รายงานการวิจัย

ผลของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อคุณลักษณะ

ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งสาคู

Effect of Riceberry Flour Content on Characteristics of Sago Flakes

.

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันดี แก้วสุวรรณ
อาจารย์อุษา นุ้ยจันทร์
นางจีราภรณ์ สังข์ผุด

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณกองทุนเพื่อการวิจัย (เงินรายได้)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ชื่อโครงการ ผลของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งสาคู

แหล่งทุน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ประจำปรงบประมาณ 2563

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 22 กันยายน 2563 ถึง 21 กันยายน 2564

หัวหน้าโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันดี แก้วสุวรรณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้ร่วมวิจัย อาจารย์อุษา นุ้ยจันทร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นางจีราภรณ์ สังข์ผุด ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งสาคู (Sago flake) ซึ่งเตรียมจากการผลิตก้อนแป้ง Sago flake แล้วจึงสไลด์ แล้วจึงนำก้อนแป้งที่สไดล์แล้วนั้นไปทำแห้งและทอด การวิจัยประกอบด้วย10 ชุดทดลอง (TR) ใช้แป้งมันร้อยละ 100 เป็นชุดควบคุม (TR1) แป้งมันร่วมกับแป้งสาคูร้อยละ 50 : 50 (TR2) แป้งมัน แป้งสาคู และแป้งไรซ์เบอร์รี่ 30 : 40 : 30 (TR3) และการใช้แป้งสาคู และแป้งไรซ์เบอร์รี่ 7 ระดับ ดังนี้ 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40, 50 : 50, 40 : 60, 30 : 70 และ 20 : 80 ตามลำดับ ทดสอบการยอมรับโดยผู้ทดสอบด้วยแบบทดสอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale) จำนวน 30 คน จำนวน 3 ซ้ำ พบว่าการใช้แป้งสาคูและแป้งไรซ์เบอร์รี่ ที่ 70 : 30 (TR5) มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น และความชอบโดยรวม มีมากที่สุดเท่ากับ 8.03±0.85, 7.50±1.11 และ 7.93±0.78 ตามลำดับ นอกจากนี้ Explanation ratio และ Fracturability เท่ากับ 1.81±0.60 และ 606.00±1.15 ตามลำดับ ดังนั้นจึงนำ TR5 ทำการศึกษาคุณภาพทางคุณค่าทางโภชนาการ พบว่าคุณภาพทางโภชนาการ ผลิตภัณฑ์ sago flakes 100 กรัม ประกอบด้วยความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 2.6 5.4, 1.9, 22.3 และ 67.8 โดยให้พลังงาน 530.8 Cal นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ sago flakes ยังเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ และสารสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ดี เท่ากับ 53.1 mg/ml และ 339.6 Mg gallic acid/g sample ตามลำดับ และเป็นแหล่งของแร่ธาตุหลักที่สำคัญประกอบด้วย แคลเซี่ยม ฟอลฟอรัส เหล็ก และโพแทสเซียม เท่ากับ 188.7, 15.1, 53.4 และ 378.6 mg/kg

คำสำคัญ : ข้าวไรซ์เบอร์รี่, แป้งสาคู, ข้าวเกรียบ

Research Title : Effect of rice berry flour content on characteristics of sago flakes

Researcher : Associate Professor Wandee Kaewsuwan

Faculty : Science and Technology

Department : Nakhon Si Thamarat Rajhabat University

Abstract

This research aims to study the amount of rice berry flour on the properties and consumers acceptance of sago crispy product (sago flake). The sago flake was fried product prepared from slicing of sago flake dough then brought the sliced dough to be dried and fried. This research had totally 9 treatments (TR). A control (TR1) contained 100% of tapioca flour. The result of TR1 was compared with TR2; tapioca flour and sago flour (50:50) TR3; tapioca flour (30): sago flour (40): and rice berry flour (30). Moreover, the result of TR1 also compared with TR4(80:20), TR5(70:30), TR6(60:40), TR7(50:50), TR8(40:60), TR9(30:70) and TR10(20:80), which were used differently mixing amount of sago flour and rice berry flour, respectively. Triplication consumers testing (N=30/time) with 9 – points hedonic scale was advised to investigate consumers' acceptance on this study. The result found that sago flour (70): rice berry flour (30) (TR5) had the highest mean average acceptance score about texture (8.03±0.85), smell (7.50±1.11) and overall (7.93±0.78) from the consumers. In addition, the treatment's explanation ratio and Fracturability was 1.81±0.60 and 606.00±1.15, respectively. As a result, TR5 would be figured out its calories and chemical composition. The analysis found there were 5,30.8 calories, 2.6% moisture, 5.4% protein, 1.9% ash, 22.3% fat and 67.8% carbohydrate of 100g of the sago flake product. Furthermore, this sago flake product was the source of a good antioxidative agent (53.1 mg/ml) and phenolic compound (339.6 mg gallic acid/g). Additionally, the product was also the source of the important minerals which were calcium (188.7mg/kg), phosphorus (15.1 mg/kg), iron (53.4 mg/g) and potassium (378.6 mg/g).

