ผลของใยอาหารจากแกนสับปะรดต่อคุณภาพของขนมข้าวตู

Effect of Pineapple Core Fiber on The Quality of Khoo-Tu Dessert

อภิญญา มานะโรจน์

ปรัศนีย์ ทับใบแย้ม

ชานนท์ ตันประวัติ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2563

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ผลของใยอาหารจากแกนสับปะรดต่อคุณภาพของขนมข้าวตู

Effect of Pineapple Core Fiber on The Quality of Khoo-Tu Dessert

อภิญญา มานะโรจน์

ปรัศนีย์ ทับใบแย้ม

ชานนท์ ตันประวัติ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2563

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อโครงการวิจัย ผลของใยอาหารจากแกนสับปะรดต่อคุณภาพของขนมข้าวตู
โดย อภิญญา มานะโรจน์ ปรัศนีย์ ทับใบแย้ม และชานนท์ ตันประวัติ
สาขาวิชา อาหารและโภชนาการ
คณะ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีงบประมาณ 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานของข้าวตู และศึกษาปริมาณแกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู ผลการทดลองพบว่า การทดสอบสูตรพื้นฐานข้าวตู โดยทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบชิมในระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 50 คน ด้วยวิธีให้คะแนนแบบ 9 - point hedonic scale พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อข้าวตูในระดับปานกลาง (7) จากนั้นทำการทดแทนมะพร้าวด้วยแกนสับปะรดที่ปริมาณร้อยละ0 25 50 75 และ 100 ของน้ำหนักมะพร้าว พบว่า ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 75 ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุด ($p>0.05$)

ข้าวตูพื้นฐานมีค่า pH 6.24 ข้าวตูแกนสับปะรด 5.94 ($p>0.05$) ค่า Water Activity (a_w) ของข้าวูสูตรพื้นฐาน 0.85 และข้าวตูแกนสับปะรด 0.90 ($p>0.05$) ค่าสีของข้าวตูแกนสับปะรดมีค่า L* (ค่าความสว่าง) (37.31) b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) (9.45) มากกว่าข้าวตูสูตรพื้นฐาน ($p>0.05$)

คุณค่าทางโภชนาการของข้าวตูแกนสับปะรดพบว่ามีพลังงานทั้งหมด 316 กิโลแคลอรี่ โปรตีนร้อยละ 2.71 ไขมันร้อยละ 8.86 เถ้าร้อยละ 0.52 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 56.3 กากใยอาหารร้อยละ 3.99 ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ร้อยละ3.60 และใยอาหารชนิดละลายน้ำร้อยละ 0.39 พบว่าให้คุณค่าทางโภชนาการต่ำกว่าข้าวตูสูตรพื้นฐาน

คุณภาพทางจุลชีววิทยาของข้าวตูและข้าวตูแกนสับปะรด พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อรา และ บาซิลลัส ซีเรียส พบน้อยกว่า 10 โคโลนี/ตัวอย่าง 1 กรัม และสแตฟิโลค็อคคัส ออเรียส ไม่พบในทั้ง 2 ตัวอย่าง

อายุการเก็บรักษาข้าวตู (อุณหภูมิห้อง) พบว่าข้าวตูสูตรพื้นฐานมีอายุการเก็บ 12 วัน และข้าวตูแกนสับปะรด มีอายุการเก็บ 6 วัน ที่ (อุณหภูมิแช่เย็น 4 องศาเซลเซียส) พบว่าข้าวตูสูตรพื้นฐานและข้าวตูแกนสับปะรดมีอายุการเก็บที่ 25 วันโดยจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 1×10^4 โคโลนี/ตัวอย่าง 1 กรัม เชื้อรา น้อยกว่า 100 โคโลนี/ตัวอย่าง 1 กรัม และตรวจพบตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อราเกินกว่ามาตรฐานกำหนดในวันที่ 28

คำสำคัญ: ข้าวตู, แกนสับปะรด

Research Title Effect of pineapple core fiber on the quality of Khoo-Tu dessert
Autho Apinya Manarote Prassanee Tubbiyam and Chanon Tunprawat
Department Food and Nutrition
Faculty Home Economics Technology
Academic year 2020

ABSTRACT

These research objectives are to study the basic formulas of Khoo-Tu dessert (dried rice balls made from rice and coconut) and to study the volume of pineapple cores instead of coconut in Khoo-Tu. The test of Khoo-Tu dessert basic formulas by 9 - point hedonic scale method of 50 examiner laboratory the results show acceptance rated on a moderate scale (7). After that substituting coconut with pineapple core, the amount of 0, 25, 50, 75, and 100 of the weight coconuts. It was found that at 75% of the substitution level, the tasters evaluated the greatest acceptance ($p > 0.05$).

The basic formulas had a pH of 6.24, the Pineapple core formulas 5.94 ($p > 0.05$). Water Activity (aw) of Khoo-Tu, the basic formula was 0.85 and the pineapple core formula was 0.90 ($p > 0.05$). The color value of the pineapple core Khoo-Tu was L * (brightness value) (37.31) b * (yellowness value) (9.45) rather than the basic formula Khoo-Tu ($p > 0.05$).

The nutritional value of the pineapple core Khoo-Tu was 316 Kcals, protein 2.71 %, fat 8.86 %, ash 0.52 %, carbohydrates 56.3 %, dietary fiber 3.99 %, insoluble fiber 3.60 %, and 0.39% of water-soluble dietary fiber that was found in the pineapple core Khoo-Tu to provide lower nutritional value than basic formula Khoo-Tu. The microbiological quality of basic formula and pineapple core formula was found that the total variable count, fungi and *bacillus serous* were less than 10 colonies / 1 g sample, and *staphylococcus aurias* were not found in both samples.

The shelf life of rice (Room temperature) found that the basic recipe was 12 days and the pineapple core recipe It has a shelf life of 6 days. At chilled temperature (4 degrees Celsius), it was found that the basic formula and pineapple core formula had a shelf life of 25 days with all microorganisms less than 1 x 104 colonies/sample, 1 gram, fungus less than 100 colonies /1 gram sample, and All microorganisms and fungi exceeded the standard on the 28th day.

Keywords: Khoo-Tu dessert, pineapple core

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และคณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ซึ่งให้โอกาส และอนุมัติโครงการวิจัยนี้

ผู้วิจัยรู้สึกสำนึกในพระคุณของท่านคณาจารย์ทั้งในอดีต และปัจจุบันที่ได้ถ่ายทอดความรู้และเป็นแบบอย่างในการทำงานให้กับผู้วิจัย

ยิ่งไปกว่านั้น ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้บังคับบัญชา เพื่อน พี่ น้องคณาจารย์ ที่ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ และอีกทั้งหลายท่านที่มิอาจเอ่ยนามได้ครบถ้วน ณ ที่นี้ ที่สละเวลาให้ความร่วมมือ และข้อมูลเพื่องานวิจัยเป็นอย่างดี

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่ถูกอ้างนามถึงในการวิจัยครั้งนี่ทุกท่าน และที่ขาดเสียมิได้คือผู้ที่คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนอยู่เบื้องหลังคนสำคัญได้แก่ ผู้ที่เป็นบิดา มารดาของคณะผู้วิจัย

ด้วยความสนับสนุนของท่านทั้งหลาย ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณด้วยความสำนึกยิ่ง

คณะผู้วิจัย

2563

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(6)
สารบัญภาพ	(7)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการทดลอง	18
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์	18
3.2 วิธีการทดลอง	19
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์	28
4.1 ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานข้าวตู	28
4.2 ผลการศึกษาปริมาณแกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู	29
4.3 ผลการศึกษาอายุการเก็บข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผล	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	40
ภาคผนวก ก สูตรข้าวตู และสูตรการใช้สับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู	41
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	46
ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพ	49

สารบัญ

		หน้า
ภาคผนวก ง	ขั้นตอนการสร้างต้นแบบบรรจุภัณฑ์	59
ภาคผนวก จ	ภาพผลงานพิมพ์ขนมข้าวตูแกนสับปะรด ภาพผลงานบรรจุภัณฑ์	63
ภาคผนวก ฉ	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้าวตู มผช.711/2559	70
ประวัติคณะผู้วิจัย		75

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางอาหารของสับปะรดต่อน้ำหนัก 100 กรัม	6
3.1	รายการทดสอบและวิธีที่ใช้ทดสอบองค์ประกอบทางเคมี	20
3.2	รายการทดสอบทางกายภาพ	25
3.3	รายการทดสอบและวิธีที่ใช้ทดสอบองค์ประกอบทางจุลชีววิทยา	25
3.4	ลักษณะของข้อมูลการศึกษาขนมข้าวตูโดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแผนการทดลองแบบ RCBD	26
4.1	สูตรพื้นฐานขนมข้าวตูจำนวน 3 สูตร	28
4.2	ค่าเฉลี่ยและค่าความแตกต่างคุณภาพทางประสาทสัมผัสข้าวตูสูตรพื้นฐาน	29
4.3	ปริมาณการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูจำนวน 5 ระดับ	30
4.4	ค่าเฉลี่ยและค่าความแตกต่างคุณภาพทางประสาทสัมผัสของการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู	30
4.5	คุณภาพทางเคมีของข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู	31
4.6	คุณภาพทางกายภาพของข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู	31
4.7	ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู	32
4.8	คุณภาพทางจุลินทรีย์ของข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าว	33
4.9	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ในข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	34
4.10	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ในข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น (ตู้เย็น 4±1 °C)	34

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างสับปะรด	4
2.2 ลักษณะทรงพุ่มของต้น ช่อดอกและผลสับปะรด	5
2.3 กรอบแนวคิดในการออกแบบบรรจุภัณฑ์	16

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 คุณค่าทางอาหารของสับปะรดต่อน้ำหนัก 100 กรัม 6
3.1 รายการทดสอบและวิธีที่ใช้ทดสอบองค์ประกอบทางเคมี 20
3.2 รายการทดสอบทางกายภาพ 25
3.3 รายการทดสอบและวิธีที่ใช้ทดสอบองค์ประกอบทางจุลชีววิทยา 25
3.4 ลักษณะของข้อมูลการศึกษาขนมข้าวตูโดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแผนการทดลองแบบ RCBD 26
4.1 สูตรพื้นฐานขนมข้าวตูจำนวน 3 สูตร 28
4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าความแตกต่างคุณภาพทางประสาทสัมผัสข้าวตูสูตรพื้นฐาน 29
4.3 ปริมาณการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูจำนวน 5 ระดับ 30
4.4 ค่าเฉลี่ยและค่าความแตกต่างคุณภาพทางประสาทสัมผัสของการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู 30
4.5 คุณภาพทางเคมีของข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู 31
4.6 คุณภาพทางกายภาพของข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู 31
4.7 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู 32
4.8 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าว 33
4.9 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ในข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 34
4.10 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ในข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น (ตู้เย็น 4±1 °C) 34

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างสับปะรด 4
2.2 ลักษณะทรงพุ่มของต้น ช่อดอกและผลสับปะรด 5
2.3 กรอบแนวคิดในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ 16

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวตูเป็นขนมไทยที่มีเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมที่แสดงให้เห็นถึงความละเอียดอ่อนและปราณีตในการปรุง มีการเลือกสรรวัตถุดิบ ขั้นตอนการทำ รสชาติ และกลิ่นหอมเฉพาะตัวที่ผู้บริโภคประทับใจ แต่ในปัจจุบันพฤติกรรมการบริโภคขนมไทยเปลี่ยนแปลงไปมาก จากการที่รับวัฒนธรรมของชาวตะวันตกเข้ามา ประกอบกับรูปลักษณ์ และรสชาติที่หวานจัดเพื่อให้อายุการเก็บรักษานานทำให้ความนิยมในการบริโภคมีน้อยกว่าขนมเบเกอรี่และขนมขบเคี้ยวจากต่างประเทศ

ข้าวตูเป็นขนมโบราณ เกิดจากภูมิปัญญาชาวบ้าน ที่นำข้าวสุกซึ่งเหลือจากการบริโภคมาใช้ประโยชน์หรือมาสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยการตากแห้ง แล้วคั่วให้เหลืองกรอบ และบดป่นให้ละเอียด ก่อนร่อนแยกด้วยตะแกรงให้ได้แป้งข้าวคั่วจากนั้นใช้น้ำตาลมะพร้าวหรือน้ำตาลปึกกับน้ำมาเคี่ยวในกระทะทองจนเหนียวดี ใส่มะพร้าว (ทึนทึก) ขูดเส้นหรือขูดหยาบคนให้เข้าเนื้อทั่วกันและพักไว้ให้เย็นแล้วจึงใส่แป้งข้าวคั่วที่เตรียมไว้ลงผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำส่วนผสมอัดลงใส่พิมพ์ กดให้คงตัวและเคาะออกจากพิมพ์ ได้ชิ้นข้าวตูรูปทรงตามพิมพ์ที่ใช้ ในขั้นสุดท้ายนำมาเรียงใส่ในภาชนะที่ปิดฝาสนิทเพื่ออบควันเทียนให้ได้กลิ่นหอม ขนมข้าวตูที่ได้สามารถเก็บไว้ได้ระยะเวลาหนึ่ง โดยรับประทานเป็นอาหารว่าง มีเนื้อสัมผัสที่เหนียวหนึบและกรุบ ๆ เวลาเคี้ยว มีรสชาติหอม หวาน มัน เฉพาะตัวของมะพร้าวและควันเทียน

แกนสับปะรดเป็นผลิตผลพลอยที่หาใช้ได้ง่ายและที่สารชีวภาพที่มีประโยชน์อยู่ เช่น ใยอาหารและเซลลูโลสมากถึง 99.8 และ 95.2% ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ (ธีรนันท์,2541) ซึ่ง Ferreira และคณะ (2016) ได้ศึกษาพบว่าสับปะรดมีสารประกอบฟินอลลิกอยู่ 71.07-126.95 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อ100กรัมและมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ 9.92-21.75%การยับยั้ง

ดังนั้นการปรับปรุงรสชาติของข้าวตูให้มีความหวานน้อยลงโดยนำเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดมาทดแทนมะพร้าวขูดเส้นและน้ำตาลมะพร้าวบางส่วนอาจช่วยให้การเหม็นหืนของน้ำมันมะพร้าวน้อยลงและขนมมีรสชาติกลมกล่อม จะเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคหันกลับมารับประทานขนมไทยเพิ่มมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานขนมข้าวตู

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของเส้ยใยอาหารจากแกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดต่ออายุการเก็บรักษาของขนมข้าวตู

1.2.4 เพื่อศึกษาออกแบบบรรจุภัณฑ์ขนมข้าวตูเสริมใยอาหารจากแกนสับปะรด

1.3 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย ความสนใจและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสังคมและประเทศชาติ

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

บทที่ 2

ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ข้าวตู

ขาวตู หมายถึง ขนมที่ไดจากการนำน้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลโตนด หรือน้ำตาลทรายอยางใดอยางหนึ่ง หรือผสมกัน อาจเติมกลูโคสซีรัป (แบะแซ) และน้ำมาเคี่ยวใหขนแลวเติมมะพราวขูดขาวสุกตากแห้ง หรือขาวสารที่คั่วและบดละเอียดแลว อาจเติมกะทิ เมล็ดพืชบด เชน ทานตะวัน ถั่วเขียว งา กวนให เหนียว แลวปนเปนกอน อัดใสพิมพหรือตัดเปนชิ้น อาจอบเทียนดวยก็ไดแลวบรรจุในภาชนะบรรจ (มผช 711/2559)

2.1.2 สับปะรด (Pineapple)

สับปะรด เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่ทนต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้ดีสับปะรดมีชื่อสามัญว่า pineapple จัดอยู่ในวงศ์ (family) Bromeliaceae หรือเรียกว่า bromeliad family สับปะรดจัดอยู่ในสกุล *Ananas* และที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันจัดเป็นชนิด (species) *comosus* พืชในวงศ์นี้เป็นพืชเขตร้อนที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา ลักษณะส่วนใหญ่เป็นไม้พุ่มเนื้ออ่อน (herbaceous) มักจะถูกจัดเป็นพวกที่อาศัยรากอากาศหายใจได้มีการเจริญเติบโตโดยไม่อาศัยดิน (epithytic)ปลูกบนดินได้ (terrestrial) พืชในวงศ์นี้หลายชนิดปลูกเอาเส้นใย บางชนิดก็ปลูกเพื่อเป็นไม้ประดับ

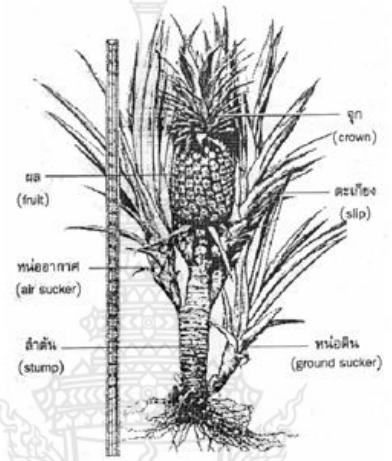
สับปะรดเป็นพืชที่จัดเป็นไม้ที่เจริญเติบโตแบบมีรากบนดิน (terrestrials) แต่ยังมีลักษณะพิเศษของพวกไม้อากาศ (epiphytic) อยู่บ้าง เช่นเก็บน้ำไว้ในซอกใบได้ ในกลุ่มของสกุล *Ananas* มีบางชนิดใช้เป็นสับปะรดประดับเพราะลำต้นแคระ ใบมีสีสรร และผลมีขนาดเล็ก ก้านผลยาว เช่น *A. bracteatus* หรือ *A. nanus* สับปะรดพบได้ทั่วไปในเขตร้อน (troical) และเขตกึ่งร้อน (subtropical) และกลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญตัวหนึ่งในตลาดโลก

ในอดีตรัฐฮาวายของสหรัฐอเมริกาเป็นแหล่งผลิตรายใหญ่ แต่ต่อมาแหล่งผลิตได้ย้ายไปอยู่ในแถบอเมริกากลางและเอเชียเนื่องจากค่าแรงงานที่ถูกกว่าปัจจุบันแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ในทวีปเอเชีย ได้แก่ ไทย ฟิลิปปินส์ และ อินเดีย อเมริกากลางได้แก่ คอสตาริกา และอเมริกาใต้ได้แก่ บราซิล ส่วนแหล่งผลิตที่สำคัญในไทยอยู่ที่จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ชลบุรี ระยอง ลำปาง ราชบุรี และกาญจนบุรี

2.1.2.1 องค์ประกอบของสับปะรด

รูปลักษณะ ไม้ล้มลุกอายุหลายปี สูง 90-100 ซม. มีลำต้นอยู่ใต้ดิน ใบเดี่ยว เรียงสลับ ซ้อนกันถี่มากรอบต้น กว้าง 6.5 ซม. ยาวได้ถึง 1 เมตร ไม่มีก้านใบ ดอกช่อออกจากกลาง

ต้น มีดอกย่อยจำนวนมาก ผลเป็นผลรวมรูปทรงกระบอก มีใบเป็นกระจุกที่ปลาย สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไปโดยตาที่ลำต้นจะเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก และสามารถดัดแปลงเป็นไม้ประดับได้อีกด้วย ช่วงเก็บเกี่ยวในฤดู ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน - มกราคม และกลางเดือนเมษายน - กรกฎาคม สับปะรดจะให้ผลผลิตมาก ในตลาดมีราคาถูก และช่วงเก็บเกี่ยวนอกฤดู ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ - ต้นเดือนเมษายน และเดือนสิงหาคม - ตุลาคม สับปะรดจะให้ผลผลิตน้อย ราคาแพง



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างสับปะรด

ที่มา: สุขภาพไทย (2556)

2.1.2.2 พันธุ์สับปะรด

พันธุ์สับปะรดในต่างประเทศ แหล่งผลิตที่สำคัญคือที่รัฐฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีพันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อส่งโรงงานแปรรูปได้แก่พันธุ์ Smooth Cayenne ส่วนพันธุ์ที่ปลูกเพื่อรับประทานสดมีหลายพันธุ์ซึ่งขึ้นอยู่กับบริษัทแม่ที่ทำการผลิตเช่น พันธุ์ ‘Hawaii Gold’ ของ Maui Land ที่ปลูกที่ฮาวาย สำหรับพันธุ์สับปะรดในประเทศ จะนิยมปลูกกันอยู่ 6 สายพันธุ์ด้วยกัน ได้แก่

1) พันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth Cayenne) เป็นสับปะรดอยู่ในกลุ่ม Cayenne รู้จักกันดีในนามของสับปะรดศรีราชา สับปะรดปราณบุรี สับปะรดกัลกัตตา หรือสับปะรดสามร้อยยอด เป็นพันธุ์ที่ปลูกกันมากเพื่อส่งโรงงานสับปะรดกระป๋อง มีลักษณะทรงต้นใหญ่ มีใบสีเขียวเข้ม ผิวใบด้านบนเป็นมันขอบใบเรียบ กลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ปลายใบมีหนามเล็กน้อย มีจำนวนดอกย่อยประมาณ 150 ดอก มีผลเป็นรูปทรงกระบอกและมีขนาดที่ไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไป ขนาดผลจะอยู่ที่ 1-2.5 กิโลกรัม ถ้าใหญ่เกินไปมักจะมีโคนใหญ่ปลายเรียว เปลือกผลมีสีเขียวแก่ปนดำและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มเมื่อแก่จัด ลักษณะของตาจะตื้น เนื้อในผลเป็นสีเหลืองอ่อนหรือเหลืองเข้ม ในฤดูร้อน ทนต่อความแห้งแล้งและขาดน้ำได้ดี แต่ไม่ค่อยทนต่อโรครากเน่า และโรคเนื้อแกน ไม่ตอบสนองต่อสารเคมีที่ใช้เร่งดอกเท่ากับพันธุ์อื่น เนื้อสับปะรดมักมีสีซีดและเป็นกรดในฤดูหนาว นิยมปลูกกันมากที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี เพชรบุรี และลำปาง นอกจากนี้ยังนิยมปลูกเพื่อรับประทานสด

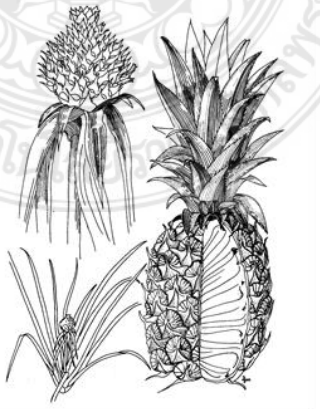
2) พันธุ์อินทรชิต หรืออินทรชิตแดง (Singapore Spanish) อยู่ในกลุ่ม Spanish เป็นพันธุ์พื้นเมืองเก่าแก่ของไทย มีลักษณะทรงต้นใหญ่ไล่เลี่ยกับพันธุ์ปัตตาเวีย แต่ใบมีสีเขียวอ่อนลักษณะด้านไม่เป็นมันมีหนามแหลมคม ใบแผ่ออกไม่เป็นร่อง ขอบใบทั้ง 2 มีสีแดงอมน้ำตาล ผลเล็กกว่าปัตตาเวีย ผลย่อยนูนตาลึก เนื้อเป็นสีเหลืองทอง ทนต่อสภาพดินเหนียวระบายน้ำไม่ดีแต่ไม่ทนต่อสภาพการขาดน้ำ รสหวานอ่อนและมีเส้นใยมาก มักมีตะเกียงบนผล 2-7 หน่อ ทนต่อการขนส่ง นิยมปลูกมากที่อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา

3) พันธุ์ขาว (Selangor Green, Green Spanish) อยู่ในกลุ่ม Spanish ทรงพุ่มเล็กเตี้ย ใบแคบและสั้นกว่าอินทรชิต ขอบใบเต็มไปด้วยหนามที่โค้งงอเข้าสู่ปลายใบ มีสีเขียวอมเหลืองหรือเขียวใบไม้ เนื้อสีเหลืองทองรสหวานอ่อน คุณภาพเนื้อไม่ดีนัก ผลมักมีหลายจุก เข้าใจว่ากลายพันธุ์มาจากอินทรชิต นิยมปลูกร่วมกับอินทรชิตที่จังหวัดฉะเชิงเทรา

4) พันธุ์ภูเก็ตหรือสวี (Mauritius Pine, Ceylon, Malecca Queen) อยู่ในกลุ่ม Queen ทรงพุ่มเล็กกว่าปัตตาเวีย ใบแคบและยาวกว่าพันธุ์ขาวและอินทรชิต ใบสีเขียวอ่อนและมีแถบสีแดงตอนกลางใบ ขอบใบเต็มไปด้วยหนามสีแดง ผลมีขนาดเล็กกว่าทุกพันธุ์ ผลย่อยนูน ตาลึก เนื้อสีเหลือง หวานกรอบมีกลิ่นหอม ให้รับประทานผลสด ปลูกกันมากในจังหวัดภูเก็ตและจังหวัดชุมพร โดยปลูกระหว่างแถวของยางพาราที่ยังมีอายุน้อย

5) พันธุ์ภูแล อยู่ในกลุ่ม Queen เช่นเดียวกับพันธุ์ภูเก็ต มีลักษณะทรงต้นและใบคล้ายพันธุ์ภูเก็ตมาก แต่ผลมีขนาดเล็กกว่ามาก โดยมีขนาดผลประมาณ 100-500 กรัม เชื่อว่าเป็นพันธุ์ที่กลายมาจากพันธุ์ภูเก็ต โดยมีการนำมาปลูกในภาคเหนือโดยเฉพาะที่จังหวัดเชียงราย เนื้อเป็นสีเหลืองเข้มกรอบและมีรสหวาน มักจะทานได้ทั้งแกนกลาง ปลูกกันมากที่จังหวัดเชียงราย

6) พันธุ์นางแลหรือสายน้ำผึ้ง เป็นพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่ม Cayenne เช่นเดียวกันพันธุ์ปัตตาเวีย มีลักษณะทรงพุ่ม ใบ ดอกและผลคล้ายกับปัตตาเวียแต่ผลมีขนาดเล็กกว่าและค่อนข้างเป็นทรงกลม จำนวนผลย่อยน้อยกว่าตาห่างนูนกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย เปลือกบาง หวานจัดและมีเส้นใยน้อยกว่าปัตตาเวีย เนื้อมีสีเหลืองเข้มแม้จะปลูกในฤดูหนาวและตอบสนองต่อสารเร่งดอกดีกว่าปัตตาเวีย ปลูกกันมากที่ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย



ภาพที่ 2.2 ลักษณะทรงพุ่มของต้น ช่อดอกและผลสับปะรด

ที่มา : Nakasone and Paull (1998)

2.1.2.3 คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรดสับปะรดเป็นพืชที่เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตสูง มีสารอาหารวิตามินและแร่ธาตุ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของสับปะรดต่อน้ำหนัก 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	สับปะรด	หน่วย
พลังงาน	50	กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	13.12	กรัม
น้ำตาล	9.85	กรัม
เส้นใยอาหาร	1.4	กรัม
ไขมัน	0.2	กรัม
โปรตีน	0.54	กรัม
วิตามิน B1	0.079	มิลลิกรัม
วิตามิน B2	0.032	มิลลิกรัม
วิตามิน B3	0.5	มิลลิกรัม
วิตามิน B5	0.213	มิลลิกรัม
วิตามิน B6	0.112	มิลลิกรัม
วิตามิน B9	18	ไมโครกรัม
วิตามิน C	47.8	มิลลิกรัม
โคลีน	5.5	มิลลิกรัม
แคลเซียม	13	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.29	มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	12	มิลลิกรัม
แมงกานีส	0.927	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	8	มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	109	มิลลิกรัม
โซเดียม	1	มิลลิกรัม
สังกะสี	0.12	มิลลิกรัม

ที่มา: ดัดแปลงจาก USDA (2016)

อุตสาหกรรมสับปะรดเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทย มาตั้งแต่ช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมชาติฉบับแรกๆ และเป็นรากฐานของอุตสาหกรรมอาหารของไทยจนถึงปัจจุบัน สร้างรายได้ให้กับประเทศประมาณ 25,000 ล้านบาท ประกอบด้วยการผลิตสับปะรด อุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรด และอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่ใช้ผลิตภัณฑ์จากการแปรรูป ผลผลิตหลักคือ น้ำสับปะรด

เข้มข้น และสับปะรดกระป๋อง สับปะรดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งการใช้ประโยชน์สับปะรดสดภายในประเทศนั้นมีตั้งแต่การแปรรูปเบื้องต้นในระดับเกษตรกรในระดับเกษตรกร จนกระทั่งใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ทั้งสินค้าอุปโภคและบริโภค

2.1.2.4 การใช้ประโยชน์จากสับปะรด

1) การบริโภคอาหารโดยตรง และแปรรูป ผลสับปะรดจะเป็นส่วนที่มีเนื้อและน้ำ มีประโยชน์มากมาย ปกตินิยมรับประทานจะเป็นสับปะรดสด รวมไปถึงมาแปรรูปเป็น สับปะรดกวน ,สับปะรดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง,แยมสับปะรด, สับปะรดอบแห้ง หรือจะคั้นเป็นเครื่องดื่มน้ำสับปะรด และน้ำส้มสายชู เป็นต้น

2) ใบสับปะรด เป็นเศษวัสดุที่มีมูลค่าเพราะเส้นใยที่เหนียวนั้น สามารถนำมาแปรรูปเป็นผ้าใยสับปะรด ทั้งยังนำมาประยุกต์ใช้ทำเป็นกระดาษใบสับปะรด หรือเชือก เป็นต้น

3) เปลือกสับปะรด ตรงส่วนตาของสับปะรดนั้น อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่า จึงนิยมนำมาแปรรูปเป็นอาหารของโค หรือจะอบแห้งเผื่อนำมาเป็นส่วนผสมหลักๆของอาหารสัตว์อื่นๆ ทั้งยังนำมาทำเป็นน้ำหมัก ปุ๋ยชีวภาพ เป็นต้น

4) แกนสับปะรด บางสายพันธุ์ที่มีแกนกลางใหญ่ๆ จะนิยมนำมาแปรรูปเป็นแกนสับปะรดอบแห้ง และแกนสับปะรดหยี เป็นต้น

5) เอนไซม์ย่อยโปรตีนชื่อบรอมีเลน (bromelain) ช่วยย่อยโปรตีนไม่ให้ตกค้างในลำไส้ และมีเกลือแร่ วิตามินซีจำนวนมาก สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการแพทย์เพื่อรักษาอาการอักเสบของเนื้อเยื่อ และนำไปใช้ในการผลิตเบียร์เพื่อป้องกันการตกตะกอนทำให้เบียร์ไม่ขุ่น

6) คุณค่าทางโภชนาการ มีฤทธิ์ช่วยย่อยอาหาร บรรเทาอาการจุกเสียด แน่นท้อง ป้องกันการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด อัมพฤกษ์ อัมพาต เพราะเอนไซม์บรอมิเลนจะไปช่วยลดการเกาะกันเป็นลิ่มเลือดของเกล็ดเลือด ช่วยทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เพราะมีฤทธิ์เป็นยาระบายอ่อน ๆ มีกากใยมาก จึงช่วยแก้ท้องผูกได้ และเพิ่มภูมิคุ้มกันในร่างกายต่อต้านโรคมะเร็ง เพราะบรอมิเลนจะทำให้เม็ดเลือดขาวหลั่งสารไซโตไคน์ ที่ทำให้เม็ดเลือดขาวกำจัดเซลล์มะเร็งได้ ช่วยลดโอกาสเกิดโรคมะเร็งปอด มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งเต้านม และมะเร็งรังไข่ เป็นต้น

2.1.3 ข้าวคั่ว

ข้าวคั่วหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าวสารเจ้าหรือข้าวสารเหนียวหรือข้าวกล้องเจ้าหรือข้าวกล้องเหนียวที่แห้งและอยู่ในสภาพดีล้างให้สะอาดอาจแช่น้ำทิ้งไว้ทำให้สะเด็ดน้ำนำไปคั่วจนสุกกรอบนำไปบดอาจเติมสมุนไพรเช่นใบมะกรูดลักษณะทั่วไปของข้าวคั่วต้องเป็นผงละเอียดหรือหยาบแห้งไม่จับตัวเป็นก้อนมีสีที่ดีตามธรรมชาติของข้าวคั่วอาจมีสีคล้ำได้บ้างแต่ต้องไม่ไหม้เกรียมต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของข้าวคั่วปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์เช่นกลิ่นอับกลิ่นหืนรสขม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550) จากการลงพื้นที่เพื่อส่งเสริมและพัฒนาการแปรรูปอาหารชุมชนเมืองแกนพัฒนาอ.แม่แตงจ.เชียงใหม่ พบว่ามีกลุ่มแม่บ้านเมืองแกนพัฒนาทำการผลิตข้าวคั่วจากภูมิปัญญาท้องถิ่นซึ่งผ่านการลองผิดลองถูกมาระยะเวลาหนึ่งแล้วข้าวคั่วที่ผลิตก็เพื่อบริโภคขายในชุมชนเพื่อเป็นส่วนผสมในการประกอบอาหารและเป็นส่วนผสมในเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพปัญหาที่พบในการผลิตคือความไม่สม่ำเสมอของข้าวคั่วถ้าใช้ไฟแรงก็จะไหม้เกินไปใช้เวลา

ในการทำมากการเกิดกลิ่นหืนและอายุการเก็บรักษาไม่แน่นอนประกอบกับในปัจจุบันประชาชนส่วนใหญ่นิยมทำงานนอกบ้านกันมากขึ้นดังนั้นจึงมีเวลาในการเตรียมอาหารน้อยลงบางครอบครัวจึงหันไปใช้บริการอาหารสำเร็จรูปอีกส่วนหนึ่งยังคงมีความพยายามที่จะประกอบอาหารเพื่อรับประทานเองแต่จะต้องเป็นอาหารที่ง่ายปรุงสะดวกในปัจจุบันเครื่องปรุงอาหารกึ่งสำเร็จจึงมีความสำคัญและทำรายได้มหาศาลให้กับผู้ผลิตเมื่อเทียบกับในอดีตตัวอย่างเช่นการผลิตพริกป่นพริกไทยป่นผงพะโล้ป่นพืชสมุนไพรผงกระเทียมเจียวสำเร็จรูปหอมเจียวสำเร็จรูปพริกน้ำปลาและข้าวคั่วเพื่อความสะดวกของผู้บริโภคที่ไม่ต้องเตรียมกระบวนการผลิตเครื่องปรุงเหล่านี้ด้วยตนเองเช่นการทำข้าวคั่วไม่ต้องไปคั่วข้าวก่อนรอให้เย็นแล้วนำมาบดเป็นข้าวคั่วซึ่งใช้เวลาในการทำมากจากแนวคิดการทำเครื่องปรุงรสสำเร็จเหล่านี้ประกอบกับทางทีมวิจัยมีแนวคิดที่พัฒนาต่อยอดภูมิปัญญาการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรที่มีมากเช่นข้าวให้ได้คุณภาพและมาตรฐานตามเกณฑ์มีมูลค่าสูงขึ้นและมีการเพิ่มคุณค่าทางอาหารมากขึ้นทีมผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำข้าวคั่วสมุนไพรสำเร็จรูปขึ้นโดยศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการคั่วบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวคั่วและชนิดสมุนไพรไทยที่เหมาะสมต่อการนำมาผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวคั่วสมุนไพรขิงข่าตะไคร้ใบมะกรูดซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นมีสารที่เป็นประโยชน์จำนวนมากเมื่อรับประทานเข้าไปจะมีบทบาทช่วยป้องกันโรคต่างๆได้เช่นขิง(ZingiberofficinaleRoscoe.)มีชื่อท้องถิ่นขิงแกงขิงแดงขิงเผือกและสะเอขิงช่วยลดอาการจุกเสียดได้ดีเนื่องจากมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งช่วยขับลมขิงมีฤทธิ์แก้อาเจียนจากสาเหตุต่างๆเช่นจากการเมารถเมาเรือการอาเจียนจากการตั้งครรภ์การอาเจียนจากยามะเร็งและฉายรังสีขิงในรูปแบบของเครื่องดื่มร้อนมีฤทธิ์แก้ไอและรักษาอาการหวัดได้(สำนักงานข้อมูลสมุนไพร,2552) จากงานวิจัยพบว่าขิงประกอบด้วยสารกลุ่มจิงเจอรอลส์(gingerol),ชิงเกอโรนี(zingerone)และชาเจล(shogaol)(Balladinetal.,1998)นอกจากนี้ขิงยังมีสารสำคัญช่วยต้านอนุมูลอิสระและต้านโรคมะเร็ง(YogeshwerandMadhulika,2007)

2.1.4 น้ำตาลมะพร้าว

น้ำตาลจากมะพร้าวการทำน้ำตาลมะพร้าว หรือที่เรียกว่าน้ำตาลปี๊บจะใช้ความหวานจากจั่นมะพร้าวเป็นวัตถุดิบ มะพร้าวที่นิยมนำมาทำน้ำตาลมะพร้าว คือ พันธุ์หมูสีกาย ซึ่งเป็นมะพร้าวต้นไม่สูงมาก สะดวกต่อการเก็บ นอกจากนี้จั่นใหญ่ให้น้ำตาลสดในปริมาณมาก และความหวานสูง จังหวัดที่มีการทำน้ำตาลมะพร้าวมาก คือจังหวัดสมุทรสงครามโดยเฉพาะอำเภออัมพวาและจังหวัดสมุทรสาคร โดยเฉพาะอำเภอบ้านแพ้ว การทำน้ำตาลมะพร้าว ต้องเลือกจั่น หรือช่อดอกมะพร้าว โดยเลือกจั่นที่มีขนาดพอเหมาะ ไม่อ่อน หรือแก่เกินไป ภาชนะที่รองใส่คือกระบอกไม้ไผ่ หรืออาจใช้กระบอกอะลูมิเนียมมารมควันจากเตาเคี่ยวน้ำตาล เพื่อให้มีกลิ่นหอม และฆ่าจุลินทรีย์ไปในตัวจะมีการใส่เปลือกไม้ที่รสฝาด เช่น ไม้เคี่ยมหรือไม้พะยอมสับละเอียดลงไป สารเคมีในเปลือกไม้พวกนี้ช่วยป้องกันไม่ให้น้ำตาลสดเกิดการบูดส่วนใหญ่เป็นสารแทนนิน ปัจจุบันมีราคาแพง หายาก จึงใช้เคมีภัณฑ์สามอย่างผสม คือ โซเดียมเมต้าไบซัลไฟต์ โซเดียมเบนโซเอต และโซเดียมโปรปิโอเนต

มะพร้าวต้นหนึ่งมักออกจั่นมา 2 จั่น พร้อมกัน และแต่ละจั่นจะรองน้ำตาลสดได้ประมาณ 1 เดือน จะได้น้ำตาลสดวันละ 1-3 ลิตรต่อวัน และน้ำตาลสดที่ได้จะประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส 12-17 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลรีดิวซิ่ง 0.6-2 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 0.1-0.4 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 0.2-0.3 เปอร์เซ็นต์

การเคี่ยวน้ำตาลสดที่ได้จะนำมากรอง และเคี่ยวภายใน 18 ชั่วโมง การเคี่ยวจะใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง โดยใช้ไฟอ่อนๆ เพื่อป้องกันการไหม้ และทำให้น้ำตาลไหม้สีคล้ำได้ เมื่อเคี่ยวเสร็จใช้เหล็กหยก ซึ่งมีลักษณะคล้ายขดลวดตีไข่ขนาดใหญ่กระทุ้งและปั่นน้ำตาลไปรอบๆ กระทะเพื่อไล่ไอน้ำออก จะช่วยให้น้ำตาลตกผลึกละเอียดแห้ง น้ำเชื่อมที่ข้นใสจะเริ่มขุ่น หรือมีสีน้ำตาลอ่อน เพราะการตกผลึก

2.1.4.1 คุณภาพน้ำตาลมะพร้าว

มีสีนวลโดยไม่ได้ใช้ผงฟอกสี เนื้อละเอียด กลิ่นหอม ปริมาณความชื้น 7-8 เปอร์เซ็นต์ ไม่เยิ้มเหลวปริมาณน้ำตาลซูโครสมีสูงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่น้ำตาลอินเวิร์ดต่ำกว่า 6-7 เปอร์เซ็นต์

