเติมสารสกัด ซึ่ง DPPH เป็นสารประกอบของอนุมูลอิสระที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ การคงตัวหรือเสถียรของอนุมูล DPPH นี้คือมันมีลักษณะที่สามารถให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm ได้ โดยสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) จะให้โปรตอนกับอนุมูล DPPH แล้วทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm ลดลง ซึ่งจะประเมินผลของการต้านจากสีของ DPPH ที่ลดลง

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging activity)

1. เตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.6 mM ใน 80% Ethanol
2. ปิเปตสารสกัดจากตัวอย่าง 1 ml
3. เติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 4 ml และผสมให้เข้ากัน
4. เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที เขย่าทุก ๆ 10 นาที
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 nm
6. เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Gallic acid

การสร้างกราฟมาตรฐานของ Gallic acid

1. ปิเปต gallic acid จาก 100 µg/ml stock solution มาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ที่ให้ความเข้มข้นเป็น 0, 20, 40, 60 และ 80 µg/ml ตามลำดับ
2. ทำการวิเคราะห์เหมือนกับสารสกัดจากตัวอย่าง แต่ใช้สารละลาย Gallic acid แทนสารสกัดจากตัวอย่าง
3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงแล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานของ Gallic acid โดยให้แกน x เป็นค่าความเข้มข้นของ Gallic acid และแกน y เป็นค่าการดูดกลืนแสง
4. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการต้านอนุมูลอิสระโดยนำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างมาเทียบกับกราฟมาตรฐานซึ่งค่าของตัวอย่างที่ได้จะแสดงเป็น mg Gallic acid equivalent (GAE)/ 100 g ของตัวอย่าง

ภาคผนวก ข – แบบสรุปคุณลักษณะและการใช้ประโยชน์จากการวิจัย

ชื่อโครงการ ผลของระดับความสุกและสภาวะการทำแห้งต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียวและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งกล้วยหอมเขียว

คณะผู้วิจัย หัวหน้าโครงการ ผศ.ดร. วิจิตรา เหลียวตระกูล
ผู้ร่วมโครงการ ดร.วชิรญา เหลียวตระกูล และอาจารย์วรรภา วงศ์แสงธรรม

หน่วยงานที่สังกัด สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ประเภทของงบประมาณ
- ○ งบประมาณผลประโยชน์
- ○ งบประมาณแผ่นดิน
- ✓ งบอื่น ๆ ระบุ.....กองทุนส่งเสริมงานวิจัย.....

ปีที่รับการสนับสนุนงบประมาณ 2563 จำนวนเงิน 83,000 บาท
ระยะเวลาดำเนินการวิจัยเริ่มเดือนตุลาคม พ.ศ.2562 สิ้นสุดเดือนกันยายน พ.ศ.2563

คุณลักษณะและประโยชน์ที่ได้รับ :

องค์ความรู้สมบัติคุณค่าทางโภชนาการและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และการทำแป้งกล้วยหอมเขียว รวมทั้งแนวโน้มในการใช้ประโยชน์ของแป้งกล้วยหอมเขียวในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยการทดแทนแป้งสาลีในการทำขนมปัง อาจขยายผลการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ต่อไป ผลที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ ได้แก่ แป้งกล้วยหอมเขียวที่กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวสามารถใช้ประโยชน์ในการต่อยอดเชิงพานิชย์ได้ และด้านวิชาการ คือ ผลงานวิจัยที่ได้จะตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย : กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวจังหวัดสิงห์บุรี ผู้ประกอบการ และผู้สนใจ

หากได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ ท่านนำไปใช้ประโยชน์ในด้านใด

- ✓ ด้านวิชาการ : ต้นฉบับอยู่ระหว่างการเขียนเพื่อขอพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ
- ✓ ด้านบริการวิชาการและสังคม : การอบรมเชิงปฏิบัติการเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2563 ณ สหกรณ์การเกษตรท่าช้าง อำเภอท่าช้าง จังหวัดสิงห์บุรี จำนวนผู้เข้าร่วมอบรม 35 คน เรื่อง

การแปรรูปแป้งกล้วยหอมเขียวและการใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร และผู้เข้าร่วมอบรมสามารถแปรรูปแป้งกล้วยหอมเขียวเพื่อจำหน่ายสร้างรายได้

✓ ด้านการเรียนการสอน : ในการเรียนการสอนในรายวิชาปัญหาพิเศษ

☐ ใช้ในการอุตสาหกรรม

☐ ใช้ในการพัฒนาประเทศ

ภาคผนวก ค - หนังสือรับรองการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

หนังสือรับรองการนำงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไปใช้ประโยชน์ จากหน่วยงานภายนอก

ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว) วิรมณา แสงพลรัตน์

ตำแหน่ง (ระดับผู้บริหาร ขององค์กร/หน่วยงาน) ผู้จัดการ

ชื่อหน่วยงาน สหกรณ์การเกษตรท่าข้าว จำกัด

สถานที่ตั้ง 44/4 ม.1 ต.ท่าข้าว อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท 17140

โทรศัพท์ 089 803 9646 โทรสาร อีเมล์

ขอรับรองว่าได้นำผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไปใช้ประโยชน์ เรื่อง กระบวนการแปรรูปแป้งกล้วยหอมเขียวและการประยุกต์ใช้แป้งกล้วยหอมเขียวในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ซึ่งเป็นผลงานของ ผศ.ดร.วิจิตรา เหลียวตระกูล ดร.วชิรญา เหลียวตระกูล และอาจารย์วรรภา วงศ์แสงธรรม สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะ เทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ มาใช้ประโยชน์ในองค์กร/หน่วยงาน/กลุ่มของข้าพเจ้า โดยใช้ในระหว่างวันที่ เดือนกันยายน 63 ถึงวันที่ ก่อให้เกิดผลดีในด้าน ☑ การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ โดยเกษตรกรแปลงใหญ่กล้วยหอมเขียวคาเวนดิช อำเภอท่าข้าว จังหวัดสิงห์บุรี สามารถนำกล้วยหอมเขียวมาแปรรูปเป็นแป้งกล้วยหอมเขียว และนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลผลิตของกลุ่ม และสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน

ข้าพเจ้าขอลงนามในหนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นหลักฐานการนำงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไปใช้ประโยชน์ ของคณะ เทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ลงลายมือชื่อ .....

(วิรมณา แสงพลรัตน์)

ตำแหน่ง ผู้จัดการ

วันที่ 12 / 09 / 63