Keywords : Rice berry Sago flour Crispy product

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง ผลของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งสาคู เป็นรายงานการศึกษาวิจัยมุ่งศึกษา เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการนำไปใช้ในการให้ความรู้แก่ชุมชนและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีผลิตภัณฑ์ใหม่และมีลักษณะโดยรวมเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากพืชพื้นถิ่นแก่ผลิตภัณฑ์ชุมชน ชุมชนสามารถผลิตได้ง่ายและมีประโยชน์ทางด้านคุณค่าทางโภชนาการและดีต่อสุขภาพ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ กลุ่มอนุรักษ์และแปรรูปสาคูบ้านกะโสม อำเภอทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช ที่ให้ความร่วมมือ และเอื้อเฟื้อสถานที่เป็นอย่างดียิ่ง นักศึกษาสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บุคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช และ ดร.จตุพร คงทอง สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ให้ความร่วมมือ และความสะดวกในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ และมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชที่ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย ให้ประสพความสำเร็จไปได้ด้วยนี้

ผู้วิจัย

มีนาคม 2565

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(i)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ii)
กิตติกรรมประกาศ	(iii)
สารบัญ	(iV)
สารบัญตาราง	(Vi)
สารบัญภาพ	(Vii)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.5 สมมุติฐานงานวิจัย	3
1.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
1.7 คำสำคัญของการวิจัย	5
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.9 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 การแพ้อาหาร	7
2.2 ข้าวเกรียบ	10
2.3 ปาลอกรือโป๊ะ	11
2.4 แผ่นธัญพืช	12
2.5 แป้งสาคู	13
2.6 แป้งมันสำปะหลัง	15
2.7 ข้าวไรซ์เบอร์รี่	15
2.8 น้ำในอาหาร	18
2.9 การนึ่ง	20
2.10 การทำแห้ง	20
2.11 การทอด	25
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	38
3.1 วัตถุดิบ	38
3.2 อุปกรณ์	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 วิธีการทดลอง	39
บทที่ 4 ผลการวิจัย	47
4.1 คุณสมบัติของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และแป้งสาคู	47
4.2 ผลการศึกษาน้ำหนักก้อน sago flakes และความชื้นแผ่น sago flakes อบแห้ง	47
4.3 ผลการศึกษาค่าสี ของแผ่น sago flakes อบ และ ผลิตภัณฑ์ sago flakes	48
4.4 ผลการศึกษาอัตราการพองตัวของผลิตภัณพ์ sago flakes	50
4.5 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของผลิตภัณฑ์ sago flakes	51
4.6 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์ sago flakes	52
4.7 ผลการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชน	54
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	55
5.1 สรุปผลการวิจัย	55
5.2 ข้อเสนอแนะ	56
บรรณานุกรม	58
ภาคผนวก	62
ภาคผนวก 1	63
ภาคผนวก 2	72
ภาคผนวก 3	75
ภาคผนวก 4	77

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการข้าวไรซ์เบอร์รี่	17
2.2	ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่พบในน้ำมันปาล์ม และเมล็ดน้ำมันปาล์ม	28
2.3	จุดเกิดควันของน้ำมันและไขมัน	31
3.1	แผนการทดลอง sago flakes จำนวน 10 Treatment	41
4.1	ปริมาณความชื้นและคุณสมบัติด้านสี ของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่และแป้งสาคู	47
4.2	น้ำหนักก้อน sago flakes และน้ำหนักแผ่น sago flakes อบแห้ง	48
4.3	ค่าสีของแผ่น sago flakes อบ และผลิตภัณฑ์ sago flakes	49
4.4	เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของแผ่น sago flakes อบแห้ง 10 Treatment จำนวน 3 ซ้ำ	49
4.5	อัตราการพองตัวผลิตภัณฑ์ sago flakes 10 TR เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรของงา ½ ปอนด์เท่ากับ 207.28 กรัม (v_1)	50
4.6	เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์ sago flakes อัตราการพองตัว และค่าความกรอบ (fracturability) ของ ผลิตภัณฑ์ sago flakes 10 Treatment จำนวน 3 ซ้ำ	51
4.7	คุณภาพทางโภชนาการ ของผลิตภัณฑ์ sago flakes ของ TR5	52
4.8	คุณภาพทางจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ sago flakes TR5	53
4.9	การจัดจำแนกผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและกระบวนการผลิต sago flakes	54
4.10	ผลการประเมินความพึงพอใจผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและกระบวนการผลิต sago flakes จำนวน 7 ราย	54