น้ำตาลอินเวิร์ต คือ กลูโคส และฟรุกโตส จะดูดความชื้นได้ดี ทำให้น้ำตาลมะพร้าวมีลักษณะเหลวเยิ้ม และขัดขวางการตกผลึกของซูโครส ซึ่งน้ำตาลอินเวิร์ตจะเกิดจากการสลายตัวของน้ำตาลซูโครสโดนความร้อนขณะเคี่ยว เนื่องจากในน้ำตาลสดมีความเป็นกรด จึงทำให้น้ำตาลซูโครสสลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน ส่วนการใช้ปูนขาว เพื่อลดการเกิดน้ำตาลอินเวิร์ตในขณะเคี่ยวจะไม่นิยมเพราว่าจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องสีและ กลิ่นรส

น้ำตาลจากโตนด น้ำตาลโตนดเป็นน้ำตาลพื้นบ้านที่ทำจากน้ำตาลสดจากปลีตาลปัจจุบันทำกันมากในเขตจังหวัดเพชรบุรี และบางจังหวัดในภาคเหนือ เช่น พิษณุโลก “น้ำตาลเมืองเพชร” คือ ชื่อน้ำตาลโตนดที่คนส่วนใหญ่รู้จัก เนื่องจากน้ำตาลโตนดเป็นต้นไม้ที่โตช้าจึงไม่ค่อยมีคนนิยมปลูก ปกติจะใช้เป็นเครื่องดื่ม เช่น น้ำตาลสดจากมะพร้าว น้ำตาลโตนดสดมีน้ำตาลซูโครสประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ และน้ำตาลรีดิวซิ่ง อีกประมาณ 1.9 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับน้ำตาลสดจากมะพร้าว ความหวานจะสูงในช่วงฤดูหนาว ปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำตาลโตนดสดประมาณ 5.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเคี่ยวเป็นน้ำตาลจึงเกิดน้ำตาลอินเวิร์ตน้อยกว่าน้ำตาลโตนดทั่วไปจึงมีลักษณะแห้งและแข็งกว่าน้ำตาลมะพร้าว

2.1.4.2 คุณสมบัติของน้ำตาล

1) ความหวานของน้ำตาล น้ำตาลเป็นสารที่ให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (Nutritive.sweetener) รสหวานของน้ำตาลเป็นรสหวานธรรมชาติที่ปราศจากสารอื่นเจือปน การที่เรารู้รสหวานนั้นเกิดจากต่อมลิ้มรสบริเวนปลายลิ้นด้านบน รสหวานที่เรารู้สึกเป็นการประเมินทางอัตนัย ไม่สามารถระบุเป็นความหวานเปรียบเทียบ โดยเปรียบเทียบกับความหวานของซูโครส ซึ่งถือว่าเท่ากับ 100 ฟรุคโทสเป็นน้ำตาลที่หวานที่สุด และมีความหวานกว่าซูโครส น้ำตาลที่หวานรองลงมาจากซูโครส คือ กลูโคส มอลโทส และกาแล็คโทส วัตถุประสงค์หลักของการใส่น้ำตาลในอาหาร คือ การให้ความหวาน โดยทั่วไปนิยมซูโครส หรือน้ำตาลทราย เพราะความหวานสูง และราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลอื่นๆ

2) การละลายน้ำตาลทั่วไปที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร มักจะละลายน้ำได้ดีตามปกติจะละลายได้ 30-80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณที่ละลายได้กับอุณหภูมิ ซึ่งการละลายได้จะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความสามารถละลายน้ำของน้ำตาลแต่ชนิดจะแตกต่างกัน ฟรุคโทส เป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด รองลงมา คือ ซูโครส ส่วนกลูโคส และ มอลโทส ละลายน้ำได้ดีพอๆ กัน น้ำตาลที่ละลายได้น้อยที่สุด คือ แล็คโทส

3) การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร ในการเตรียมอาหารแปรรูป และเก็บรักษาอาหารบางชนิดจะพบว่ามีสารสีน้ำตาลเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ตามปกติจะพบว่าอาหารเหล่านี้มีน้ำตาล ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในปฏิกิริยาเคมีนี้เป็นส่วนประกอบสารเคมีที่เกิดขึ้นตั้งแต่สีเหลืองจนมีสีดำ

2.1.4.3 การดูดและการเก็บรักษาความชื้นโดยน้ำตาล สมบัติของน้ำตาลด้านการดูดและการเก็บรักษาความชื้น มีความสำคัญต่อเนื้อสัมผัส และความคงทนในการรักษาลักษณะของอาหารบางชนิด

1) การดูดความชื้น น้ำตาลแต่ละชนิดแตกต่างกันด้านความสามารถในการดูดความชื้นจากบรรยากาศ ฟรุคโทสเป็นน้ำตาลที่ดูดความชื้นได้ดีมาก รองลงไป เด็กโทส ซูโครส มอลโทส และแล็กโทส คุณสมบัติด้านนี้ของน้ำตาลช่วยให้อาหารที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบนุ่มและชุ่มชื้น

2) การเก็บรักษาความชื้น ความสามารถในการเก็บรักษาความชื้นของน้ำตาลเกี่ยวข้องกับการดูดความชื้น โดยทั่วไปการเก็บรักษาความชื้นของน้ำตาลหมายถึง การที่น้ำตาลสามารถยึดความชื้นโดยไม่คายออกสู่อากาศ

2.1.4.4 ประโยชน์ของน้ำตาล

น้ำตาลเป็นสารที่ให้ความหวานและให้พลังงานแก่ร่างกาย (โดยน้ำตาล 1 กรัม จะให้พลังงาน 4 แคลอรี) ทำให้ชีวิตมีรสชาติ ทำให้รู้สึกสดชื่นกระชุ่มกระชวย

1) น้ำตาลเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อชีวิตมาก เนื่องจากการทำงานของอวัยวะภายในร่างกายและเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย ก็ล้วนแล้วแต่ต้องใช้พลังงานจากน้ำตาล นอกจากนี้การหายใจ การขับปัสสาวะ การไหลเวียน การย่อยอาหารก็ล้วนแล้วแต่ต้องการความร้อนจากน้ำตาลแทบทั้งสิ้น หรือแม้แต่ตั้งแต่การคลอดจากครรภ์มารดา ในการดำรงชีวิตเราจะขาดน้ำตาลไม่ได้ แม้อาหารที่จำเป็นของทารกก็ยังเป็นน้ำนมที่มีน้ำตาลผสมอยู่ สรุปก็คือ พลังงานในการเคลื่อนไหวของมนุษย์ 70% มากจากน้ำตาล ถ้าขาดน้ำตาลมนุษย์ก็จะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

2) กลูโคส (glucose) เป็นแหล่งอาหารที่จำเป็นของเซลล์ เนื้อเยื่อ และอวัยวะภายในร่างกาย ทำให้ ไกลโคเจน (glycogen) ในตับเพิ่มขึ้น ช่วยทำให้การเผาผลาญ (Metabolism) ของเนื้อเยื่อดีขึ้น และในขณะที่น้ำตาลในเลือดลดน้อยลง กลูโคสยังเป็นสารที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของหัวใจ

3) กลูโคส (glucose) สามารถทำให้ร่างกายมีความต้านทานต่อโรคติดต่อได้ ดังนั้นในการรักษาโรค กลูโคสจึงถูกนำไปใช้เป็นยารักษาโรคอย่างกว้างขวาง

4) เนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย ต้องการกลูโคส (glucose) เพื่อเป็นวัตถุในการให้พลังงานและสารประกอบที่สำคัญอื่นๆ เช่น สมองต้องการกลูโคสวันละ 110-130 กรัม ไตและเม็ดเลือดแดงต้องการกลูโคสเป็นอาหาร ส่วนหัวใจจะทำงานได้ก็ต้องอาศัยกลูโคสมาทดแทนพลังงานที่สูญเสียไป และจากผลการทดลองหัวใจของสัตว์นอกร่างกาย พบว่ากลูโคสมีฤทธิ์กระตุ้นหัวใจของสัตว์ทดลอง ส่วนอวัยวะภายในร่างกายอื่นๆ ถ้าขาดกลูโคสก็จะสามารถใช้กรดไขมันมาเป็นแหล่งให้พลังงานได้

5) แล็กโทสแม้จะไม่มีรสหวาน แต่ก็เป็นอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของทารก โดยแล็กโทสจะทำหน้าที่ป้องกันจุลินทรีย์ที่จำเป็นในลำไส้ของทารก ช่วยในการดูดซึมของแคลเซียม ทำให้ทารกสามารถย่อยและดูดซึม (แต่ผู้ใหญ่ถ้ากินแล้วกลับจะทำให้ย่อยยากและทำให้ท้องเสีย)

6) น้ำตาลทรายขาวนอกจากจะช่วยทำให้อาหารมีรสชาติหวานแล้ว น้ำตาลทรายยังช่วยในการถนอมอาหารและหมักอาหารได้อีกด้วย (อบเชย และขนิษฐา, 2553)

2.1.5 เกลือ

เกลือเป็นเครื่องปรุงรสเค็มที่รู้จักมานาน เราใช้เกลือในการปรุงอาหารและถนอมอาหาร เกลือที่ใช้ปรุงรสอาหารมีสูตรทางเคมีคือ NaCl เกลือที่บริสุทธิ์จะมีลักษณะสีขาวเป็นผลึกแบบลูกบาศก์ เกลือมีคุณสมบัติในการดูดความชื้น เกลือที่ใช้ในการบริโภค (Edible common salt) หมายถึง ผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ที่สะอาด และไม่มีสิ่งแปลกปลอมที่เป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคมนุษย์ต้องการเกลือบริโภคประมาณ 5-10 กรัมต่อวัน เพื่อช่วยรักษาสมดุลน้ำในร่างกายให้เซลล์และเนื้อเยื่อต่างๆ ทำงานปกติเกลือทำหน้าที่ควบคุมปริมาณของน้ำในร่างกาย ซึ่งรวมทั้งน้ำในเซลล์ต่าง ๆ และโลหิต ความดันของโลหิต และความเป็ นกรดหรือด่างของร่างกาย เกลือที่บริโภคโดยทั่วไปมีแหล่งที่มาจากเกลือ 2 ประเภทคือ เกลือทะเลและเกลือสินเธาว์

2.1.5.1 คุณลักษณะทั่วไป

1) เกลือบริโภคชนิดผง ต้องเป็นเม็ดละเอียด หรือเป็นผง ไม่มีสิ่งแปลกปลอมสิ่งปนเปื้อนที่มองเห็นได้

2) เกลือบริโภคชนิดป่น ต้องเป็นเม็ดเล็กๆ มีสีตามธรรมชาติ ไม่มีสิ่งปนเปื้อนที่มองเห็นได้ เช่น ดิน หิน กรวด ทราย (มอก.2085-2544)

2.1.5.2 เกลือบริโภคแบ่งเป็น 4 ชนิด ได้แก่

1) เกลือปรุงอาหาร หมายถึง เกลือบริโภคที่เป็นผลึกละเอียด ซึ่งทำให้บริสุทธิ์ขึ้น 2) เกลือโต๊ะ หมายถึง เกลือบริโภคที่เป็นผลึก ไม่จับกันเป็นก้อน สามารถทำให้ผลึกแยกออกจากกันได้

3) เกลืออัดเม็ด หมายถึง เกลือบริโภคที่อัดเม็ดแล้ว

4) เกลืออุตสาหกรรมอาหาร หมายถึง เกลือบริโภคที่ใช้ในการประกอบอาหารและอุตสาหกรรมอาหารทั่วไป และเกลือยังใช้เป็นเครื่องปรุงรสทั้งในอาหารคาวและอาหารหวาน รวมถึงใช้ในการถนอมอาหารด้วย

2.1.6 กะทิ

กะทิเป็นของเหลวที่ได้จากการบีบ หรือคั้นจากเนื้อมะพร้าวขูด อาจเติมน้ำหรือไม่เติมก็ได้ มีลักษณะเป็นอีมัลชั่นชนิดน้ำมันในน้ำ ซึ่งหมายถึงลักษณะของน้ำมันจะกระจายตัวอยู่ในสารละลายน้ำ และถูกล้อมรอบหรือห่อหุ้มด้วยโปรตีน

ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เครื่องจักรในการคั้นมะพร้าวทำการบีบเนื้อมะพร้าวโดยตรง กะทิที่ได้จะมีคุณภาพสม่ำเสมอกว่าการคั้นด้วยมือ กะทิสดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างรวดเร็ว ทำให้บูดเสียได้ง่าย ส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากกะทิมีสารอาหารต่างๆ มากพอที่จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดี รวมทั้งในกะทิมีเอนไซม์อยู่ด้วย การเปลี่ยนจะเกิดขึ้นรวดเร็วมากที่อุณหภูมิสูง การ

เก็บกะทิในที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องเล็กน้อยจะทำให้กะทิแข็งตัวเพราะกรดไขมันในกะทิส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็ก ส่วนการเก็บกะทิไว้ที่อุณหภูมิห้อง 4-5 ชั่วโมง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสจนกระทั่งผู้ชิมไม่ยอมรับ

การทำขนมมักนิยมใช้มะพร้าวขูดขาว โดยเอาแต่ส่วนหน้าเมื่อนำมาคั้นจะได้ความมันน้อยกว่าการใช้มะพร้าวที่ขูดถึงกะลา แต่มะพร้าวที่ขูดถึงกะลาก็มีข้อเสีย เพราะเมื่อนำมาคั้นแล้วจะได้กะทิที่มีสีคล้ำ เพราะมีเศษเล็กๆ ของกะลาปนอยู่ การแยกเอาเศษกะลาออก อาจทำได้โดยนำกะทิมากรองด้วยผ้าขาวบางที่มีเนื้อละเอียด ปัจจุบันมีอุตสาหกรรมที่ผลิตกะทิสำเร็จรูปหลายชนิดออกจำหน่าย ทั้งบรรจุขวดกระป๋อง หลอด และถุงพลาสติก ซึ่งอาจเป็นกะทิสด หรือกะทิผง กะทิสำเร็วรูปเหล่านี้ทำให้เกิดความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้มากขึ้น แต่มักมีกลิ่นไม่เหมือนกะทิสด เพราะกะทิที่ผ่านความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อก่อนบรรจุนั้น ไขมันบางส่วนจะแตกตัวทำให้กลิ่นผิดไปจากกะทิสด เมื่อนำมาทำขนมจะได้ขนมที่มีลักษณะเป็นมันเยิ้ม เพราะต้องผ่านความร้อนอีกครั้ง ทำให้ไขมันแตกตัวเพิ่มมากขึ้น

2.1.6.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกะทิ

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกะทิที่มีรายงายไว้จะอยู่ในช่วงกว้าง เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น สายพันธุ์ สภาพภูมิศาสตร์ในการเพาะปลูก สภาวะแวดล้อมในการดูแลรักษา ความแก่ความอ่อนของผลมะพร้าว วิธีการที่ใช้ในการสกัดน้ำกะทิ และระดับความเจือจางเนื่องจากการเติมน้ำหรือน้ำมะพร้าว องค์ประกอบของกะทิที่ได้จากการบีบเนื้อมะพร้าวที่ไม่เติมน้ำ

น้ำกะทิที่ได้จากการบีบโดยไม่เติมน้ำมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง ร้อยละ 5-10 (โดยน้ำหนัก-แห้ง) จะมีโปรตีนในน้ำอยู่ในส่วนน้ำ (aqueous phase) เพียงร้อยละ 30 เท่านั้น ที่เหลือเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นตัวอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) โดยดูดซึมอยู่บริเวณพื้นผิวระหว่างน้ำมันกับน้ำ เป็นการช่วยลดแรงตึงผิว (interfacial tention) ทำให้อนุภาคขนาดเล็กกระจายตัวเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากฟอสฟอลิปิดนี้สามารถละลายได้ทั้งน้ำมันและน้ำ เมื่อฟอสฟอลิปิดรวมตัวกับเกลือโซเดียมคลอไรด์จะเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ ช่วยให้อิมัลชั่นชนิดน้ำมันในน้ำเกิดความคงตัวได้ แต่อย่างไรก็ตามอิมัลชั่นของน้ำกะทิคงตัวอยู่ได้ไม่นาน เนื่องจากน้ำกะทิมีสัดส่วนของโปรตีนต่อไขมันประมาณ 1 ต่อ 10 เพื่อแสดงให้เห็นว่าโปรตีนที่องค์ประกอบอยู่นั้นมีปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับไขมันจึงไม่พอเพียงที่จะทำให้ไขมันกระจายตัวอย่างอิสระในน้ำได้เม็ดไขมันซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจะลอยตัวสูงขึ้น และเกิดการรวมตัวกัน (coalescence) เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างไขมันน้ำกะทิจึงเกิดการแยกขึ้น โดยชั้นบนเป็นหัวกะทิ (coconut cream) และชั้นล่างเป็นหางกะทิ

2.1.6.2 ชนิดของกะทิ น้ำกะทิที่ผลิตในอุตสาหกรรมแบ่งได้ 5 ประเภท คือ

1) น้ำกะทิสด ได้จากการคั้นน้ำกะทิด้วยเครื่อง แล้วเก็บรักษาด้วยความเย็นทันที ความเย็นสามารถรักษาน้ำกะทิจากการเน่าเสีย สามารถเก็บได้นาน 1-2 วัน แต่รสชาติจะเปลี่ยนไปเล็กน้อยจึงนิยมจำหน่ายวันต่อวัน

2) น้ำกะทิพาสเจอไรซ์ เป็นน้ำกะทิสดนำมาให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค แต่เชื้อที่เหลือยังสามารถเจริญเติบโตได้จึงต้องเก็บในห้องเย็นเหมือนน้ำกะทิสด แต่ความเสี่ยงในการเน่าเสียน้อยกว่าจึงสามารถเก็บได้นาน 4-6 วัน การขนส่งและการวางจำหน่าย ควรใช้อุณหภูมิต่ำ น้ำกะทิพาสเจอไรซ์มีบรรจุถุงพลาสติกขนาดต่างๆคือ 250 กรัม 500 กรัม และ 1000 กรัม เพื่อใช้ในครอบครัวและบรรจุ 10 กิโลกรัม เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมกระป๋อง

3) น้ำกะทิบรรจุกระป๋อง เป็นน้ำกะทิที่ผ่านกระบวนการบรรจุกระป๋องปิดฝาแล้วฆ่าเชื้ออย่างสมบูรณ์ในระดับอุตสาหกรรม (Commercial Sterilization) เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิการเก็บตามปกติ ทำให้สามารถเก็บได้นานโดยไม่ต้องเก็บในที่เย็นส่งไปจำหน่ายในต่างประเทศได้

4) น้ำกะทิบรรจุกล่องยูเอชที เป็นน้ำกะทิที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยระบบความร้อนสูงเวลาสั้น เวลาให้ความร้อนสั้นทำให้คงสภาพคล้ายคลึงน้ำกะทิสดมาก แต่อายุการเก็บจะสั้นกว่ากะทิบรรจุกระป๋องและกล่องกระดาษไม่แข็งแรงเท่ากระป๋อง จึงอาจเกิดการเน่าเสียจากการชำรุดของกล่องกระดาษได้

5) กะทิผง เป็นน้ำกะทิที่นำมาทำให้แห้งเป็นผงละเอียด โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spay dryer) น้ำกะทิโดยธรรมชาติมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบอยู่สูงเมื่อเทียบกับน้ำนมโคจึงไม่สามารถทำให้แห้งได้เหมือนนมผง ดังนั้นจึงต้องเติมสารเพิ่มปริมาณของแข็ง คือสารมอลโทเด็กซ์ (Maltodex) เครื่องทำแห้งมีอุปกรณ์ฉีดน้ำกะทิให้เป็นละอองฝอยเข้ามาในห้องอบสัมผัสกับลมร้อนอุณหภูมิ 160-180 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำระเหยออกจากละอองของเหลวอย่างรวดเร็วได้อนุภาคผงที่มีขนาดเล็ก กะทิผงมีความชื้นต่ำ จึงเก็บรักษาได้นานไม่เน่าเสีย แต่ต้องเก็บไว้ในภาชนะป้องกันความชื้น เช่น ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ หรือกระป๋องที่มีฝาปิดสนิท เนื่องจากกะทิผงดูดความชื้นได้ดีไม่ทำให้เกาะตัวเป็นก้อน

2.1.7 การออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับขนมข้าวตูเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรด

ในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมหวานมีอยู่หลากหลายทั้งด้านรูปทรง วัสดุและรูปแบบการใช้งาน โดยในการเลือกใช้งานนั้นจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ขนมหวานชนิดนั้นๆ สำหรับขนมข้าวตูแกนสับปะรดในการวิจัยนี้นั้น มีการพิจารณาในการออกแบบบรรจุภัณฑ์โดยแบ่งเป็นหัวข้อและประเด็น ดังต่อไปนี้

2.1.7.1 ด้านโครงสร้าง

การออกแบบรูปทรงบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการปกป้องคุ้มครองสินค้า ดึงดูดความสนใจ รวมทั้งความมีประสิทธิผลในการใช้งาน โดยในการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับขนมข้าวตูแกนสับปะรดมีการประเด็นในการพิจารณา ดังนี้

1) การปกป้องคุ้มครองผลิตภัณฑ์

การปกป้องคุ้มครองสินค้าหรือผลิตภัณฑ์เป็นหน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์ ซึ่งการพิจารณาในการออกแบบจะต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ว่าต้องการการปกป้องในด้านใดบ้าง สำหรับขนมข้าวตูแกนสับปะรดนั้นผู้วิจัยได้พิจารณาการปกป้องคุ้มครองผลิตภัณฑ์ใน 3 ด้าน ดังนี้

2) การปกป้องคุ้มครองจากการกดทับ

ขนมข้าวตูแกนสับปะรดเป็นขนมที่มีลักษณะอ่อนนุ่มและมีความเหนียว เมื่อมีการกดทับจะทำให้รูปทรงขนมเกิดการบิดเบี้ยว เสียรูปทรงได้ง่าย ไม่น่ารับประทาน

3) การปกป้องคุ้มครองการกระแทก

เช่นเดียวกับการกดทับ การถูกกระแทกจากการเคลื่อนย้าย ถือ หิ้ว หลังจาก

การซื้อจะส่งผลให้ข้าวตูผสมแกนสับปะรด เกิดการบิดเบี้ยว เสียรูปทรงได้ง่าย ไม่น่ารับประทาน

4) การป้องกันอากาศ

ขนมข้าวตูแกนสับปะรดจะสามารถคงคุณภาพได้ดีเมื่อมีการบรรจุในภาชนะหรือบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันอากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับการมิได้ใส่ในภาชนะหรือบรรจุภัณฑ์ที่มีการป้องกันอากาศ ฉนั้นการป้องกันอากาศมิให้เข้าไปสัมผัสกับขนมจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงเพื่อการคงคุณภาพของขนมไว้ให้ได้ยาวนานที่สุด

2.1.7.2 ดึงดูดความสนใจ

ผลิตภัณฑ์ที่มีบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ จะสร้างความรู้สึกที่ดีต่อผู้ซื้อและรูปทรงของบรรจุภัณฑ์เป็นสิ่งที่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้พบเห็นได้เป็นอย่างดี ซึ่งจากการศึกษาบรรจุภัณฑ์ข้าวตูในท้องตลาดโดยทั่วไป ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมและทรงกลมซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์สำเร็จรูป จึงทำให้ขนมข้าวตูโดยส่วนใหญ่ขาดความน่าสนใจ ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับโครงการนี้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการนำเอกลักษณ์ความเป็นขนมไทยโบราณที่มีการใช้กระทงใบตองเป็นบรรจุภัณฑ์ มาประยุกต์ในการออกแบบเพื่อสร้างความดึงดูดความสนใจ

2.1.7.3 ด้านการใช้งาน

ในด้านการใช้งานบรรจุภัณฑ์สำหรับข้าวตูโดยทั่วไปพบว่าเป็นการใช้งานใน 3 ลักษณะได้แก่

1) ใช้ในการเคลื่อนย้ายบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมหวานโดยทั่วไปจะใช้เพื่อการเคลื่อนย้ายซึ่งตัวบรรจุภัณฑ์จะต้องสามารถป้องกันการกดทับหรือการกระแทกทั้งจากการซ้อนทับในการวางขายหรือจากการเคลื่อนย้ายหลังจากการซื้อได้ดีพอสมควร รวมทั้งต้องส่งเสริมการหิ้ว หรือการถือด้วย

2) ใช้ในการเป็นภาชนะเพื่อการรับประทานด้วยในปัจจุบันพฤติกรรมของผู้คนในสังคมมีความเร่งรีบต้องการประหยัดเวลาและต้องการความสะดวกซึ่งส่งผลต่อการรับประทานขนมหวาน จึงทำให้ในบางครั้งจะไม่มีการนำขนมหวานมาจัดใส่ภาชนะใหม่เพื่อการรับประทาน แต่จะรับประทานในบรรจุภัณฑ์โดยตรง ทำให้บรรจุภัณฑ์มีหน้าที่เป็นภาชนะเพื่อการรับประทานด้วย

3) ใช้เพื่อการคงคุณภาพของขนมในปัจจุบันด้วยคุณสมบัติที่ดีของบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ช่วยในการป้องกันอากาศ ทำให้ผู้ซื้อนำบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากการซื้อผลิตภัณฑ์ มาช่วยในการคงคุณภาพของขนมอีกครั้ง ตัวอย่างเช่น เมื่อรับประทานขนมไม่หมดในครั้งเดียวจะนำขนมใส่ในกล่องและนำเก็บแช่ในตู้เย็น ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ขนมโดยเฉพาะอย่างยิ่งบรรจุภัณฑ์พลาสติกจะมีส่วนสำคัญในการช่วยในการคงคุณภาพของขนมให้ยาวนานขึ้น ซึ่งจากการศึกษาอายุการเก็บรักษาขนมข้าวตูแกนสับปะรดในการวิจัยนี้พบว่า การเก็บรักษาขนมข้าวตูแกนสับปะรดในกล่องพลาสติกที่อุณหภูมิห้องจะคงคุณภาพของขนมได้ 6 วัน และถ้านำใส่ตู้เย็นจะสามารถคงคุณภาพของขนมได้ 12 วัน

2.1.7.2 วัสดุและการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์

จากการศึกษาบรรจุภัณฑ์ขนมข้าวตูที่ใช้ทั่วไปในท้องตลาดพบว่า วัสดุที่ใช้จะเป็นพลาสติกที่มีความใสเป็นหลัก จะมีทั้งพลาสติกชนิด พอลิโพรไพลีน (polypropylene) เรียกย่อว่า PP

และ พอลิเอทิลีนเทเรพทาเลต Polyethylene terephthalate เรียกย่อว่า PET, PETE ซึ่งมาจากปัจจัย ดังนี้

1) ปัจจัยความนิยมในการเลือกใช้วัสดุพลาสติกนี้มาจากจุดเด่นในหลายด้านดังนี้

- พลาสติกมีความปลอดภัยในการนำมาใช้บรรจุอาหาร สำหรับ PET ที่ใช้ในการบรรจุอาหารนั้นจะมีน้ำหนักโมเลกุลสูง จึงมีโอกาสน้อยมากที่จะปลดปล่อยสารที่เป็นส่วนประกอบออกมา (ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, มปป)

- พลาสติกสามารถการป้องกันอากาศและความชื้นมิให้สัมผัสกับขนม ทำให้ช่วยในการคงคุณภาพของขนมไว้ได้ยาวนานขึ้น

- มีความแข็งแรงป้องกันการกระแทกและการกดทับได้มากพอสมควร

- มีความสวยงามในตัวเองและสามารถแสดงให้เห็นลักษณะ รูปร่างและรูปทรงของขนมได้ และ

- การใช้งานมีความสะดวกและสามารถเก็บรักษาได้ง่าย

- ราคาไม่สูงมาก

2) การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์

วิธีการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติกสำหรับผลิตภัณฑ์ขนมจากการศึกษาพบว่า โดยส่วนใหญ่จะใช้การผลิตประเภทอัดขึ้นรูปพลาสติกแผ่น (Thermoforming) สามารถจัดแบ่งรูปแบบการขึ้นรูปได้ 3 ลักษณะ (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2017) ได้แก่

- แบบอัดด้วยแม่แบบ (Mechanical Thermoforming)

- แบบสูญญากาศ (Vacuum Thermoforming)

- แบบอัดลม (Blow Thermoforming)โดยการขึ้นรูปที่ได้รับความนิยมมากที่สุf ได้แก่ การขึ้นรูปแบบแบบสูญญากาศ (Vacuum Thermoforming) ซึ่งผู้วิจัยพิจารณาว่ามีความเหมาะสมในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบในโครงการ เพราะมีความสะดวกและมีการลงทุนกับต้นแบบและแม่พิมพ์น้อยกว่าวิธีการอื่นๆ โดยมีขั้นตอนดังนี้ การขึ้นรูปแบบแบบสูญญากาศ (Vacuum Thermoforming)

- นำแผ่นพลาสติกยึดติดกับกรอบ

- ใช้ความร้อนรนแผ่นพลาสติกให้พลาสติกอ่อนตัว

- กดกรอบแผ่นพลาสติกลงให้แนบกับแม่แบบ

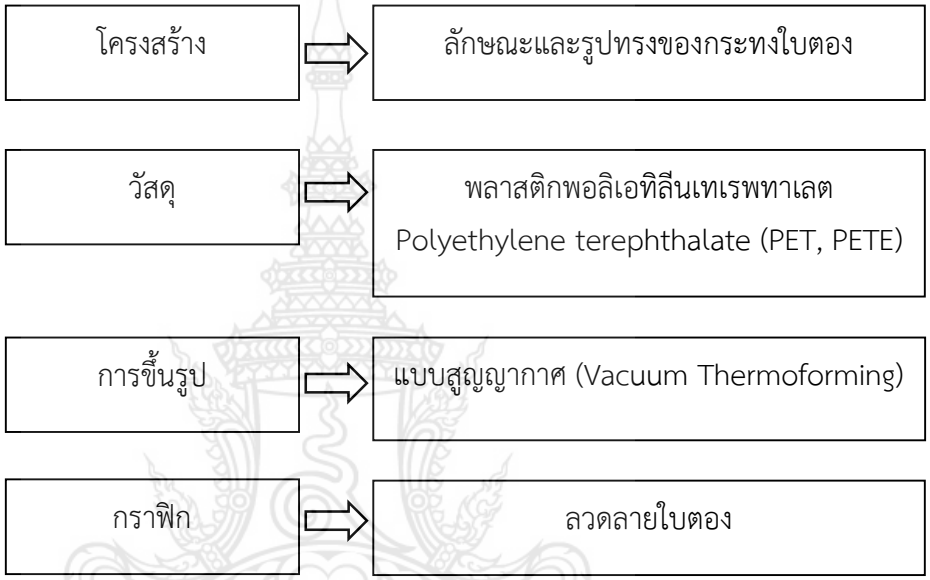
- ใช้เครื่องจักรดูดอากาศระหว่างแผ่นพลาสติกกับแม่แบบออก เพื่อให้แผ่นพลาสติกที่อ่อนตัวแนบสนิทกับแม่แบบ และปล่อยให้แผ่นพลาสติกเย็นตัว

- นำชิ้นงานออกจากแม่แบบ และกรอบที่ยึดพลาสติก

3) การออกแบบกราฟิก

จากแนวคิดในการการนำเอกลักษณ์ความเป็นขนมไทยโบราณที่มีการใช้กระทงใบตองเป็นบรรจุภัณฑ์ มาประยุกต์ในการออกแบบเพื่อสร้างความดึงดูดความสนใจ จึงนำไปสู่การสร้างลวดลายบรรจุภัณฑ์โดยการใช้ลวดลายใบตองมาทำการประยุกต์ใช้ในการออกแบบ โดยเป็นการพิมพ์ลงบนแผ่นสติกเกอร์ใสและนำมาติดลงบนบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ออกแบบในโครงการเพื่อสร้างความดึงดูดความสนใจของผู้ซื้อและเป็นการอนุลักษณ์และสืบสานลักษณะของขนมไทยอีกด้วย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นได้นำไปสู่การสรุปแนวคิดในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขนมข้าวตูแกนสับปะรดดังนี้ ด้านโครงสร้าง มีแนวคิดที่จะนำลักษณะ ลักษณะและรูปทรงของกระทงใบตองมาสร้างสรรบรรจุภัณฑ์ในโครงการ วัสดุ จะเลือกใช้พลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลต Polyethylene terephthalate เรียกย่อว่า PET, PETE ประเภท food grade การขึ้นรูป ใช้วิธีการขึ้นรูปแบบแบบสูญญากาศ (Vacuum Thermoforming) และด้านกราฟิก การใช้ลวดลายใบตองมาทำการประยุกต์ใช้ในการออกแบบ



ภาพที่ 2.3 กรอบแนวคิดในการออกแบบบรรจุภัณฑ์

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สิรินทร์ทิพย์ (2562) เรื่องการพัฒนาขนมข้าวตูจากกากถั่วเหลือง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรของขนมข้าวตูจากกากถั่วเหลืองที่เหมาะสมจากสูตรมาตรฐาน ที่ได้จากแบบสอบถามขนมข้าวตูทั้ง 3 สูตร ได้สูตรขนมข้าวตูจากการดัดแปลงสูตรจาก กิมเล้ง (2555) มีส่วนผสมคือ เนื้อมะพร้าว 200 กรัม ข้าวสารคั่วบดละเอียด 83 กรัม หัวกะทิ 120 กรัม น้ำตาลโตนด 200 กรัม จากนั้นนำมาเปลี่ยนอัตราส่วนของกากถั่วเหลืองที่ 50% 75% และ 100% โดยใส่รวมกับน้ำหนักของสูตรขนมข้าวตูจากเนื้อมะพร้าวขูด ให้คะแนนแบบ 5-point hedonic scale ผู้ทดสอบชิม 30 คน พบว่าทั้ง 3 สูตรมีค่าคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาด้ายกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการพบว่า 75 % และ 100 %มีค่าเนื้อสัมผัสนิ่มเท่ากับ 37.73 gram force และมีค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ใกล้เคียงกัน แต่ด้านโภขนาการพบว่าข้าวตูจากกากถั่วเหลือง 100% ให้พลังงานน้อยที่สุด เท่ากับ 47 กิโลแคลอรี่ ไขมันน้อยที่สุด 0.85 กรัม และให้โปรตีนสูงสุด 2.38 กรัม

ประดิษฐ์ (2557) เรื่องผลของใยอาหารจากแกนสับปะรดต่อคุณภาพของชิฟฟ่อนเค้ก มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของใยอาหารจากแกนสับปะรดในชิฟฟ่อนเค้ก โดยใช้ใยอาหารจากแกนสับปะรดทดแทนแป้งสาลีในชิฟฟ่อนเค้กที่ร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า เมื่อทดแทนใยอาหารมากขึ้นมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ คือทำให้ค่าความสว่างและปริมาตรแตกต่างกันเล็กน้อย ค่าสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่าสีแดง ความสูงและความหนาแน่น ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงใช้ในการเคี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่การเกาะตัวและความเป็นสปริงไม่มีความแตกต่างกัน คุณภาพด้านเคมี พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมันและความชื้นมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ด้านความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่าชิฟฟ่อนเค้กที่มีการทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 5 มีความชอบในทุก ๆ ด้านสูงสุด ดังนั้นการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารจากแกนสับปะรดในชิฟฟ่อนเค้กที่ร้อยละ 5 จึงเป็นระดับที่เหมาะสม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 ข้าวคั่ว ร้านชูถิ่น

3.1.1.2 มะพร้าขูดขาว ตลาดเทเวศน์

3.1.1.2 น้ำตาลมะพร้าว ตลาดเทเวศน์

3.1.1.3 กะทิ ตราอร่อยดี

3.1.1.4 น้ำ

3.1.1.5 สับปะรด พันธุ์ศรีราช

3.1.2 อุปกรณ์

3.1.2.1 อุปกรณ์เครื่องครัว เช่น มีด เขียง กระทะทอง พายไม้ อ่างผสม ครก ฯลฯ

3.1.2.2 ชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Nagata รุ่น Fath-12

3.1.2.3 เครื่องบดสับอาหาร ยี่ห้อ KENWOOD รุ่น CH180

3.1.2.4 เครื่องปั่นน้ำผลไม้ยี่ห้อ Vitamix รุ่น TNC5200

3.1.3 อุปกรณ์สำหรับการทดลองทางประสาทสัมผัส

3.1.3.1 ถ้วยพลาสติกใส่ตัวอย่างพร้อมฝาปิด

3.1.3.2 ส้อมพลาสติก

3.1.3.3 ถาดใส่อาหาร

3.1.3.4 แก้วน้ำ

3.1.3.5 กระดาษทิชชู

3.1.3.6 ปากกา

3.1.3.7 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 9-Point Hedonic Scale

3.1.4 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพ

3.1.4.1 เครื่องวัดค่าสี (ColorFlex, HunterLab สหรัฐอเมริกา)

3.1.4.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT2i, Stable Micro system, Surrey, UK)

3.1.5 อุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.1.5.1 เครื่องวัดค่า pH (pH meter)รุ่น 420A ยี่ห้อ ORION สหรัฐอเมริกา ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) รุ่น FD 115 ยี่ห้อ Binder ประเทศเยอรมัน

3.1.5.2 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น GT 4100 ยี่ห้อ OHAUS ประเทศ

สวิสเซอร์แลนด์

3.1.5.3 เครื่องแก้ว (ได้แก่ บีกเกอร์ แท่งแก้ว ปิเปต บิวเรตพร้อมขาตั้ง ฟลาสก์ ขวดปรับปริมาตร หลอดทดลอง กระบอกตวง กรวยกรอง เป็นต้น)

3.1.5.4 กระดาษกรอง Whatman No.1 และ No.4 ของบริษัท Whatman Internationalประเทศอังกฤษ

3.1.5.5 เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนแบบ Kjeldahl รุ่น Vapodest 20 ยี่ห้อ Gerhardt ประเทศเยอรมัน

3.1.5.6 เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณไขมัน รุ่น SER 148 ยี่ห้อ VELP SCIENTIFICA ประเทศอิตาลี

3.1.5.7 เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร ยี่ห้อ VELP SCIENTIFICA ประเทศอิตาลี

3.1.5.8 เตาเผา ยี่ห้อ Lenton ประเทศอังกฤษ

3.1.5.9 ถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture cans)

3.1.5.10 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.1.6 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

3.1.6.1 Stomacher (BEC, Thailand)

3.1.6.2 จานเพาะเชื้อ ขนาด 100 x 15 mm

3.1.6.3 ตู้บ่ม (Incubator) (BE 500, Memmert, Germany)

3.1.6.4 ตู้ปลอดเชื้อ (Lamina air flow) (NU-440-400E NUAIRE, USA)

3.1.6.5 แท่งแก้วสเปรดเชื้อ

3.1.6.6 Autopipette (Gilson)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การผลิตขนมข้าวตูสูตรพื้นฐาน

การทดลองครั้งนี้ได้นำสูตรพื้นฐานของขนมข้าวตู 3 สูตร (ภาคผนวก ก) โดยทำการผลิตขนมข้าวตูโดยชั่งส่วนผสมตามสูตร ผสมกะทิ น้ำ น้ำตาลมะพร้าว ตั้งไฟที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 7 นาที พอเดือด ใส่มะพร้าวขูด กวนให้เข้ากัน 10 นาที เติมข้าวคั่วกวนให้เข้ากัน 3 นาที พักไว้ให้เย็น ขึ้นรูปด้วยพิมพ์ขนมข้าวตู นำหนัก 15 กรัม บรรจุลงบรรจุภัณฑ์พลาสติก (บรรจุ 150 กรัม) เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไปและคัดเลือกสูตรที่ผู้ชิมให้คะแนนค่าเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุดเป็นสูตรมาตรฐานในการศึกษาการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูต่อไป

3.2.2 การผลิตการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู

ศึกษาการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0% 25% 50% 75% และ 100% ของน้ำหนักมะพร้าว (ภาคผนวก ก) โดย ขั้นตอนการเตรียมแกนสับปะรด ทำการคัดเลือกสับปะรดที่มีความสุกแก่ เนื้อสีเหลือง ล้างให้สะอาด ผ่าครึ่ง

ตามยาวแบ่งเป็น 8 ส่วน ตัดแยกส่วนแกน บดแกนให้ละเอียด คั้นน้ำออกด้วยผ้าขาวบาง รอการผลิตขนมข้าวตูต่อไป

ทำการผลิตการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูโดยชั่งส่วนผสมตามสูตร ผสมกะทิ น้ำ น้ำตาลมะพร้าว ตั้งไฟที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 7 นาที พอเดือด ใส่มะพร้าวขูด แกนสับปะรด กวนให้เข้ากัน 10 นาที เติมข้าวคั่วกวนให้เข้ากัน 3 นาที พักไว้ให้เย็น ขึ้นรูปด้วยพิมพ์สับประรด นำหนัก 15 กรัม บรรจุลงบรรจุภัณฑ์พลาสติก (บรรจุ 150 กรัม) เพื่อทำการวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี คุณภาพทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บต่อไป

3.2.3 การวิเคราะห์ทางเคมีการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตัวอย่างขนมข้าวตูสูตรพื้นฐาน และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูประกอบด้วย พลังงานทั้งหมด โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า ความชื้น กากใยอาหาร ใยอาหารชนิดละลายน้ำและใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ โดยวิธีที่ใช้ทดสอบในแต่ละรายการมีวิธีทดสอบอ้างอิง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายการทดสอบและวิธีที่ใช้ทดสอบองค์ประกอบทางเคมี

รายการทดสอบ	วิธีทดสอบอ้างอิง
พลังงานทั้งหมด	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) p.106
โปรตีน	In-house method STM No.03-017 based on AOAC (2012), 981.10
ไขมัน	Based on AOAC (2019), 2008.06
คาร์โบไฮเดรต	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) p.106
ความชื้น	AOAC (2016), 945.38B
เถ้า	AOAC (2016), 945.38C
กากใยอาหาร	In-house method STM No.03-008 based on AOAC (2016), 985.29
ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ	Based on AOAC (2012), 991.42
ใยอาหารชนิดละลายน้ำ	Based on AOAC (2012), 993.19
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w)	3500d โปรแกรมเวอชั่น CM-S100 W1.70.0001
ความชื้น (%)	AOAC (2000)
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	AOAC (2000)
ปริมาณกรด (%)	AOAC (2000)

3.2.3.1 เครื่องหาค่าพลังงาน (Bomb Calorimeter C5000)

1) วิธีวิเคราะห์

เปิดถัง Oxygen แล้วปรับความดันใช้งานให้ได้ 30 bar แล้วเปิด Swithch ที่ตัวเครื่อง และอุปกรณ์ทำความเย็น หน้าจอจะขึ้น Waiting Unstable ให้รอจนกระทั่งเปลี่ยนเป็น Waiting stable ชั่งตัวอย่าง ช่วงน้ำหนักระหว่าง 0.5000 - 2.000 g. (ความละเอียด 4 ตำแหน่ง) ลงใน Crucible ถ้าเป็นตัวอย่างของเหลว ต้องใส่ถุงเฉพาะของตัวอย่าง ผูกเชือก (Cotton thread) นำ

Crucible มาใส่ที่ลูก Bomb ให้ Cotton thread สัมผัสถูกตัวอย่าง ปิดลูก Bomb แล้วกดปุ่ม Sample ที่แป้นควบคุม แล้วป้อนข้อมูลน้ำหนักของตัวอย่างที่ชั่งไว้ กด Tap เพื่อเลือกแถบป้อนข้อมูลไปที่ Sample proper เพื่อใส่ช่อตัวอย่าง ใช้ลูกศรเลื่อนหาตำแหน่ง ตัวอักษร กดปุ่ม (.) กดเพื่อบันทึกตัวอักษร เมื่อได้ชื้อแล้วกด tap เลื่อนแถบไปที่ User ให้ใส่ชื้อผู้ใช้งาน แล้วกด Tap ลงมาที่ OK กดปุ่ม OK หน้าจอจะกลับมาที่หน้าหลัก ให้นำลูก BOMB ที่เตรียมไว้ไปแขวนบริเวณฝาเครื่อง ดันเข้าไปจนสุด กด Start ที่หน้าจอ เครื่องจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติจนกระทั้งสินสุดการทำงาน เมื่อทำเสร็จแล้ว วิธีปิดเครื่อง กด menu เลือก System แล้วเลือก Exit กด OK แล้วจึงกดปิด Switch ที่ตัวเครื่องกับ Switch อุปกรณ์ทำความเย็น

3.2.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (Determination ofProtein)

1) วิธีวิเคราะห์

ทำการย่อย กลั่น และไทเทรตเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนดังนี้

2) การย่อย

เปิดเครื่องหล่อเย็นก่อนทำการกลั่นอย่างน้อย 30 นาที ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5–1.0 กรัม อย่างละเอียดใส่ลงในหลอดย่อย (Kjeldhl Flask หรือ digestion tube) เติมสารช่วยเร่งปฏิกิริยาที่ผสมระหว่าง $CuSO_4$ และ K_2SO_4 ในอัตราส่วน 0.5: 10 ประมาณ 10–15 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10–15 มิลลิลิตร เขย่าให้สารทั้งหมดเข้ากันเบา ๆ ตั้งหลอดย่อยใน Stand สวม exhaust manifold ลงบนขวดย่อย ตั้ง Stand, Digestion tube และ Exhaust ลงบนเครื่องย่อย แล้วเปิด Power เครื่องย่อยหมุนปุ่มไปที่เลข 9 เปิดเครื่องดักจับไอกรด ย่อยจนได้สารละลายใสทุกหลอดประมาณ 45 – 60 นาที ยก Stand พร้อมหลอดย่อยออกจากเครื่องย่อยโดยเปิดเครื่องดูดจับไอกรดไว้ ทิ้งให้สารละลายเย็น จนควันในหลอดไม่มีจึงค่อยปิดเครื่องดักจับไอกรด (ระวังอย่าให้สารละลายในหลอดเซ็ดตัว) จากนั้นนำไปกลั่น

3) การกลั่นและวิเคราะห์ปริมาณ

เปิดเครื่องหล่อเย็นก่อนทำการกลั่นอย่างน้อย 30 นาที (อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส) แล้วเปิดเครื่องกลั่น ใส่หลอดย่อยและฟาส์กเปล่าเข้าไปที่เครื่องกลั่น จากนั้นเข้าไปที่หน้าจอเครื่องกลั่นกดปุ่ม preheat เพื่อเป็นการอุ่นเครื่องจนครบระยะเวลา 2 นาที ใส่หลอดย่อยที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณ ¼ ของหลอด พร้อมฟาส์ก ใส่เข้าประจำที่เครื่องกลั่น แล้วกดปุ่ม clean เพื่อเป็นการล้างทำความสะอาดเครื่อง ใส่หลอดย่อยที่มีสารสกัดจากตัวอย่างที่ย่อยแล้ว โดยเริ่มกลั่นจาก Blank ก่อนแล้วปิดประตูเครื่องกลั่น เข้าโปรแกรม distillation → Enter → oad → Pro→ OK ใส่หลอดย่อยให้แน่น พร้อมกับใส่ฟาส์กที่บรรจุกรดบอริค หลังจากนั้น กด start เครื่อง จะทำการดูดสารละลายที่อยู่ในแทงค์ เข้าไปในหลอดย่อย กดปุ่มด่าง (NaOH) ประมาณ 2–3 ครั้ง จนสารละลายในหลอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม – สีดำ (จะใช้ในกรณีที่สารละลายในหลอดไม่เป็นสีน้ำเงินหรือสีดำ) รอจนเครื่องกลั่นทำงานเสร็จ นำสารละลายในฟาส์กที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับกรด เติม Bromocresolgreen และ Methyl redอย่างละ 2 หยด นำสารละลายดังกล่าวไปไทเทรตกับกรด HCl 0.1 M จนได้สารละลายเป็นสีชมพูอ่อนคงที่

การคำนวณ

$$\%N = \frac{14\times(V_1 - V_2)\times \text{normality of HCL(mol/L)}\times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}\times 1000}$$

เมื่อ V_1 คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรตตัวอย่าง

V_2 คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรต blank

%Protein = %N × ตัวแฟคเตอร์ (F)

เมื่อ F คือ conversion factor ซึ่งเป็นค่าคงที่เฉพาะของแหล่งโปรตีน (โปรตีนในอาหารทั่วไปเท่ากับ 6.25)

3.2.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (Determination of Crude fat)

ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน โดยใช้กระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักรองรับ ชั่งตัวอย่างประมาณ 1–2 กรัม ถ้าตัวอย่างเป็นชนิดที่มีไขมันต่ำให้ชั่งประมาณ 3–5 กรัม ห่อตัวอย่างให้มิดชิดด้วยกระดาษกรองแล้วใส่ลงในทิมเบิล จากนั้นใส่ทิมเบิลในช่องกลั่นของเครื่อง Soxhlet ชั่งน้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมสำหรับวิเคราะห์ไขมัน ที่อบให้แห้งสนิทแล้ว นำไปประกอบกับเครื่อง Soxhlet จากนั้นกด ปุ่ม preheat รอให้อุณหภูมิขึ้นถึง 135 องศาเซลเซียส(ขณะเดียวกัน เปิด cooling bath) ค่อยๆเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาณ 80 มิลลิลิตร โดยแบ่งออกเป็นสองรอบ รอบละ 40 มิลลิลิตร เพื่อไม่ให้ปิโตรเลียมอีเทอร์ชะล้างตัวอย่างเร็วเกินไป เมื่ออุณหภูมิที่กำหนดได้แล้วให้เลือกรูปแบบในการใช้งาน รูปแบบที่ 1 หลังจากนั้นให้กดปุ่มถัดมาเพื่อเริ่มการทำงาน และเมื่อทำงานครบเวลาที่ตั้งไว้แต่ละครั้งจะมีเสียงร้องเตือนให้กดปุ่มถัดมา จนครบการทำงานพร้อมกับยกคันโยกตามรูปแบบที่กำหนดไว้ที่เครื่องสกัดไขมัน เมื่อสกัดได้ตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำถ้วยอะลูมิเนียมซึ่งมีไขมัน หรือน้ำมันที่สกัดได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกเกือบหมดแล้วนำไปอบแห้ง ในตู้อบอุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที และชั่งจนได้น้ำหนักคงที่หลังจากทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์

คำนวณปริมาณของไขมันในตัวอย่างอาหารจากการคำนวณน้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมที่เพิ่มขึ้น โดยใช้สูตรต่อไปนี้

สูตรคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{100\times(W_1 - W_2)}{W}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของตัวอย่างอบแห้ง (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมและไขมันหลังอบแห้งจนน้ำหนักคงที่ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมที่นำไปอบจนได้น้ำหนักคงที่ (กรัม)

3.2.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Determination of Carbohydrates)

วิธีหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

คำนวณหาโดยใช้ความแตกต่างของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง และปริมาณองค์ประกอบอื่น ๆ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต = 100 – (โปรตีน (%) + ไขมัน (%) + เถ้า (%) + ความชื้น (%) + เส้นใยหยาบ (%))

3.2.3.5 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (Determination of ash)

เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500–550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปิดสวิทซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30–45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักคงที่ เผาซ้ำอีกประมาณ 30 นาที และทำซ้ำข้อ 1 จนผลต่างของน้ำหนักคงที่ ชั่งตัวอย่างประมาณ 3-5กรัม ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible) ที่เผาและชั่งน้ำหนักแน่นอน นำตัวอย่างไปเผาบน hot plate (เผาในตู้ hood) จนเปลวไฟหมดควันเพื่อเผาส่วนที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ออกไป

หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปเผาในเตาเผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ550 องศาเซลเซียสนานประมาณ 4 - 5 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือสีเทาอ่อน นำออกจากตู้เผาใส่ในเดสิกเคเตอร์ ปล่อยไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก เผาตัวอย่างซ้ำนาน 30 นาที จนได้น้ำหนักที่คงที่ (น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 0.001 กรัม)

สูตรคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{100 \times (W_2 - W)}{W_1 - W}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

3.2.3.6 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Determination of moisture content)

อบจานหาความชื้นอะลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบลมร้อน(Hot air oven) ที่อุณหภูมิ100-105 องศาเซลเซียสประมาณ 30 นาที ทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักจาน และฝาปิดให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ในจานอะลูมิเนียม ประมาณ 2 กรัม นำกลับ ไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียสนานประมาณ 5 ชั่วโมง โดยเปิดฝาอะลูมิเนียมเล็กน้อย จากนั้นปิดฝาแล้วนำไปทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักจาน และฝาปิดให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนทำการอบซ้ำครั้งละ 30 นาที และชั่งน้ำหนักจนกว่าจะได้น้ำหนักที่แตกต่างกันไม่ควรเกิน 2 มิลลิกรัม คำนวณปริมาณของความชื้น (%) ของตัวอย่างอาหาร

สูตรคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{100\times(W_1 - W_2)}{W_1 - W_2}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (กรัม)
W_1 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)
W_2 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

3.2.3.7 การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใย (Determination of Crude fiber)

เตรียมตัวอย่างโดยบดให้ละเอียด โดยตัวอย่างต้องผ่านการสกัดเอาไขมันออกแล้ว ทำให้เย็นใน Dessicator ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างที่บดแล้ว 1 กรัม (W_0) ลงในครูซิเบิลแก้วที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำครูซิเบิลแก้วใส่ลงในเครื่อง hot extraction unit จากนั้นเลื่อนคันโยกด้านซ้ายมาล็อกให้แน่น เพื่อป้องกันสารเคมีไหลออกมา (ขณะเลื่อนคันโยกลงระวังปากครูซิเบิลแก้วแตก) โยกปุ่มควบคุมด้านหน้าไปที่ตำแหน่ง closed เติมสารละลายกรดซัลฟูริก (ที่เตรียมไว้แล้ว) หลังจากนั้นนำไปต้มให้ร้อนไว้ก่อนโดยใช้ hot plate นำไปเทลงท่อแก้วคอนเดนเซอร์ ปริมาตร 150 มิลลิลิตร เติม 3–5 หยด n–octanol ลงในท่อแก้วคอนเดนเซอร์เพื่อป้องกันการเกิดฟอง เปิดปุ่ม power แล้วหมุนระดับไฟไปที่ระดับสูงสุด (Max) เมื่อสารละลายในท่อแก้วคอนเดนเซอร์เริ่มเดือดเริ่มจับเวลา 30 นาที และปรับระดับไฟไปที่เลข 4–5 เพื่อให้สารละลายเดือดอย่างคงที่

เมื่อครบ 30 นาที ปิดไฟและกรองสารละลายออก โดยโยกปุ่มควบคุมด้านหน้า ไปที่ตำแหน่ง vacuum พร้อมกับเปิดก๊อกน้ำช่วยการกรองด้วย และเพื่อการกรองสารละลายได้เร็วขึ้น ให้ใช้ปุ่ม pressure พร้อมทั้งเปิด blower ร่วมด้วย (ใกล้กับปุ่ม Power) ทำสลับกันเช่นนี้จนกรองสารละลายหมด ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง ครั้งละ 50 มิลลิลิตร ทำการกวนตัวอย่างให้กระจายในน้ำร้อนโดยใช้ปุ่ม pressure จากนั้นกรองสารละลายออก เมื่อสารละลายหมดแล้วให้เลื่อนปุ่มด้านหน้าไปที่ตำแหน่ง closed เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้มให้ร้อนก่อนใส่ลงในท่อแก้วคอนเดนเซอร์ ปริมาตร 150 มิลลิลิตร จากนั้นทำซ้ำข้อ 5 – 8 เมื่อล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนครบ 3 ครั้ง ล้างด้วยอะซิโตน หรือ แอลกอฮอล์ ปริมาตรครั้งละ 25 มิลลิลิตร เพื่อไล่น้ำออกจนแห้ง อบด้วยตู้อบลมร้อนครูซิเบิลแก้วที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ (W_1) บันทึกน้ำหนักไว้ จากนั้นเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ (W_2) บันทึกน้ำหนักไว้ (ใส่ตัวอย่างก่อนเพิ่มอุณหภูมิเป็น 500 องศาเซลเซียส)

สูตรการคำนวณ

$$\text{Crude fiber (\%)} = \frac{(W_1 - W_2)\times 100}{W_0}$$

เมื่อ W_0 คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักครูซิเบิลแก้ว + ตัวอย่างหลังอบ (กรัม)
W_2 คือ น้ำหนักครูซิเบิลแก้ว + ตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

3.2.4 การวิเคราะห์ทางกายภาพขนมข้าวตูและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพตัวอย่างขนมข้าวตูและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูประกอบด้วย ค่าสี L* a* b* และค่าเนื้อสัมผัสทำการทดสอบแบบ (TPA) ซึ่งเปนวิธีการวิเคราะหโปรไฟลหรือเสนโคงที่เกิดจากการใหแรงกระทำตอวัตถุและการตอบสนองตอแรงกระทำนั้นของวัตถุ โดยผลที่ไดสามารถเชื่อมโยงกับคุณสมบัติดานเนื้อสัมผัสของวัตถุที่ทำการวัด แสดงผลเปนคาความแข็ง (Hardness) คาความเหนียวหนืด (Stickiness) คาการเกาะติดกันของตัวอยางอาหาร (Cohesiveness) โดยรายการทดสอบ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายการทดสอบทางกายภาพ

รายการทดสอบ	วิธีทดสอบอ้างอิง
ค่าสี	เครื่องวัดสีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ L* a* b*
ค่าเนื้อสัมผัส	Texture Profile Analysis (TPA)

3.2.5 การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู

การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาตัวอย่างขนมข้าวตูสูตรพื้นฐาน และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูประกอบด้วยจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) เชื้อรา (CFU/g) S. *aureus* (1 กรัม) *B. cereus* (CFU/g) โดยวิธีที่ใช้ทดสอบในแต่ละรายการมีวิธีทดสอบอ้างอิง ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายการทดสอบและวิธีที่ใช้ทดสอบองค์ประกอบทางจุลชีววิทยา

รายการทดสอบ	วิธีทดสอบอ้างอิง
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	BAM (2001), Chapter 3
เชื้อรา (CFU/g)	BAM (2001), Chapter 18
S. *aureus* (1 กรัม)	BAM (2016), Chapter 12
B. cereus (CFU/g)	BAM (2016), Chapter 11

3.2.6 การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมข้าวตูและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู

การศึกษาขนมข้าวตูและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างน้ำพริกมะขามสูตรพื้นฐานโดยผู้ทดสอบชิมที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านอาหารและมีความคุ้นเคยกับขนมข้าวตู จำนวน 50 คน ซึ่งเป็นอาจารย์สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ และสาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครด้วยวิธีการทดสอบการยอมรับแบบ 9-Point Hedonic Scale (Nicolas et al., 2010) (ภาคผนวก ค) สำหรับตัวอย่างขนมข้าวตู บรรจุในถ้วยพลาสติกสีขาวมีฝาปิดทำการติดรหัสตัวอย่างจากการสุ่มหมายเลข 3 หลัก จากนั้นเสริฟ์ให้กับผู้ทดสอบชิมพร้อมน้ำดื่มสำหรับล้างปาก การทดสอบการยอมรับตัวอย่างน้ำพริกมะขามแต่ละชุดการทดลอง ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับด้านต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

ตารางที่ 3.4 ลักษณะของข้อมูลการศึกษาขนมข้าวตูโดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแผนการทดลองแบบ RCBD

ผู้ทดสอบ (Block)	Treatment		
	สูตรที่ 1	**สูตรที่ 2**	**สูตรที่ 3**
1	X_{11}	X_{21}	X_{31}
2	X_{12}	X_{22}	X_{32}
3	X_{13}	X_{23}	X_{33}
4	X_{14}	X_{24}	X_{34}
5	X_{15}	X_{25}	X_{35}
6	X_{16}	X_{26}	X_{36}
7	X_{17}	X_{27}	X_{37}
8	X_{18}	X_{28}	X_{38}
9	X_{19}	X_{29}	X_{39}
10	X_{110}	X_{210}	X_{310}
20	X_{120}	X_{220}	X_{320}
50	X_{150}	X_{250}	X_{350}

3.2.7 การศึกษาอายุการเก็บข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู

ทำการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาตัวอย่างขนมข้าวตูสูตรพื้นฐาน และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู ที่ อุณหภูมิห้อง ทำการวิเคราะห์ทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 14 วัน และอุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) ทำการวิเคราะห์ทุกๆ 7 วัน เป็นเวลา 28 วัน ประกอบด้วย จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) เชื้อรา (CFU/g) *S. aureus* (1 กรัม) *B. cereus* (CFU/g) โดยวิธีที่ใช้ทดสอบในแต่ละรายการมีวิธีทดสอบอ้างอิง ดังตารางที่ 3.3

3.2.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย One-way ANOVA และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย LSD (Least Significant Difference) (Williams and Abdi, 2010) DMRT (Duncan's Multiple-Range Test) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.2.9 สถานที่ทำการศึกษาทดลอง

1) ศึกษาการใช้โดยใช้ห้องปฏิบัติการอาหาร 512 คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2) ประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.2.10 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการวิจัยตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2562 – 30 กันยายน 2563

แผนการดำเนินงาน	ปีพ.ศ. 2562			ปีพ.ศ. 2563								
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1.ศึกษาและรวบรวมข้อมูล	←	—	—	→								
2.เตรียมวัตถุดิบและอุปกรณ์			←	—	—	→						
3.ศึกษาและทดลอง							←	—	—	→		
4.วิเคราะห์ผล								←	—	—	→	
5.สรุปผลและจัดทำรายงาน									←	—	—	→
6.เผยแพร่									←	—	—	→

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานข้าวตู

การศึกษาสูตรพื้นฐานข้าวตูจำนวน 3 สูตร (ภาคผนวก) โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale) (Nicolas et al., 2010) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นอาจารย์สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ และสาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance , ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ Least Significant Difference (LSD) สูตรพื้นฐานขนมข้าวตู แสดงดังตารางที่ 4.1 และคะแนนค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่าความแตกต่างของขนมข้าวตูสูตรพื้นฐานจำนวน 3 สูตร แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 สูตรพื้นฐานขนมข้าวตูจำนวน 3 สูตร

วัตถุดิบ	น้ำหนักวัตถุดิบ (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ข้าวคั่วโม่ละเอียด	200	-	200
ข้าวสุกตากแห้ง	-	250	-
มะพร้าวขูดขาว	300	250	350
น้ำตาลมะพร้าว	440	125	400
หัวกะทิ	-	-	200
น้ำ	325	62.5	100

ที่มา: สูตรที่ 1 : สุภรณ์ (ม.ป.ป.)