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	อาการแพ้แป้งสาลีในเด็ก	9
2.2	ผลิตภัณฑ์ Kelloggs	13
2.3	ลักษณะเม็ดแป้งสาคูจากส่วนของล้าต้นที่ก้าลังขยายขนาด 100 เท่าระยะ 1 (a1) ระยะ 2 (b1) และระยะ 3 (c1) ที่ก้าลังขยายขนาด 500 เท่า ระยะ 1 (a2) ระยะ 2 (b2) และ ระยะ 3 (c2)	33
3.1	กรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบแป้งสาคู (Sago Flakes)	40

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาคผนวกที่		หน้า
1-1	ก้อน sago flake TR1 แป้งมันร้อยละ 100	63
1-2	ก้อน sago flake TR2 แป้งมันร้อยละ 50 แป้งสาคูร้อยละ 50	63
1-3	ก้อน sago flake TR3 แป้งมันร้อยละ 30 ร้อยลแป้งสาคูะ 40 และ แป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 30	64
1-4	ก้อน sago flake TR4 แป้งสาคูร้อยละ 80 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 20	64
1-5	ก้อน sago flake TR5 แป้งสาคูร้อยละ 70 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 30	65
1-6	ก้อน sago flake TR6 แป้งสาคูร้อยละ 60 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 40	65
1-7	ก้อน sago flake TR7 แป้งสาคูร้อยละ 50 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 50	66
1-8	ก้อน sago flake TR8 แป้งสาคูร้อยละ 40 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 60	66
1-9	ก้อน sago flake TR9 แป้งสาคูร้อยละ 30 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 70	67
1-10	ก้อน sago flake TR10 แป้งสาคูร้อยละ 20 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 80	67
1-11	ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR1	68
1-12	ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR2	68
1-13	ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR3	68
1-14	ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR4	68
1-15	ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR5	68
1-16	ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR6	69
1-17	ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR7	69
1-18	ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR8	69
1-19	ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR9	69
1-20	ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR10	69
1-21	sago flakes หนามากกว่า 2 mm	70
1-22	sago flakes หนาน้อยกว่า 2 mm.	70
1-23	การทอด sago flakes ด้วยกระทะไฟฟ้าพร้อมตะแกรง	71
2-1	ตารางผลการวัดเนื้อสัมผัส sago flakes	72
2-2	ค่าการวัดเนื้อสัมผัส sago flakes	73
2-3	หัววัดเนื้อสัมผัส sago flakes	73
2-4	การจัดวางหัววัดเนื้อสัมผัส sago flakes	74
4-1	การเตรียมส่วนผสม	77
4-2	ส่วนผสมนวดเป็นก้อนเดียวกัน	78
4-3	การเตรียมก้อน a: ชั่งแบ่งส่วนผสมก้อน b: ขึ้นรูปก้อน Sago flakes	78
4-4	พักก้อนก่อนนำไปห่อ ก้อน Sago flakes	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาคผนวกที่		หน้า
4-5	นำใบตองมาห่อก้อน	79
4-6	ผลิตภัณฑ์ Sago flakes	80

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเกรียบ หมายถึง อาหารว่างชนิดหนึ่งที่ทำจากแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก อาจมีส่วนประกอบของเนื้อสัตว์ ผักหรือผลไม้ บดผสมให้เข้ากับเครื่องปรุงรส แล้วทำให้เป็นรูปทรงตามต้องการ นึ่งให้สุก ตัดให้เป็นแผ่นบางๆ นำไปทำให้แห้งด้วยแสงแดดหรือวิธีอื่นที่เหมาะสมอาจทอดก่อนบรรจุหรือไม่ก็ได้ ข้าวเกรียบแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ข้าวเกรียบพร้อมบริโภค และ ข้าวเกรียบดิบ ข้าวเกรียบพร้อมบริโภค ต้องเป็นแผ่นบาง กรอบ มีการพองตัวดีและสม่ำเสมอ ไม่มีชิ้นที่ไหม้เกรียม และอาจแตกหักได้เล็กน้อย ส่วนแผ่นข้าวเกรียบดิบ ต้องเป็นแผ่นบาง กรอบ อาจแตกหักได้เล็กน้อยเช่นกัน (http://www.foodnetworksolution.com, 24 ส.ค 62) โดยส่วนผสมหลักของข้าวเกรียบคือ แป้งมัน (https://www.rakbankerd.com, 24 ส.ค 62) และมีส่วนผสมอื่นๆรองมาตามเช่นข้าวเกรียบปลาจะมีเนื้อปลาเป้นส่วนผสมรอง ตามด้วยส่วนผสมอื่นๆที่เป้นเครื่องปรุงรส และมีบางสูตรมีการใช้แป้งสาคูร่วมกับแป้งมัน