สูตรที่ 2 : อาหารจานโปรด (2560)

สูตรที่ 3 : อานันทร์ (2563)

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าความแตกต่างคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวตูสูตรพื้นฐาน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ยและค่าความแตกต่าง (สูตร)		
	1	2	3
ลักษณะปรากฏ	7.75±0.74[b]	7.82±0.65[a]	**7.93±0.93[a]**
สี	7.83±0.65[a]	7.91±0.74[a]	**7.95±0.88[a]**
กลิ่น	7.52±0.94[a]	7.63±0.77[a]	**7.90±0.84[a]**
รสชาติ	7.38±0.78[b]	7.37±0.70[b]	**7.93±0.97[a]**
เนื้อสัมผัส	7.50±0.75[b]	7.34±0.73[b]	**7.93±0.77[a]**
ความชอบโดยรวม	7.45±0.68[b]	7.58±0.69[b]	**7.98±0.86[a]**

หมายเหตุ คะแนนเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดสอบ 50ซ้ำ

[a,b....]ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างของคะแนนการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.2 จากการประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสของขนมข้าวตูสูตรพื้นฐาน จำนวน 3 สูตร พบว่าคุณลักษณะในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผู้ชิมให้การยอมรับสูตรที่ 3 สูงที่สุด โดยมีคะแนนค่าเฉลี่ย 7.93 7.95 7.90 7.93 7.93 และ 7.98 ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพบว่าด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ ($P\leq0.05$) ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่ 3 เป็นสูตรพื้นฐานในการศึกษาต่อไป

4.2 ผลการศึกษาปริมาณแกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู

จากการศึกษาสูตรพื้นฐานขนมข้าวตูที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 4.1 นำมาศึกษาการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0% 25% 50% 75% และ 100 % ของน้ำหนักมะพร้าว โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนน 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale RCBD) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นอาจารย์สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ และสาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance , ANOVA) และหาความแตกต่างแบบ Least Significant Difference (LSD) สูตรการใช้การใช้แกนสับปะรดทดแทน

มะพร้าวในขนมข้าวตูแสดงดังตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยและค่าความแตกต่างคุณภาพทางประสาทสัมผัส และค่าความแตกต่างของการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ปริมาณการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูจำนวน 5 ระดับ

วัตถุดิบ	**น้ำหนักวัตถุดิบ (กรัม)**				
	0%	**25%**	**50%**	**75%**	**100%**
ข้าวคั่วโม่ละเอียด	200	200	200	200	200
มะพร้าวขูดขาว	350	262.5	175	87.5	-
น้ำตาลมะพร้าว	400	400	400	400	400
หัวกะทิ	200	200	200	200	200
น้ำเปล่า	100	100	100	100	100
แกนสับปะรด	**-**	**87.5**	**175**	**262.5**	**350**

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยและค่าความแตกต่างคุณภาพทางประสาทสัมผัสของการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	**ค่าเฉลี่ย และค่าความแตกต่าง**				
	สูตรที่ 1 0%	**สูตรที่ 2 25%**	**สูตรที่ 3 50%**	**สูตรที่ 4 75%**	**สูตรที่ 4 100%**
ลักษณะปรากฏ	7.52±0.99^{a}	7.54±0.99^{a}	7.68±0.96^{a}	**7.76±0.94^{a}**	7.42±0.99^{a}
สี	7.46±0.86^{a}	7.64±0.96^{a}	**7.68±0.96^{a}**	**7.68±0.96^{a}**	7.40±0.97^{a}
กลิ่น	7.50±0.89^{a}	7.48±0.99^{a}	7.66±0.92^{a}	**7.78±0.89^{a}**	7.52±0.99^{a}
รสชาติ	7.32±0.94^{a}	7.36±0.96^{a}	7.36±0.90^{a}	**7.44±0.93^{a}**	7.32±0.98^{a}
เนื้อสัมผัส	7.44±0.91^{a}	7.56±0.88^{a}	7.53±0.97^{a}	**7.51±0.85^{a}**	7.44±0.97^{a}
ความชอบโดยรวม	7.68±0.96^{a}	7.60±0.99^{a}	7.60±0.90^{a}	**7.70±0.79^{a}**	7.42±0.97^{a}

หมายเหตุ *คะแนนเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดสอบ 50 ซ้ำ

$^{a,b.....}$ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.4 จากการประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสของการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูจำนวน 5 ระดับ 0% 25% 50% 75 % และ 100 % พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับที่ 75 % คุณลักษณะในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

สูงสุด โดยมีคะแนนค่าเฉลี่ย 7.76 7.78 7.44 7.51 และ 7.70 ตามลำดับ ด้านสี ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับสูงสุดที่ระดับ 50% และ 75 % โดยมีคะแนนค่าเฉลี่ย 7.68 เท่ากัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่า ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ **(**$p>0.05$)

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางเคมีของข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู

คุณภาพ	ข้าวตูสูตรพื้นฐาน	แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู
a_w	0.85 ± 0.00^a	0.90 ± 0.00^a
ความชื้น (%)	17.08 ± 1.43^b	24.01 ± 0.81^a
ค่า pH	6.24 ± 0.09^a	5.94 ± 0.05^a
ปริมาณกรด (%)	0.19 ± 0.01^a	0.12 ± 0.01^a

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.5 ค่า Water Activity (a_w) ของข้าวตูสูตรพื้นฐาน เท่ากับ 0.85 และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู เท่ากับ 0.90 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าความชื้นข้าวตูสูตรพื้นฐาน เท่ากับ 17.08 และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู เท่ากับ 24.01 ค่า pH ของข้าวตูสูตรพื้นฐาน เท่ากับ 6.24 และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู เท่ากับ 5.94 ($p>0.05$) ปริมาณกรดข้าวตูสูตรพื้นฐาน เท่ากับ 0.19 และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู เท่ากับ 0.12

ตารางที่ 4.6 คุณภาพทางกายภาพของข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู

คุณภาพ	ข้าวตูสูตรพื้นฐาน	แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู
ค่าสี		
L* (ความสว่าง)	35.56 ± 0.63^a	37.31 ± 0.58^a
a* (สีแดง)	5.06 ± 0.11^a	4.42 ± 0.24^a
b* (สีเหลือง)	9.25 ± 0.10^a	9.45 ± 0.88^a
เนื้อสัมผัส		
ความแข็ง (Hardness)	2193.51 ± 76.77	1,981.319 ±50.86
ค่าความเหนียวหนืด (Stickiness)	128.21 ± 4.48	140.0985±3.28
ค่าการเกาะติด (Cohesiveness)	570.3 ± 19.96	623.1822 ±14.60

หมายเหตุ

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

L* = ค่าความสว่าง (0 = มืด, 100 = สว่าง)

a* = สีแดง / สีเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว)

b* = สีเหลือง / สีน้ำเงิน (+ = สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน)

ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวตู ทำการทดสอบแบบ (TPA) ซึ่งเปนวิธีการวิเคราะหโปรไฟลหรือเส่นโค่งที่เกิดจากการให่แรงกระทำตอวัตถุและการตอบสนองตอแรงกระทำนั้นของวัตถุ โดยผลที่ได สามารถเชื่อมโยงกับคุณสมบัติด่านเนื้อสัมผัสของวัตถุที่ทำการวัด แสดงผลเปนคาความแข็ง (Hardness) คาความเหนียวหนืด (Stickiness) คาการเกาะติดกันของตัวอยางอาหาร (Cohesiveness

จากตารางที่ 4.6 คุณลักษณะทางกายภาพด้านสีของการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูมีค่า L* (ค่าความสว่าง) b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) มากกว่าข้าวตูสูตรพื้นฐาน ($p>0.05$) วัดเนื้อสัมผัส ตัวอย่างการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูมีคาความเหนียวหนืด (Stickiness) คาการเกาะติดกันของตัวอยางอาหาร (Cohesiveness) สูงกว่าข้าวตูสูตรพื้นฐาน แต่ค่าความแข็ง (Hardness) ลดลง

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู

รายการวิเคราะห์	หน่วย/100 กรัม	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)	
		ข้าวตูสูตรพื้นฐาน	แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู
พลังงานทั้งหมด	(กิโลแคลอรี)	**377**	316
คาร์โบไฮเดรต	(กรัม)	**57.0**	56.3
โปรตีน	(กรัม)	**3.27**	2.71
ไขมัน	(กรัม)	**15.1**	8.86
เถ้า	(กรัม)	**0.73**	0.52
กากใยอาหาร	(กรัม)	**4.95**	3.99
ใยอาหารไม่ละลายน้ำ	(กรัม)	**3.86**	3.60
ใยอาหารละลายน้ำ	(กรัม)	**1.09**	0.39
ความชื้น	(กรัม)	23.9	**31.6**

จากตารางที่ 4.7 สามารถนำผลการตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการด้านต่างๆ เพื่ออธิบายและเปรียบเทียบโภชนาการต่อสัดส่วนที่สามารถกินได้ จากตัวอย่างข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูพบว่า สูตรพื้นฐานมี พลังงานทั้งหมดร้อยละ 377 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 57.0 โปรตีนร้อยละ 3.27 ไขมันร้อยละ 15.1 เถ้าร้อยละ 0.73 กากใยอาหาร ร้อยละ 4.95 ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 3.86 ใยอาหารชนิดละลายน้ำ ร้อยละ 10.9 และความชื้นร้อยละ 23.9 สำหรับการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูมี พลังงานทั้งหมด ร้อยละ 316 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 56.3 โปรตีนร้อยละ 2.71 ไขมันร้อยละ 8.86 เถ้าร้อยละ 0.52 กากใยอาหารร้อยละ 3.99 ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 3.60 ใยอาหารชนิดละลายน้ำ ร้อยละ 0.39 และความชื้นร้อยละ 31.6 แสดงให้เห็นว่า ข้าวตูแกนสับปะรดมีคุณค่าทางโภชนาการในด้านพลังงานทั้งหมด คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยอาหาร ใยอาหารชนิดละลายน้ำและชนิดไม่ละลายน้ำ มีปริมาณน้อยกว่าข้าวตูสูตรพื้นฐาน

ตารางที่ 4.8 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตู

คุณภาพ	ข้าวตูสูตรพื้นฐาน	แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	<10	<10
เชื้อรา (CFU/g)	<10	<10
S. *aureus* (1 กรัม)	ไม่พบ	ไม่พบ
B. cereus (CFU/g)	<10	<10

จากตารางที่ 4.8 จำนวนจุลินทรีย์ของข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ที่นับได้ทั้งหมด (Total viable count, TVC) ทั้ง 2 ตัวอย่าง น้อยกว่า $1x10^6$ โคโลนี /ตัวอย่าง 1 กรัม เชื้อรา และ *Bacillus cereus* น้อยกว่า 100 โคโลนี/ตัวอย่าง 1 กรัม และ *Staphylococcus aureus* ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนี/ตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งทั้ง 2 ตัวอย่างไม่พบ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหรรมกำหนด (มผช.711/2559)

4.3 ผลการศึกษาอายุการเก็บข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู

ทำการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาตัวอย่างขนมข้าวตูสูตรพื้นฐาน และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู ที่ อุณหภูมิห้อง ทำการวิเคราะห์ทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 14 วัน และอุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) ทำการวิเคราะห์ทุกๆ 7 วัน เป็นเวลา 28 วัน ประกอบด้วยจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) เชื้อรา (CFU/g)

ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ในข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	ข้าวตูสูตรพื้นฐาน		แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู	
	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	เชื้อรา (CFU/g)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	เชื้อรา (CFU/g)
0	<10	<10	<10	<10
2	<10	<10	<10	<10
4	<10	<10	<10	<10
6	<10	<10	53	<10
8	<10	<10	4.30×10^4	6.67×10^4
10	<10	<10	-	-
12	1.23×10^2	0.15×10^2	-	-
14	2.25×10^4	3.17×10^4	-	-

จากตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ในข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ผลิตภัณฑ์ข้าวตูสูตรพื้นฐาน มีอายุการเก็บ 12 วัน และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู มีอายุการเก็บ 6 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ในข้าวตูสูตรพื้นฐานและการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น (ตู้เย็น 4±1 °C)

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	ข้าวตูสูตรพื้นฐาน		แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู	
	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	เชื้อรา (CFU/g)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	เชื้อรา (CFU/g)
0	<10	<10	<10	<10
7	<10	<10	<10	<10
14	<10	<10	<10	<10
21	<10	<10	53	<10
25	200	25	140	80
28	2.50×10^4	5.5×10^2	2.50×10^4	3.6×10^3

จากตารางที่ 4.10 พบว่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ เมื่อเก็บจนถึงวันที่ 25 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดยังเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ที่ระบุว่า จุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม เชื้อรา ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มผช. ข้าวตู 711/2559) แต่เมื่อเก็บถึงวันที่ 28 พบมีจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อราเกินกว่ามาตรฐานกำหนด ดังนั้นข้าวตูทั้งสูตรพื้นฐานและแกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูมีอายุในการเก็บรักษา 25 วัน (ไม่เกิน 28 วัน) พิจารณาจากการเสื่อมเสียที่ตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อราเกินกว่ามาตรฐานกำหนดในวันที่ 28

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลการคัดเลือกข้าวตูสูตรพื้นฐานผู้ชิมให้การยอมรับ สูตรที่ 3 (อานันทร์, 2563) ($p<0.05$) เป็นสูตรมาตรฐานในการศึกษาการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าว ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับที่ระดับ 75 % ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด โดยมีคะแนนค่าเฉลี่ย 7.76 7.78 7.44 7.51 และ 7.70 ตามลำดับ ด้านสี ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับสูงสุดที่ระดับ 50% และ 75 % โดยมีคะแนนค่าเฉลี่ย 7.68 เท่ากัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่า ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ ($p>0.05$)

Water Activity (aw) ของข้าวตูสูตรพื้นฐาน เท่ากับ 0.85 และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู เท่ากับ 0.90 ($p>0.05$) ค่าความชื้นข้าวตูสูตรพื้นฐาน เท่ากับ 17.08 และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู เท่ากับ 24.01 ค่า pH ของข้าวตูสูตรพื้นฐาน เท่ากับ 6.24 และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูเท่ากับ 5.94 ($p>0.05$) ปริมาณกรดข้าวตูสูตรพื้นฐาน เท่ากับ 0.19 และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู เท่ากับ 0.12

คุณลักษณะทางกายภาพด้านสีของการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูมีค่า L* (ค่าความสว่าง) b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) มากกว่าข้าวตูสูตรพื้นฐาน ($p>0.05$) วัดเนื้อสัมผัส ตัวอย่างการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูมีคาความเหนียวหนืด (Stickiness) คาการเกาะติดกันของตัวอยางอาหาร (Cohesiveness) สูงกว่าข้าวตูสูตรพื้นฐาน แต่ค่าความแข็ง (Hardness) ลดลง

คุณค่าทางโภชนาการข้าวตูสูตรพื้นฐานพบว่า พลังงานทั้งหมดร้อยละ 377 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 57.0 โปรตีนร้อยละ 3.27 ไขมันร้อยละ 15.1 เถ้าร้อยละ 0.73 กากใยอาหารร้อยละ 4.95 ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 3.86 ใยอาหารชนิดละลายน้ำ ร้อยละ 10.9 และความชื้นร้อยละ 23.9 การใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในขนมข้าวตูมี พลังงานทั้งหมดร้อยละ 316 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 56.3 โปรตีนร้อยละ 2.71 ไขมันร้อยละ 8.86 เถ้าร้อยละ 0.52 กากใยอาหารร้อยละ 3.99 ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 3.60 ใยอาหารชนิดละลายน้ำ ร้อยละ 0.39 และความชื้นร้อยละ 31.6 แสดงให้เห็นว่า ข้าวตูแกนสับปะรดมีคุณค่าทางโภชนาการในด้านพลังงานทั้งหมด คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยอาหาร ใยอาหารชนิดละลายน้ำและชนิดไม่ละลายน้ำ มีปริมาณน้อยกว่าข้าวตูสูตรพื้นฐาน

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ (อุณหภูมิห้อง) ในข้าวตูสูตรพื้นฐาน มีอายุการเก็บ 12 วัน และการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู มีอายุการเก็บ 6 วัน และที่ (อุณหภูมิตู้เย็น) พบว่าเมื่อเก็บจนถึงวันที่ 25 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดยังเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ที่ระบุว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม เชื้อรา ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มผช. ข้าวตู 711/2559) แต่เมื่อเก็บถึงวันที่ 28 พบมีจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อรา

เกินกว่ามาตรฐานกำหนด ดังนั้นข้าวตูทั้งสูตรพื้นฐานและแกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตูมีอายุในการเก็บรักษา 25 วัน (ไม่เกิน 28 วัน)

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการใช้แกนสับปะรดในการทดแทนมะพร้าวในข้าวตูพบว่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผู้ชิมให้การยอมรับที่ 75 % ซึ่งมีคะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลาง ดังนั้นจากคุณสมบัติของแกนสับปะรดสามารถนำไปพัฒนาหรือต่อยอดให้กับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอื่นได้ เช่น ไส้ขนมสอดไส้ ถั่วกวน เผือกกวนเป็นต้น ทั้งยังส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการเช่นการลดลงของพลังงานทั้งหมด คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และอาจช่วยเพิ่มใยอาหารได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธาณสุข. 2544. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย.** สำนักพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก, นนทบุรี.

ทัศนีย์ วิทูธีรศานต์. 2545. **ทฤษฎีอาหารและหลักการประกอบอาหาร.** กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเลย.

จินดารัฐ วีระวุฒิ. 2541. **สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

ทวีศักดิ์ แสงอุดม. 2558. **วิจัยและพัฒนาสับปะรด**. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สิรินทร์ทิพย์ สุตตาพงค์. 2562. **การพัฒนาขนมข้าวตูจากกากถั่วเหลือง.** การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ. ครั้งที่ 29 ประจำปี 2562. หน้า 1021.

ประดิษฐ์ คำหนองไผ่. 2557. **ผลของใยอาหารจากแกนสับปะรดต่อคุณภาพของชิฟฟ่อนเค้ก**. การประชุมสัมมนาทางวิชาการ มทร.ตะวันออก มรภ.กลุ่มศรีอยุธยา และราชนครินทร์วิชาการและวิจัย. หน้า 22-26.

สมนึก พานิชกิจ. 2558. **ข้าวมหัศจรรย์พรรณพืช**. สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ.

สำนักงานสถิติการเกษตร. 2559. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2556. **ข้าวตู.** มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 371/2559. กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2556. **ข้าวคั่ว.** มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 1381/2550. กระทรวงอุตสาหกรรม.

ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรมหาวิทยาลัยศิลปากร. (ม.ป.ป). **พลาสติกชนิด PET หรือ PETE. Retrieved from สารเคมีในชีวิตประจำวัน**: http://oldweb.pharm.su.ac.th/chemistry-in-life/d034.htm

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2017, 01 15). **PACKAGING INDUSTRIAL INTELLIGENCE UNIT. Retrieved from กระบวนการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติก thermoforming**: https://packaging.oie.go.th/new/admin_control_new/html-demo/file_technology/2961435807.pdf

วาสนา ขวยเขิน .ม.ป.ป. **เอกสารประกอบการอบรมอาหารไทย.** คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพมหานคร.

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (ดัดแปลง). 2560. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย 2560**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

อภิญญา มานะโรจน์. 2556. **เอกสารประกอบการสอนวิชาอาหารและขนมไทย**. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพมหานคร.

อบเชย วงทอง และ ขนิษฐา พูลผลกุล. 2544. **หลักการประกอบอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อบเชย วงทอง และ ขนิษฐา พูลผลกุล. 2553. **หลักการประกอบอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2556. **ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Henry Y. Nakasone, Robert E. Paull. 1998. **Tropical fruits**. University of Wisconsin

Tuomilehto, J., P. Jousilahti, D. Rastenyte, M. Vladislav. A. Tanskanen and P. Pietinen. 2001. Urinary sodium excretion and cardiovascular mortality in Finland: a prospective study. Lancet. 357: 848–851

Nicolas, L., C. Marquilly and M. O'Mahony. 2010. The 9-point hedonic scale: Are words and numbers compatible. **Food Quality and Preference**. 21: 1008–1015.

Rodriguez-Saona, L.E. and R.E. Wrolstad. 2005. Extraction, isolation, and purification of anthocyanins, pp. 7 - 17. In R.E. Wrolstad, T.E. Acree, E.A. Decker, M.H. Penner, D.S. Reid, S.J. Schwartz, C.F. Shoemaker, D. Smith and P. Sporns, eds. **Handbook of Food Analytical Chemistry.** Wiley-Interscience, Hoboken, New Jersey.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สูตรข้าวตู

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพ

ภาคผนวก ง มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.711/2559

ภาคผนวก จ ขั้นตอนการสร้างต้นแบบบรรจุภัณฑ์

ภาคผนวก ฉ ภาพผลงานบรรจุภัณฑ์

ภาคผนวก ก

สูตรข้าวตู

สูตรการใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู

สูตรพื้นฐาน
ข้าวตู (สูตรที่ 1)

ส่วนผสม	ปริมาณ		น้ำหนัก	
ข้าวคั่วโม่ละเอียด	200	กรัม	200	กรัม
มะพร้าวขูดขาว	300	กรัม	300	กรัม
น้ำตาลมะพร้าว	1 ½	ถ้วยตวง	440	กรัม
น้ำเปล่า (น้ำดอกไม้)	1 ½	ถ้วยตวง	325	กรัม

วิธีทำ

1. ผสมน้ำตาลกับน้ำดอกมะลิตั้งไฟพอเดือด
2. ใส่มะพร้าวคนให้เข้ากันพอแห้ง
3. ใส่ข้าวคั่วกวนให้เข้ากัน ยกลงทิ้งไว้ให้เย็น
4. นำขนมที่เย็นแล้วปั้นเป็นก้อนๆหรืออัดใส่พิมพ์ อบด้วยเทียนอบและดอกมะลิ

ที่มา: สุภรณ์ (ม.ป.ป.)

สูตรพื้นฐาน
ข้าวตู (สูตรที่ 2)

ส่วนผสม	**น้ำหนัก**	
ข้าวสุกตากแห้ง	1000	กรัม
น้ำตาลมะพร้าว	500	กรัม
มะพร้าวขูดละเอียด	1000	กรัม
น้ำลอยดอกไม้	250	กรัม

เทียนอบ ดอกมะลิ และแม่พิมพ์ข้าวตู

วิธีทำ

1. นำข้าวตากมาคั่วให้เหลืองกรอบแล้วบดให้ละเอียด
2. นำกระทะทองเหลืองตั้งไฟ ใส่น้ำลอยดอกไม้สด น้ำตาลเคี่ยวไฟให้เดือด ยกลง พักทิ้งไว้ให้เย็น
3. ใส่ข้าวตากที่บดไว้ ลงในกระทะ น้ำตาล ผสมให้เข้ากันจนทั่ว แล้วนำมะพร้าวขูดมาใส่ผสมให้เข้ากันจนทั่ว จากนั้นนำมาปั้นเป็นก้อนหรือใส่พิมพ์เคาะออกมาให้สวยงาม
4. ก่อนนำมารับประทานควรอบขนมด้วยมะลิ และควันเทียน เพื่อให้ขนมมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน

ที่มา : อาหารจานโปรด (2560)

สูตรพื้นฐาน
ข้าวตู (สูตรที่ 3)

ส่วนผสม	น้ำหนัก	
ข้าวคั่วโม่งละเอียด	200	กรัม
มะพร้าวขูดขาว	350	กรัม
น้ำตาลมะพร้าว	400	กรัม
หัวกะทิ	200	กรัม
น้ำเปล่า	100	กรัม

วิธีทำ

1. ผสมกะทิกับ น้ำตาลมะพร้าวตั้งไฟกลางคนให้ละลาย พอเดือด
2. ใส่มะพร้าวขูดคนให้เข้ากันพอแห้ง
3. ใส่ข้าวคั่วกวนให้เข้ากัน กวนจนแห้งพอปั้นได้ยกลงทิ้งไว้ให้เย็น
4. ปั้นเป็นก้อนใส่ลงในพิมพ์ กดส่วนผสมลงในพิมพ์ข้าวตูให้แน่น อบด้วยเทียนอบ

ที่มา: อานันทร์ (2563)

การใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู

ส่วนผสม	น้ำหนัก	
ข้าวคั่วโม่ละเอียด	200	กรัม
มะพร้าวขูดขาว	87.5	กรัม
น้ำตาลมะพร้าว	400	กรัม
หัวกะทิ	200	กรัม
น้ำเปล่า	100	กรัม
แกนสับปะรด	262.5	กรัม

วิธีทำ

1. ผสมกะทิกับ น้ำตาลมะพร้าวตั้งไฟกลางคนให้ละลาย พอเดือด
2. ใส่มะพร้าวขูดคนให้เข้ากันพอแห้ง
3. ใส่ข้าวคั่วกวนให้เข้ากัน กวนจนแห้งพอปั้นได้ยกลงทิ้งไว้ให้เย็น
4. ปั้นเป็นก้อนใส่ลงในพิมพ์ กดส่วนผสมลงในพิมพ์ข้าวตูให้แน่น อบด้วยเทียนอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคผนวก ข
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชุดที่.....

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ข้าวตูสูตรพื้นฐาน

วันที่ทำการทดสอบ :.....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้ตามรหัสแล้วให้คะแนนตามความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยกำหนดคะแนน ดังนี้

คะแนนความชอบ

9 = ชอบมากที่สุด
8 = ชอบมาก
7 = ชอบปานกลาง
6 = ชอบเล็กน้อย
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
3 = ไม่ชอบปานกลาง
2 = ไม่ชอบมาก
1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	**คะแนนความชอบของตัวอย่าง**		
	รหัส.....	**รหัส.....**	**รหัส.....**
ลักษณะปรากฏ			
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือจากการตอบแบบทดสอบ

คณะผู้ทดลอง

ชุดที่.....

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ : การใช้แกนสับปะรดทดแทนมะพร้าวในข้าวตู

วันที่ทำการทดสอบ :.....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้ตามรหัสแล้วให้คะแนนตามความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยกำหนดคะแนน ดังนี้

คะแนนความชอบ
9 = ชอบมากที่สุด
8 = ชอบมาก
7 = ชอบปานกลาง
6 = ชอบเล็กน้อย
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
3 = ไม่ชอบปานกลาง
2 = ไม่ชอบมาก
1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณภาพทาง ประสาทสัมผัส	**คะแนนความชอบของตัวอย่าง**				
	รหัส.....	**รหัส.....**	**รหัส.....**	**รหัส.....**	**รหัส.....**
ลักษณะปรากฏ					
สี					
กลิ่น					
รสชาติ					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือจากการตอบแบบทดสอบ

คณะผู้ทดลอง

ภาคผนวก ค
วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพ

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น
(Determination of moisture content)

วิธีวิเคราะห์

อบจานหาความชื้นอะลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบลมร้อน(Hot air oven) ที่อุณหภูมิ100-105 องศาเซลเซียสประมาณ 30 นาที ทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักจาน และฝาปิด ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ในจานอะลูมิเนียม ประมาณ 2 กรัม นำกลับไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียสนานประมาณ 5 ชั่วโมง โดยเปิดฝาอะลูมิเนียมเล็กน้อย จากนั้นปิดฝาแล้วนำไปทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักจานและฝาปิดให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนทำการอบซ้ำครั้งละ 30 นาที และชั่งน้ำหนักจนกว่าจะได้น้ำหนักที่แตกต่างกันไม่ควรเกิน 2 มิลลิกรัม คำนวณปริมาณของความชื้น (%) ของตัวอย่างอาหาร

สูตรคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{100\times(W_1 - W_2)}{W_1 - W_2}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน
(Determination of Crude fat)

วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน โดยใช้กระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักรองรับ ชั่งตัวอย่างประมาณ 1–2 กรัม ถ้าตัวอย่างเป็นชนิดที่มีไขมันต่ำให้ชั่งประมาณ 3–5 กรัม ห่อตัวอย่างให้มิดชิดด้วยกระดาษกรองแล้วใส่ลงในทิมเบิล จากนั้นใส่ทิมเบิลในช่องกลั่นของเครื่อง Soxhlet

ชั่งน้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมสำหรับวิเคราะห์ไขมัน ที่อบให้แห้งสนิทแล้ว นำไปประกอบกับเครื่อง Soxhlet

จากนั้นกด ปุ่ม preheat รอให้อุณหภูมิขึ้นถึง 135 องศาเซลเซียส(ขณะเดียวกัน เปิด cooling bath) ค่อยๆเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาณ 80 มิลลิลิตร โดยแบ่งออกเป็นสองรอบ รอบละ 40 มิลลิลิตร เพื่อไม่ให้ปิโตรเลียมอีเทอร์ชะล้างตัวอย่างเร็วเกินไป เมื่ออุณหภูมิที่กำหนดได้แล้วให้เลือกรูปแบบในการใช้งาน รูปแบบที่ 1 หลังจากนั้นให้กดปุ่มถัดมาเพื่อเริ่มการทำงาน และเมื่อทำงานครบเวลาที่ตั้งไว้แต่ละครั้งจะมีเสียงร้องเตือนให้กดปุ่มถัดมา จนครบการทำงานพร้อมกับยกคันโยกตามรูปแบบที่กำหนดไว้ที่เครื่องสกัดไขมัน เมื่อสกัดได้ตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำถ้วยอะลูมิเนียมซึ่งมีไขมัน หรือน้ำมันที่สกัดได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกเกือบหมดแล้วนำไปอบแห้ง ในตู้อบอุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที และชั่งจนได้น้ำหนักคงที่หลังจากทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์

คำนวณปริมาณของไขมันในตัวอย่างอาหารจากการคำนวณน้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมที่เพิ่มขึ้นโดยใช้สูตรต่อไปนี้

สูตรคำนวณ

$$\textbf{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{100\times(W_1 - W_2)}{W}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของตัวอย่างอบแห้ง (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมและไขมันหลังอบแห้งจนน้ำหนักคงที่ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมที่นำไปอบจนได้น้ำหนักคงที่ (กรัม)

การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใย

(Determination ofCrude fiber)

วิธีวิเคราะห์

เตรียมตัวอย่างโดยบดให้ละเอียด โดยตัวอย่างต้องผ่านการสกัดเอาไขมันออกแล้ว ทำให้เย็นใน Dessicatorชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างที่บดแล้ว 1 กรัม (W_0) ลงในครูซิเบิลแก้วที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน

นำครูซิเบิลแก้วใส่ลงในเครื่อง hot extraction unit จากนั้นเลื่อนคันโยกด้านซ้ายมาล็อกให้แน่น เพื่อป้องกันสารเคมีไหลออกมา (ขณะเลื่อนคันโยกลงระวังปากครูซิเบิลแก้วแตก) โยกปุ่มควบคุมด้านหน้าไปที่ตำแหน่ง closed

เติมสารละลายกรดซัลฟูริก (ที่เตรียมไว้แล้ว) หลังจากนั้นนำไปต้มให้ร้อนไว้ก่อนโดยใช้ hot plate นำไปเทลงท่อแก้วคอนเดนเซอร์ ปริมาตร 150 มิลลิลิตร

เติม 3–5 หยด n–octanol ลงในท่อแก้วคอนเดนเซอร์เพื่อป้องกันการเกิดฟอง

เปิดปุ่ม power แล้วหมุนระดับไฟไปที่ระดับสูงสุด (Max) เมื่อสารละลายในท่อแก้วคอนเดนเซอร์เริ่มเดือดเริ่มจับเวลา 30 นาที และปรับระดับไฟไปที่เลข 4–5 เพื่อให้สารละลายเดือดอย่างคงที่

เมื่อครบ 30 นาที ปิดไฟและกรองสารละลายออก โดยโยกปุ่มควบคุมด้านหน้า ไปที่ตำแหน่ง vacuum พร้อมกับเปิดก๊อกน้ำช่วยการกรองด้วย และเพื่อการกรองสารละลายได้เร็วขึ้น ให้ใช้ปุ่ม pressure พร้อมทั้งเปิด blower ร่วมด้วย (ใกล้กับปุ่ม Power) ทำสลับกันเช่นนี้จนกรองสารละลายหมด

ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง ครั้งละ 50 มิลลิลิตร ทำการกวนตัวอย่างให้กระจายในน้ำร้อนโดยใช้ปุ่ม pressure จากนั้นกรองสารละลายออก เมื่อสารละลายหมดแล้วให้เลื่อนปุ่มด้านหน้าไป ที่ตำแหน่ง closed

เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้มให้ร้อนก่อนใส่ลงในท่อแก้วคอนเดนเซอร์ ปริมาตร 150 มิลลิลิตร จากนั้นทำซ้ำข้อ 5–8 เมื่อล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนครบ 3 ครั้ง

ล้างด้วยอะซิโตน หรือ แอลกอฮอล์ ปริมาตรครั้งละ 25 มิลลิลิตร เพื่อไล่น้ำออกจนแห้ง

อบด้วยตู้อบลมร้อนครูซิเบิลแก้วที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ (W_1) บันทึกน้ำหนักไว้ จากนั้นเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ (W_2) บันทึกน้ำหนักไว้ (ใส่ตัวอย่างก่อนเพิ่มอุณหภูมิเป็น 500 องศาเซลเซียส)

สูตรการคำนวณ

$$\text{Crude fiber (\%)} = \frac{(W_1 - W_2)\times 100}{W_0}$$

เมื่อ W_0 คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักครูซิเบิลแก้ว + ตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักครูซิเบิลแก้ว + ตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน
(Determination ofProtein)

วิธีวิเคราะห์

ทำการย่อย กลั่น และไทเทรตเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนดังนี้

<u>การย่อย</u>

1. เปิดเครื่องหล่อเย็นก่อนทำการกลั่นอย่างน้อย 30 นาที
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5–1.0 กรัม อย่างละเอียดใส่ลงในหลอดย่อย (Kjeldhl Flask หรือ digestion tube)
3. เติมสารช่วยเร่งปฏิกิริยาที่ผสมระหว่าง $CuSO_4$ และ K_2SO_4 ในอัตราส่วน 0.5: 10 ประมาณ 10–15 กรัม
4. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10–15 มิลลิลิตร เขย่าให้สารทั้งหมดเข้ากันเบาๆ
5. ตั้งหลอดย่อยใน Stand สวม exhaust manifold ลงบนขวดย่อย
6. ตั้ง Stand, Digestion tube และ Exhaust ลงบนเครื่องย่อยแล้วเปิด Power เครื่องย่อย หมุนปุ่มไปที่เลข 9 เปิดเครื่องดักจับไอกรด ย่อยจนได้สารละลายใสทุกหลอดประมาณ 45–60 นาที
7. ยก Stand พร้อมหลอดย่อยออกจากเครื่องย่อยโดยเปิดเครื่องดูดจับไอกรดไว้ ทิ้งให้สารละลายเย็น จนควันในหลอดไม่มีจึงค่อยปิดเครื่องดักจับไอกรด (ระวังอย่าให้สารละลายในหลอดเซ็ดตัว) จากนั้นนำไปกลั่น

<u>การกลั่นและวิเคราะห์ปริมาณ</u>

1. เปิดเครื่องหล่อเย็นก่อนทำการกลั่นอย่างน้อย 30 นาที (อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส) แล้วเปิดเครื่องกลั่น
2. ใส่หลอดย่อยและฟาส์กเปล่าเข้าไปที่เครื่องกลั่น จากนั้นเข้าไปที่หน้าจอเครื่องกลั่นกดปุ่ม preheat เพื่อเป็นการอุ่นเครื่องจนครบระยะเวลา 2 นาที
3. ใส่หลอดย่อยที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณ ¼ ของหลอด พร้อมฟาส์ก ใส่เข้าประจำที่เครื่องกลั่น แล้วกดปุ่ม clean เพื่อเป็นการล้างทำความสะอาดเครื่อง
4. ใส่หลอดย่อยที่มีสารสกัดจากตัวอย่างที่ย่อยแล้ว โดยเริ่มกลั่นจาก Blank ก่อนแล้วปิดประตูเครื่องกลั่น
5. เข้าโปรแกรม distillation ⟶ Enter ⟶ Load ⟶ Pro ⟶ OK
6. ใส่หลอดย่อยให้แน่น พร้อมกับใส่ฟาส์กที่บรรจุกรดบอริค หลังจากนั้น กด start เครื่อง จะทำการดูดสารละลายที่อยู่ในแทงค์ เข้าไปในหลอดย่อย
7. กดปุ่มด่าง (NaOH) ประมาณ 2–3 ครั้ง จนสารละลายในหลอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม – สีดำ (จะใช้ในกรณีที่สารละลายในหลอดไม่เป็นสีน้ำเงินหรือสีดำ)

8. รอจนเครื่องกลั่นทำงานเสร็จ นำสารละลายในฟาส์กที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับกรด เติม Bromocresolgreenและ Methyl red อย่างละ 2 หยด นำสารละลายดังกล่าวไปไทเทรตกับกรด HCl 0.1 M จนได้สารละลายเป็นสีชมพูอ่อนคงที่

การคำนวณ

$$\%N = \frac{14\times(V_1 - V_2)\times \text{normality of HCL(mol/L)}\times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}\times 1000}$$

เมื่อ V_1 คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรตตัวอย่าง

V_2 คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรต blank

%Protein = %N × ตัวแฟคเตอร์ (F)

เมื่อ F คือ conversion factor ซึ่งเป็นค่าคงที่เฉพาะของแหล่งโปรตีน (โปรตีนในอาหารทั่วไปเท่ากับ 6.25)

ตารางที่ ค.1 แฟกเตอร์ที่ใช้คำนวณหาปริมาณโปรตีนสำหรับอาหารชนิดต่าง ๆ

อาหาร	แฟกเตอร์
ธัญพืช	
- แป้งสาลีจากข้าวทั้งเมล็ด	5.83
- มักกะโรนีและสปาเก็ตตี้	5.70
- ข้าวเจ้าและผลิตภัณฑ์	5.95
- ข้าวไรน์และผลิตภัณฑ์	5.83
- ข้าวบาร์เลย์และผลิตภัณฑ์	5.83
นัทและพืชเมล็ด	
- ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์	5.71
- อัลมอนด์	5.18
- บราซิลนัท	5.46
- มะพร้าว	5.30
- เมล็ดงา ทานตะวัน คำฝอย และอื่นๆ	5.30
- นมและผลิตภัณฑ์	6.38
อาหารอื่นๆ	6.25

ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2556

การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า
(Determination ofash)

วิธีวิเคราะห์

เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500–550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปิดสวิทซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30–45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักคงที่

เผาซ้ำอีกประมาณ 30 นาที และทำซ้ำข้อ 1 จนผลต่างของน้ำหนักคงที่

ชั่งตัวอย่างประมาณ 3-5กรัม ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible) ที่เผาและชั่งน้ำหนักแน่นอน

นำตัวอย่างไปเผาบน hot plate (เผาในตู้ hood) จนเปลวไฟหมดควันเพื่อเผาส่วนที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ออกไป

หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปเผาในเตาเผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ550 องศาเซลเซียสนานประมาณ 4 - 5 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือสีเทาอ่อน นำออกจากตู้เผาใส่ในเดสิกเคเตอร์ ปล่อยไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก เผาตัวอย่างซ้ำนาน 30 นาที จนได้น้ำหนักที่คงที่ (น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 0.001 กรัม)

สูตรคำนวณ

$$\textbf{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{100\times(W_2 - W)}{W_1 - W}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด
(Determination of Carbohydrates)

วิธีหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

คำนวณหาโดยใช้ความแตกต่างของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง และปริมาณองค์ประกอบอื่นๆ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต = 100 – (โปรตีน (%) + ไขมัน (%) + เถ้า (%) + ความชื้น (%) + เส้นใยหยาบ (%))

การวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหาร (Total Dietary Fiber)

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่าง 0.5-1 กรัม ใส่บีกเกอร์ 600 มิลลิลิตร
2. เติม phosphate buffer (pH=6) 50 มิลลิลิตร
3. เติมเอนไซม์ α-amylase 50 มิลลิลิตร ใส่ magnetic stirrer bar ปิดบีกเกอร์ด้วยฟอยด์ และวางใน water bath อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที
4. เติม NaOH (0.275 M) =10 มิลลิลิตร เติมเอนไซม์ protease 50 มิลลิลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยฟอยด์และวางwater bath อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที
5. เติม HCl (0.325 M) =10 มิลลิลิตร เติมไอมไซม์ amyloglucosidase 150 มิลลิลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยฟอยด์และวางwater bath อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที
6. เติมเอทานอล 95% ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 250 มิลลิลิตร ตั้งให้ตกตะกอน
7. กรองตะกอนด้วย fritted crucible มี celiteที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ทำให้เปียกด้วยเอทานอลก่อนกรอง ระหว่างกรองล้างตะกอนด้วยเอทานอล และอะซิโตน
8. นำ fritted crucible ที่มีกากใยไปอบที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
9. นำออกมาใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ 45 นาที ชั่งน้ำหนัก อบซ้ำ จนน้ำหนักคงที่ และนำกากใยที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนและปริมาณเถ้า
10. วิเคราะห์หาโปรตีนโดยนำตะกอนที่ได้ ถ่ายลงในหลอดกลั่นเติมตัวเติมโพแทสเซียมซัลเฟต-ซีลีเนียม 2 เม็ด เพื่อเร่งปฏิกิริยา และเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร
11. นำไปย่อยด้วยเครื่องย่อยสาร จนกระทั่งได้สารละลายที่ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น หยด methyl red 1-2 หยด
12. นำหลอดกลั่นใส่เครื่องกลั่น (เลือก method NFI ได้ทำการตั้งค่าไว้แล้ว) กด sample ใส่หลอดโปรตีนที่มีตัวอย่างใช้ขวดรูปกรวยรับรองสารจากท่อ แล้วกด start
13. หลังจากทำการกลั่นเสร็จ เปลี่ยนหลอดโปรตีน และขวดรูปกรวยออก หลังจากนั้นทำการกลั่นตัวอย่างในหลอดต่อจนเสร็จ
14. ไทเทรคกับ HCl 0.1 นอร์มอลที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน โดยคนสารด้วย magnetic stirrer bar ตลอดเวลา จุดยุติเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอ่อนหรือเทา
15. การหาปริมาณเถ้าโดยเผา fritted crucible ที่ 525 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทิ้งไว้ในเตาเผาจนกว่าอุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 250 องศาเซลเซียส
16. นำ fritted crucible ออกจากเตาเผา ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นอย่างน้อย 45 นาที ชั่งน้ำหนัก
17. นำ fritted crucible ใส่เตาเผาอีกครั้ง และชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ หรือน้ำหนักสองครั้งสุดท้ายต่างกันไม่เกินหรือ เท่ากับ 0.0010 กรัม ใช้น้ำหนักต่ำสุดมาคำนวณ

เครื่องหาค่าพลังงาน (Bomb Calorimeter C5000)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. เปิดถัง Oxygen แล้วปรับความดันใช้งานให้ได้ 30 bar
2. เปิด Swithchที่ตัวเครื่อง และอุปกรณ์ทำความเย็น
3. หน้าจอจะขึ้น Waiting Unstable ให้รอจนกระทั่งเปลี่ยนเป็น Waiting stable
4. ชั่งตัวอย่าง ช่วงน้ำหนักระหว่าง 0.5000-2.000 g. (ความละเอียด 4 ตำแหน่ง) ลงใน Crucible ถ้าเป็นตัวอย่างของเหลว ต้องใส่ถุงเฉพาะของตัวอย่าง
5. ผูกเชือก (Cotton thread)
6. นำ Crucible มาใส่ที่ลูก Bomb ให้ Cotton thread สัมผัสถูกตัวอย่าง ปิดลูก Bomb
7. กดปุ่ม Sample ที่แป้นควบคุม แล้วป้อนข้อมูลน้ำหนักของตัวอย่างที่ชั่งไว้ กด Tap เพื่อเลือกแถบป้อนข้อมูลไปที่ Sample proper เพื่อใส่ช่อตัวอย่าง ใช้ลูกศรเลื่อนหาตำแหน่ง ตัวอักษร กดปุ่ม (.) กดเพื่อบันทึกตัวอักษร เมื่อได้ชื้อแล้วกด tap เลื่อนแถบไปที่ User ให้ใส่ชื้อผู้ใช้งาน แล้วกด Tap ลงมาที่ OK กดปุ่ม OK
8. หน้าจอจะกลับมาที่หน้าหลัก ให้นำลูก BOMB ที่เตรียมไว้ไปแขวนบริเวณฝาเครื่อง ดันเข้าไปจนสุด กด Start ที่หน้าจอ เครื่องจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติจนกระทั้งสินสุดการทำงาน
9. วิธีปิดเครื่อง กด menu เลือก System แล้วเลือก Exit กด OK แล้วจึงกดปิด Switch ที่ตัวเครื่อง กับ Switch อุปกรณ์ทำความเย็น

ภาคผนวก ง

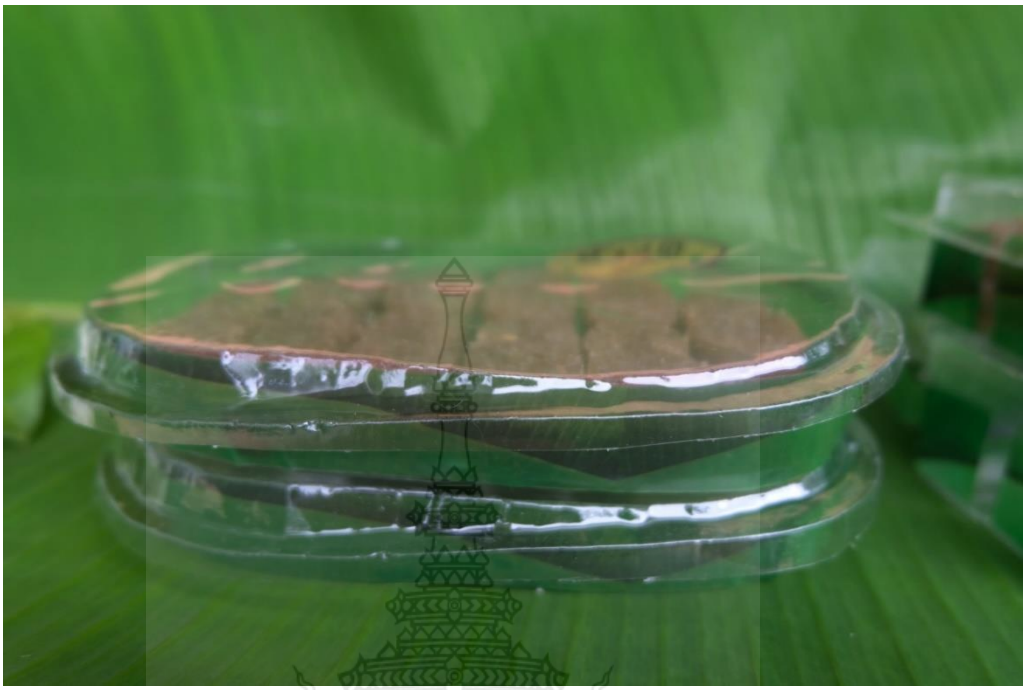
ขั้นตอนการสร้างต้นแบบบรรจุภัณฑ์

ภาคผนวก จ
ภาพผลงานพิมพ์ขนมข้าวตูแกนสับปะรด
ภาพผลงานบรรจุภัณฑ์

ข้าวตู
ข้าวตู

ข้าวตู

ข้าวตู



ภาคผนวก ฉ
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้าวตู
มผช.711/2559

มผช.๗๑๑/๒๕๕๙

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
ข้าวตู

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะข้าวตูที่บรรจุในภาชนะบรรจุปิดได้สนิท

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ข้าวตู หมายถึง ขนมที่ได้จากการนำน้ำตาลและเกลือ น้ำตาลโตนด หรือน้ำตาลทราย อย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกัน อาจเติมกลูโคสซีรัป(แบะแซ) และน้ำ มาเคี่ยวให้ข้นแล้วเติมมะพร้าวขูด ข้าวสุกหรือแห้ง หรือข้าวสารที่คั่วและบดละเอียดแล้ว อาจเติมกะทิ เมล็ดพืชบด เช่น ทานตะวัน งั่วเลี่ยว งา กวนให้เหนียว แล้วปั้นเป็นก้อน อัดใส่พิมพ์หรือตัดเป็นชิ้น อาจอบเทียนด้วยก็ได้ แล้วบรรจุในภาชนะบรรจุ

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป
ต้องเป็นก้อนหรือชิ้น ถ้ามีการติดกันต้องสามารถแยกออกจากกันได้ง่ายด้วยมือ ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

๓.๒ ลักษณะเนื้อสัมผัส
ต้องเหนียวนุ่ม ไม่ร่วน
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและชิม

๓.๓ สี
ต้องมีสีที่เกิดตามธรรมชาติของข้าวตูและส่วนประกอบที่ใช้

๓.๔ กลิ่นรส
ต้องมีกลิ่นรสที่เกิดตามธรรมชาติของข้าวตูและส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นสาบ
เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๔.๑ แล้ว ต้องไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

๓.๕ สิ่งแปลกปลอม
ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

๓.๖ วอเตอร์แอกทิวิตี
ต้องไม่เกิน ๐.๘๕
การทดสอบให้ใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอกทิวิตีที่ควบคุมอุณหภูมิที่ (๒๕ ± ๒) องศาเซลเซียส
หมายเหตุ *วอเตอร์แอกทิวิตี เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เนื่องจากค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโต*

๓.๗ ค่าเพอร์ออกไซด์
ต้องไม่เกิน ๑๐ มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม
การทดสอบให้ปฏิบัติตาม IUPAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

๓.๘ วัตถุเจือปนอาหาร
๓.๘.๑ ห้ามใช้สีสังเคราะห์
๓.๘.๒ หากมีการใช้วัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด
การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

๓.๙ จุลินทรีย์
๓.๙.๑ จุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า ๑ × ๑๐^{๖} โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม
๓.๙.๒ แซลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง ๒๕ กรัม
๓.๙.๓ สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า ๑๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม
๓.๙.๔ บาซิลลัส ซีเรียส ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม
๓.๙.๕ เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า ๓ ต่อตัวอย่าง ๑ กรัม
๓.๙.๖ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม
การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

๔. สุขลักษณะ

๔.๑ สุขลักษณะในการทำข้าวตูให้เป็นไปตามภาคผนวก ก. และสถานประกอบการต้องได้รับอนุญาตจากกระทรวงสาธารณสุข

๕. การบรรจุ

๕.๑ ให้บรรจุข้าวตูในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันสิ่งปนเปื้อนจากภายนอกได้
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

๕.๒ น้ำหนักสุทธิของข้าวตูในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก
การทดสอบให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุข้าวตูทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อผลิตภัณฑ์ (ตาม มผช.) หรือชื่อที่สื่อความหมายตาม มผช. เช่น ข้าวตูเสวย ข้าวตูมะพร้าวอ่อน

(๒) ส่วนประกอบที่สำคัญ เป็นร้อยละของน้ำหนักโดยประมาณและเรียงจากมากไปน้อย

(๓) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี ให้แสดงกลุ่มหน้าที่และชื่อวัตถุเจือปนอาหาร)

(๔) น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัมหรือกิโลกรัม

(๕) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า "ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)"

(๖) ข้อแนะนำในการบริโภคและการเก็บรักษา (ถ้ามี)

(๗) เลขสารบบอาหาร

(๘) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ข้าวตูที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป ลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่นรส สิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ยกเว้นข้อ ๓.๕ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าข้าวตูรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวอเตอร์แอกทิวิตี ค่าเพอร์ออกไซด์ วัตถุเจือปนอาหาร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๓๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๖ ยกเว้นข้อ ๓.๘ จึงจะถือว่าข้าวตูรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๓๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๙ จึงจะถือว่าข้าวตูรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างข้าวตูต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ และข้อ ๗.๒.๓ ทุกข้อ จึงจะถือว่าข้าวตูรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบสีและกลิ่นรส

๘.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบข้าวตูอย่างน้อย ๕ คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

๘.๑.๒ เทตัวอย่างข้าวตูลงในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

๘.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนนในการทดสอบสีและกลิ่นรส

(ข้อ ๘.๑.๓)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	ระดับการตัดสิน	คะแนนที่ได้รับ
สี	สีดีตามธรรมชาติของข้าวตูและส่วนประกอบที่ใช้	๓
	สีพอใช้ใกล้เคียงกับสีตามธรรมชาติของข้าวตูและส่วนประกอบที่ใช้	๒
	สีผิดปกติหรือมีการเปลี่ยนสี	๑
กลิ่นรส	กลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของข้าวตูและส่วนประกอบที่ใช้	๓
	กลิ่นรสพอใช้ใกล้เคียงกับกลิ่นรสตามธรรมชาติของข้าวตูและส่วนประกอบที่ใช้	๒
	กลิ่นรสผิดปกติหรือมีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นสาบ	๑

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวอภิญญา มานะโรจน์
   (ภาษาอังกฤษ) Miss.Apinya Manarote
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน : 3 1009 022[redacted]
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระดับ 8
   อาจารย์ประจำ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
   168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300
   โทรศัพท์ 0-266-53777 โทรสาร 0-2665-3800
   e-mail : apinya.m@rmutp.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
   คศ.บ. (อาหารและโภชนาการ) จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
   ค.ม. (อุดมศึกษา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ -
7. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

   7.1 ผู้ร่วมวิจัยโครงการการใช้ประโยชน์จากบัวหลวงเป็นส่วนประกอบในอาหารเพื่อเพิ่มมูลค่า ประจำปีงบประมาณ 2552

   7.2 ผู้ร่วมวิจัยโครงการ เอกลักษณ์และรูปแบบของธุรกิจอาหารไทยประเภทร้านข้าวแกงในเขตจังหวัดภาคใต้ของประเทศไทย

   7.3 โครงการวิจัยคุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติของสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ

   7.4 โครงการวิจัยขนมขี้หนูพลังงานต่ำ

   7.5 โครงการวิจัย การศึกษาขนมหม้อแกงเสริมข้าวโพดหวาน

   7.6 การศึกษากากมะขามเปียกเหลือใช้ในผลิตภัณฑ์มะขามแก้ว ของวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรกร สวนเก้าแสน

   7.7 การใช้ลูกหนามแดงทดแทนบางส่วนในผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามปีงบประมาณ 2560

   7.8 โครงการวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศรีมจากลูกจันทร์ ประจำปีงบประมาณ 2561

   7.9 โครงการวิจัย การใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมสาลี่กรอบประจำปีงบประมาณ 2561

   7.10 โครงการวิจัย ผลของใยอาหารจากแกนสับปะรดต่อคุณภาพของขนมข้าวตู ประจำปีงบประมาณ 2563

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวปรัศนีย์ ทับใบแย้ม
(ภาษาอังกฤษ) Miss Prassanee Tubbiyam
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน : 312010008[redacted]
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ. 10300
โทรศัพท์ 0-266-53777 โทรสาร 0-2665-3800
E-mail : james16_22@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา
คศ.บ. (คหกรรมศาสตร์) จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตโชติเวช
คศ.ม. (สาขาอาหารและโภชนาการ) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปร.ด. (สาขาเกษตรเขตร้อน อาหารและโภชนาการ) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมเกษตร
7. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

7.1 ผู้ร่วมวิจัยโครงการวิจัย การใช้ประโยชน์จากบัวหลวงเป็นส่วนประกอบในอาหารเพื่อเพิ่มมูลค่าประจำปีงบประมาณ 2552

7.2 ผู้ร่วมวิจัยโครงการวิจัย คุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ ของสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ

7.3 การใช้หล่อฮั้งก๊วยทดแทนน้ำตาลมะพร้าวในผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำนมข้าวยาคู ประจำปีงบประมาณ 2556

7.4 การศึกษากากมะขามเปียกเหลือใช้ในผลิตภัณฑ์มะขามแก้ว ของวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรกร สวนเก้าแสน

7.5 การใช้ลูกหนามแดงทดแทนบางส่วนในผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามประจำปีงบประมาณ 2560

7.6 การใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมสาลี่กรอบ ประจำปีงบประมาณ 2561

7.7 โครงการวิจัย ผลของใยอาหารจากแกนสับปะรดต่อคุณภาพของขนมข้าวตู ประจำปีงบประมาณ 2563

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายชานนท์ ตันประวัติ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Chanon Tunprawat

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 310210024[redacted]

3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

อาจารย์ประจำสาขาวิชาออกแบบบรรจุภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ โทรสาร และไปรษณีย์

อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) chanon.t@rmutp.ac.th

168 ถ.ศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ : 02-282-8531 -2

โทรศัพท์เคลื่อนที่ : 08 1908 3970

5. ประวัติการศึกษา

ศิลปบัณฑิต (สาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผา) มหาวิทยาลัยศิลปากร

ศิลปมหาบัณฑิต (สาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผา) มหาวิทยาลัยศิลปากร

สถาปัตยกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต (สหวิทยาการการวิจัยเพื่อการออกแบบ) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ(แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)ระบุสาขาวิชาการ

สาขาวิชาการออกแบบบรรจุภัณฑ์ สาขาการออกแบบกราฟิก

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

หัวหน้าโครงการวิจัย :

1. โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร พ.ศ.2552

2. การทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร พ.ศ.2554

3. ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์และอุปกรณ์สำหรับสื่อสารข้อมูลกับผู้ใช้เพื่อการส่งเสริมการรับรู้การใช้ทรัพยากรน้ำภายในครัวเรือน พ.ศ.2560

4. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่มีต้นทุนที่เหมาะสมเพื่อการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับการจัดการขยะสดและเศษอาหารภายในครัวเรือน พ.ศ.2560

5. การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพื้นที่การใช้งานรถขายอาหารเคลื่อนที่ พ.ศ. 2561

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

1. โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร พ.ศ.2552

2. การทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร พ.ศ.2554

3. ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์และอุปกรณ์สำหรับสื่อสารข้อมูลกับผู้ใช้เพื่อการส่งเสริมการรับรู้การใช้ทรัพยากรน้ำภายในครัวเรือน พ.ศ.2560

4. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่มีต้นทุนที่เหมาะสมเพื่อการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับการจัดการขยะสดและเศษอาหารภายในครัวเรือน พ.ศ.2560

5. การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพื้นที่การใช้งานรถขายอาหารเคลื่อนที่ พ.ศ. 2561