Flake หมายถึง ลักษณะของผลิตภัณฑ์เป็นแผ่นเล็กบางๆ แห้ง เป็นชิ้นเล็กๆ บางๆ เช่น potato flake, corn flake (http://www.foodnetworksolution.com, 24 ส.ค 62) จากคุณสมบัติของแป้งสาคูมีคุณสมบัติความเหนียว และแป้งข้าวเจ้าเมื่อทำให้สุกจะมีความขุ่นร่วน และมีการพองตัวที่แตกต่างกัน และเมื่อทิ้งให้เย็นจะร่วน จึงมีการพัฒนาสูตรข้าวเกรียบชนิด Flake ที่มีความแตกต่างทั้งชนิด และ ปริมาณของส่วนผสม อาจมีการใช้แป้งมากกว่า 1 ชนิดในสูตรเพื่อปรับปรุงคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส ให้ได้ตามที่ต้องการ โดยเฉพาะการพองตัวที่แตกต่างกัน การใช้แป้งสาคูร่วมกับข้าวเจ้าผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีควาทแตกต่างของข้าวเกรียบทั่วไป

ข้าวไรซ์เบอร์รี เป็นข้าวสายพันธุ์ข้าวเจ้าของคนไทย เป็นข้าวที่มีลักษณะที่ดีคือเมื่อหุงสุกสีม่วงเข้ม มีกลิ่นหอม และเนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม จึงได้รับความนิยมมาก โดยเฉพาะในกลุ่มคนรักสุขภาพ จึงมีการผลิตทั่วไป โดยกลุ่มชาวนายิ้ม บ้านป่าไหม้ ต.ท่างิ้ว อ.เมือง จ.นครศรีรรมราช ได้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวอินทรีย์

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาสูตรข้าวเกรียบแป้งสาคูและมีข้าวเจ้าเป็นส่วนผสมรอง ซึ่งยังไม่พบการแพ้แป้งสาคูและแป้งข้าวเจ้า จึงเป็นข้าวเกรียบชนิดใหม่ที่มีความแตกต่างจากข้าวเกรียบที่มีอยู่ ในท้องตลาด โดยเน้นลักษณะเนื้อสัมผัสและการพองตัวที่มีอัตลักษณ์แตกต่างจากข้าวเกรียบทั่วไป Sago Flake จึงเป็นโอกาสของช่องทางการตลาดของวัตถุดิบในภาคใต้ นั้นคือแป้งสาคู แนวทางหนึ่งที่ผู้วิจัยให้ความสนใจคือการนำแป้งสาคูซึ่งผลิตโดยมาเป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตข้าวเกรียบ Sago Flake ร่วมกับการใช้แป้งข้าวเจ้าคือข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งเป็นข้าวอินทรีย์ที่ผลิตโดยวิสาหกิจชุมชนบ้านป่าไหม้ ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อเพิ่มทางเลือกชนิดใหม่ให้กับผู้บริโภค และสามารถนำไปต่อยอดต่อไปในชุมชนได้และเป็นการสร้างอัตลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดความหลากหลายและเกี่ยวข้องกับท้องถิ่นโดยใช้วัตถุดิบใน

ท้องถิ่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งสาคูผสมข้าวพื้นเมือง จากชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช ช่วยเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภค และ สร้างโอกาสให้กับผู้ประกอบการให้สามารถเพิ่มมูลค่า ให้กับผลิตภัณฑ์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1เพื่อการศึกษาของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแป้งสาคู

1.2.2 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแป้งสาคูผสมข้าวพื้นเมือง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ มุ่งศึกษาค้นคว้าเพื่อการศึกษาปริมาณของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแป้งสาคู (Sago Flakes) และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ Sago Flakes ผสมข้าวพื้นเมือง โดยมีขอบเขตดังนี้

1.3.1 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเพื่อทำการศึกษาค้นคว้าสำหรับการวิจัยครั้งนี้คือ การศึกษาของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่มีผลต่อคุณลักษณะของ ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแป้งสาคู โดยใช้แป้งสาคูจากกลุ่มอนุรักษ์และแปรรูปสาคูบ้านกะโสม ตำบลกะปาง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช แป้งข้าวไรซ์เบอรี่บดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่จากกลุ่มทำนาปลอดสารพิษบ้านป่าไหม้ อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ผู้บริโภคในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชประกอบด้วย สมาชิกจากกลุ่มอนุรักษ์และแปรรูปสาคูบ้านกะโสม ตำบลกะปาง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช และบุคลากรในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ช่วงอายุ ไม่ต่ำกว่า 18 ปี มาทำการศึกษาวิจัยการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแป้งสาคูผสมข้าวไรซ์เบอรี่ จากจำนวนประชากรของสมาชิกกลุ่มมีจำนวนสมาชิก 20 คนและบุคคลทั่วไปเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาสัดส่วนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนปริมาณแป้งสาคูมีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแป้งสาคู โดยเฉพาะความแตกต่างด้านลักษณะทางกายภาพ และการยอมรับของผู้บริโภคและองค์ประกอบทางเคมีของสุตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

1.3.3 ขอบเขตด้านเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย ตั้งแต่เดือน 22 กันยายน 2563 ถึงวันที่ 21 กันยายน 2564

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ได้มุ่งศึกษาผลของสัดส่วนของแป้งสาคูและแป้งข้างไรซ์เบอรี่ต่อลักษณะของ Sago Flak ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพและการยอมรับ Sago Flakes ของผู้บริโภค เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ด้วยการวิจัยเชิงทดลอง ได้ดำเนินการดังนี้

1. การกำหนดสัดส่วนแป้งสาคูและแป้งข้างไรซ์เบอรี่เปรียบเทียบกับการใช้แป้งสาคูและแป้งมันร้อยเปอร์เซ็นต์

2. กำหนดกรรมวิธีการผลิต Sago Flakes และการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพทางกายภาพ การยอมรับของผู้บริโภค และคุณค่าทางโภชนาการ

3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ บุคคลทำการทดสอบการยอมรับอย่างอิสระ จำนวน 30 คน โดยสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

4 ตัวแปรอิสระ (independent variable) วิจัยเชิงทดลองตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย ปริมาณแป้งและชนิดของแป้งในส่วนผสม Sago Flakes

5. ตัวแปรตาม (dependent variable) วิจัยเชิงทดลองตัวแปรตาม ประกอบด้วย ระดับการยอมรับของผู้บริโภค ลักษณะทางกายภาพของ Sago Flakes

1.5 สมมุติฐานงานวิจัย (research hypothesis)

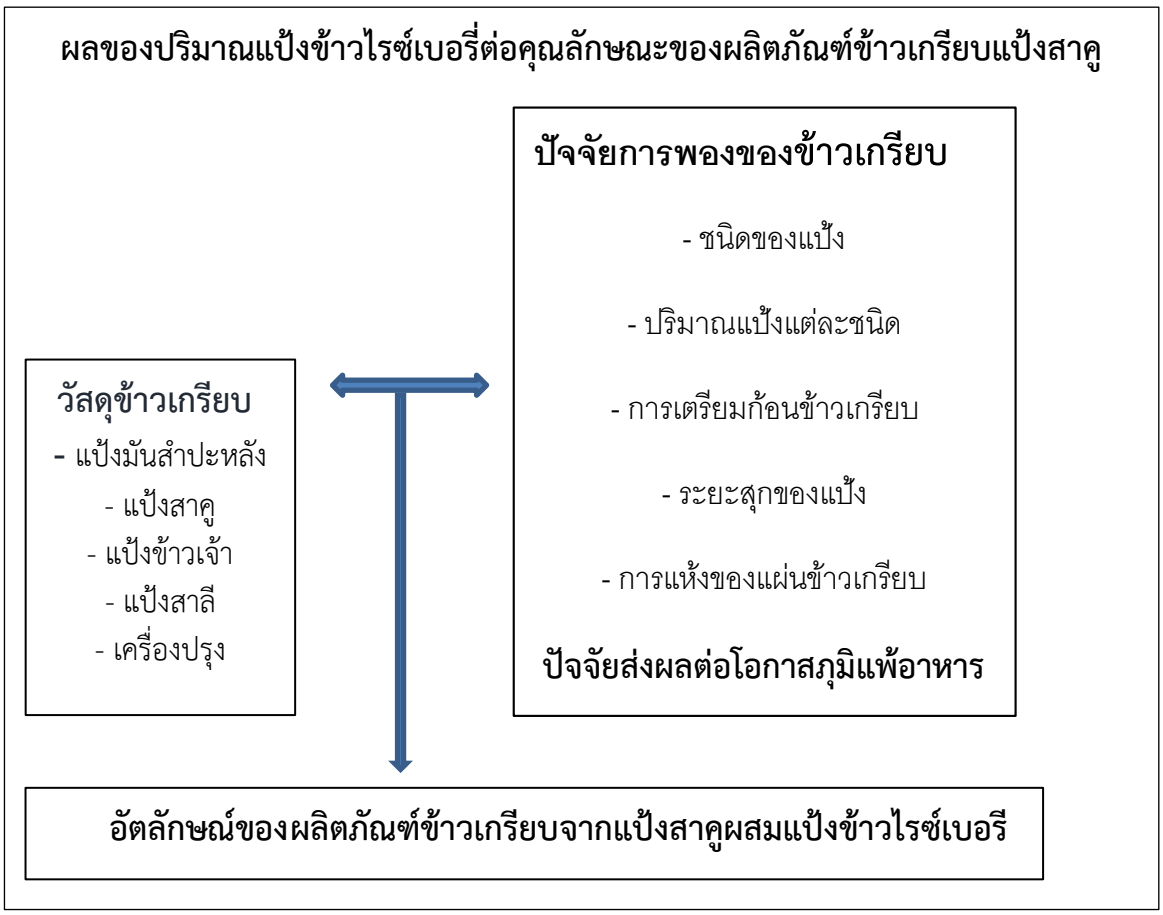
สมมติฐาน (hypothesis) คือ คำตอบที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้าอย่างสมเหตุสมผลต่อปัญหาที่ ศึกษาหรือการเดาที่ใช้หลักเหตุผลใช้ปัญญา และเขียนอยู่ในลักษณะของข้อความที่กล่าวถึง ความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป คำตอบนี้อาจจะถูกต้องหรือไม่ก็ได้จึงต้องมีการทดสอบ โดย อาศัยข้อมูลต่างๆและวิธีการทางสถิติ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540 : หน้า 46)

สมมติฐานทางวิจัย (research hypothesis) เป็นสมมติฐานที่เขียนอยู่ในรูปของ ข้อความที่ใช้ภาษาเป็นสื่อในการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา สมมติฐานประเภทนี้เป็น สมมติฐานที่ปรากฏอยู่ในรายงานการวิจัยสมมติฐานทางวิจัยนี้มีเทคนิคการเขียนอยู่ 2 แบบ คือ สมมติฐานแบบมีทิศทาง (directional hypothesis) เป็นสมมติฐานที่เขียน โดยสามารถระบุได้แน่นอนถึงทิศทางของความสัมพันธ์ของตัวแปรว่าสัมพันธ์ในทางใด (บวกหรือลบ) หรือถ้าเป็นการเปรียบเทียบก็สามารถระบุได้ถึงทิศทางของความแตกต่าง เช่น มากกว่า – น้อยกว่า, ดีกว่า – เลวกว่า, สูงกว่า – ต่ำกว่า เป็นต้น การตั้งสมมติฐานแบบนี้ชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมั่นในเหตุผล ของการตั้งสมมติฐานของผู้วิจัยว่ามีความเชื่อมั่นค่อนข้างสูง และสมมติฐานแบบไม่มีทิศทาง (Nondirectional hypothesis) เป็นสมมติฐาน ที่เขียนโดยไม่ได้ระบุทิศทางของความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือทิศทางของความแตกต่างเพียงระบุว่า ตัวแปร 2 ตัวนั้นมีความสัมพันธ์หรือถ้าเป็นการเปรียบเทียบก็ระบุเพียงว่าสองกลุ่มนั้นมีคุณลักษณะ แตกต่างกันเท่านั้นสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ มีสมมุติฐานสมมติฐานทางวิจัยแบบมีทิศทาง โดยมีสมมุติฐานในการวิจัยครั้งนี้คือ

1.5.1 คุณสมบัติทางเคมีของแป้งสาคูและแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีผลต่อลักษณะของ Sago Flak

1.5.2 ปริมาณของแป้งสาคูและแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีผลต่อลักษณะของ Sago Flak

1.6 กรอบแนวคิด



1.7 คำสำคัญของการวิจัย

ข้าวเกรียบแป้งสาคู ข้าวเกรียบ ผลิตภัณฑ์จากแป้ง
Sago flakes cornflakes Flour products

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ประโยชน์ในเชิงวิชาการ

- องค์ความรู้ที่ได้รับจากกระบวนการผลิตด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมจากกระบวนการถ่ายทอดสู่ชุมชนและจะต้องปรับเทคดนโลยีกานผลิตให้เหมาะสมกับชุมชนเพื่อพัฒนา สูโมเดลการปฏิบัติที่ได้มาตรฐาน สร้างนักวิจัยและนักวิชาการชุมชนรุ่นใหม่ให้เกิดขึ้น โดยกระบวนการมีส่วนร่วม

2. ประโยชน์ในเชิงสาธารณะ กิจกรรมการบริการวิชาการสาธิต ถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่ชุมชน และชุมชนได้นำไปปฏิบัติจริง เพื่อรองรับชุมชนท่องเที่ยวต่อไป

3. ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ เป็นการส่งเสริมธุรกิจชุมชนโดยใช้วัตถุดิบในชุมชนให้มีมูลค่าสูงสุด แทนการขายเป็นวัตถุดิบ ทำให้ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้นใน

4.การเผยแพร่ด้วยการนำเสนอผลงานวิจัยในระดับชาติหรือนานาชาติ การตีพิมพ์ในวารสาร และการจดสิทธิบัตร

1.9 นิยามศัพท์เฉพาะ

1 Treatment1: TR1 หมายถึง ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสม ประกอบด้วย แป้งมัน น้ำตาล และเกลือ เท่ากับ 100, 4, 1.25 กรัม ตามลำดับ

2 Treatment2: TR2 หมายถึง ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสม ประกอบด้วย แป้งมัน แป้งสาคู น้ำตาล และเกลือ เท่ากับ 50, 50, 4, 1.25 กรัม ตามลำดับ

3 Treatment3: TR3 หมายถึง ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสม ประกอบด้วย แป้งมัน แป้งสาคู แป้งไรซ์เบอร์รี่ น้ำตาล และเกลือ เท่ากับ 30, 30, 40, 4, 1.25 กรัม ตามลำดับ

4 Treatment4: TR4 หมายถึง ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสม ประกอบด้วย แป้งสาคู แป้งไรซ์เบอร์รี่ น้ำตาล และเกลือ เท่ากับ 80, 20, 4, 1.25 กรัม ตามลำดับ

5 Treatment5: TR5 หมายถึง ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสม ประกอบด้วย แป้งสาคู แป้งไรซ์เบอร์รี่ น้ำตาล และเกลือ เท่ากับ 70, 30, 4, 1.25 กรัม ตามลำดับ

6 Treatment6: TR6 หมายถึง ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสม ประกอบด้วย แป้งสาคู แป้งไรซ์เบอร์รี่ น้ำตาล และเกลือ เท่ากับ 60, 40, 4, 1.25 กรัม ตามลำดับ

7 Treatment7: TR7 หมายถึง ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสม ประกอบด้วย แป้งสาคูแป้งไรซ์เบอร์รี่ น้ำตาล และเกลือ เท่ากับ 50, 50, 4, 1.25 กรัม ตามลำดับ

8 Treatment8: TR8 หมายถึง ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสม ประกอบด้วย แป้งสาคู แป้งไรซ์เบอร์รี่ น้ำตาล และเกลือ เท่ากับ 40, 60, 4, 1.25 กรัม ตามลำดับ

9 Treatment9: TR9 หมายถึง ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสม ประกอบด้วย แป้งสาคู แป้งไรซ์เบอร์รี่ น้ำตาล และเกลือ เท่ากับ 30, 70, 4, 1.25 กรัม ตามลำดับ

10 Treatment10: TR10 หมายถึง ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสม ประกอบด้วย แป้งสาคู แป้งไรซ์เบอร์รี่ น้ำตาล และเกลือ เท่ากับ 20, 80, 4, 1.25 กรัม ตามลำดับ

11. แผ่น Sago Flakes อบแห้ง หมายถึง แผ่นข้าวเกรียบแป้งสาคูผ่านขั้นตอนการไลด์ที่มีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร อบแห้งความชื้นไม่เกินร้อยละ 8

12. ผลิตภัณฑ์ Sago Flakes หมายถึง แผ่น Sago Flakes อบแห้ง นำมาทอดด้วยน้ำมันปาล์ม

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการแพ้อาหารของผู้บริโภคและหามาตรการป้องกัน มีรายงานจาก Food Standard Australia New Zealand (FSANZ) (2018) ช่วงปี ค.ศ. 2008-2017 พบปัญหาการเรียกคืนสินค้าเนื่องจากการไม่แสดงสารก่อภูมิแพ้บนฉลากสินค้า (undeclared allergens) ร้อยละ 37.00 ของการเรียกคืนสินค้าทั้งหมด นอกจากนี้ USFDA (2018) ในปีค.ศ. 2017 พบสาเหตุจากการไม่แสดงสารก่อภูมิแพ้บนฉลากสินค้าคิดเป็นร้อยละ 40.45 ของการเรียกคืนทั้งหมด Surojanametakul *et al* (2012) พบว่าในประเทศไทยมีการตรวจพบสารก่อภูมิแพ้ในอาหารโดยไม่แสดงข้อมูลบนฉลากร้อยละ 38.73 งานวิจัยนี้จึงหลีกเลี่ยงการใช้แป้งสาลีโดยใช้แป้งที่มีในท้องถิ่นคือแป้งสาคูและแป้งข้าวเจ้า เป็นส่วนประกอบในการทำข้าวเกรียบเพื่อหลีกเลี่ยงป้องกันการแพ้ภูมิอาหารอันเนื่องมาจากแป้งสาลี และส่งเสริมการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นในการสร้างอัตลักษณ์อาหาร

ข้าวเกรียบ (Cracker) เป็นอาหารขบเคี้ยวที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย และยังมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่นในประเทศมาเลเซียเรียกว่า Keropok ประเทศอินโดนีเซียเรียกว่า Krapuk (Lachman, 1969) ข้าวเกรียบ ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมหลัก และส่วนผสมรอง ได้แก่ กุ้ง ปลา กระเทียม พริกไทย และเกลือ นวดผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันแล้วขึ้นรูป นำไปนึ่งให้สุก แช่เย็น จึงนำมาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ ก่อนนำไปตากแดดหรืออบแห้ง จนได้แผ่นข้าวเกรียบแห้ง ก่อนการบริโภคต้องนำไปทอดในน้ำมันร้อน โดยชนิดของแป้ง ปริมาณความชื้นที่คงเหลือในแผ่นข้าวเกรียบมีผลต่อการพองตัวของข้าวเกรียบ จึงพบการทำข้าวเกรียบหลายสูตรมีการใส่ผงฟูร่วมกับแป้งสาลี ซึ่งจะมีผลต่อสุขภาพของกลุ่มคนที่แพ้แป้งสาลีหรือแพ้กูลเตนในแป้งข้าวสาลีนั้นเอง ดารณี (2552) ได้สรุปไว้ถึงต้นเหตุการแพ้อาหาร

2.1 การแพ้อาหาร

การแพ้อาหาร พบมีเพิ่มขึ้นในทุกภูมิภาคของโลกและยังมีการแพ้หลายรูปแบบตามพฤติกรรมการบริโภค ภาวะภูมิแพ้อาหาร (food allergy) เป็นปฏิกิริยาตอบสนองของร่างกายแบบไม่พึงประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันต่อสารอาหารโปรตีนที่รับประทาน วิภา (2559) พบว่าอาหารที่มีการแพ้มากที่สุด 8 ชนิด ได้แก่ นม ไข่ ปลา สัตว์น้ำทะเล เปลือกแข็ง (ปู กุ้ง กั้ง) ถั่วเปลือกแข็ง ถั่วลิสง ข้าวสาลี และถั่วเหลือง ส่วนการแพ้อาหารในประเทศไทย ดารณี (2552) พบว่าในกลุ่มเด็กกรุงเทพมหานครจะแพ้อาหารต่างๆ ได้แก่ อาหารทะเล นมวัว ไข่ แป้งสาลี ซึ่งสารก่อภูมิแพ้จากแป้งสาลี คือ โปรตีนไกลอะดินนั้นเอง โดยมีรายงานจาก Food Standard Australia New Zealand (FSANZ) (2018) ในช่วงปี ค.ศ. 2008-2017 พบปัญหาการเรียกคืนสินค้าเนื่องจากการไม่แสดงสารก่อภูมิแพ้บนฉลากสินค้า (undeclared allergens) ร้อยละ 37.00 ของการเรียกคืนสินค้าทั้งหมด นอกจากนี้ USFDA (2018) ในปีค.ศ. 2017 พบสาเหตุจากการไม่แสดงสารก่อภูมิแพ้บนฉลากสินค้าคิดเป็นร้อยละ 40.45 ของการเรียกคืนทั้งหมด และมีการสำรวจในประเทศไทย Surojanametakul *et al* (2012) พบว่ามีการตรวจพบสารก่อภูมิแพ้ในอาหารโดยอาหารนั้นไม่ได้แสดงข้อมูลบนฉลากสูงถึงร้อยละ 38.73 ดังนั้นการหลีกเลี่ยงการใช้แป้งสาลีในการผลิตอาหารจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับ

ผลิตภัณฑ์ที่แป้งสาลีไม่ใช่ส่วนผสมหลักแต่ใส่เพื่อวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น เพื่อหลีกเลี่ยงป้องกันการเกิดภูมิแพ้อาหาร อาทิ เช่น การทำข้าวเกรียบ

2.1.1 ภูมิแพ้ข้าวสาลี

ภูมิแพ้ข้าวสาลี (Wheat allergy) เป็นปฏิกิริยาแพ้อาหารที่มีส่วนผสมข้าวสาลีทั้งจากการรับประทานและการสูดดม มีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ผลจากมีการตอบสนองต่อโปรตีนจากข้าวสาลีมากกว่าปกติ (http://www1.siphhospital.com/th., 24 เม.ย. 2564)

2.1.2 โรคแพ้กลูเตน

โรคแพ้กลูเตน (Gluten Allergy or Celiac Disease) โรคที่เกิดความผิดปกติของร่างกายในการย่อยโปรตีนกลูเตนที่ลำไส้ และมีความเกี่ยวข้องใกล้ชิดกับโรคแพ้ภูมิตัวเอง (Autoimmune Disorder : โรคในตระกูลเดียวกับโรคพุ่มพวง) เพราะเมื่อกลูเตนเข้าสู่ระบบย่อยอาหารในช่องท้องร่างกายจะสร้างภูมิต้านทานขึ้นมาแต่แทนที่จะทำลายกลูเตน กลับมาทำลายปุ่มวิลลัสเล็กๆในลำไส้เล็กที่มีหน้าที่สำคัญในการดูดซึมสารอาหาร (ตวงทิพย์, 2563) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีอยู่ในพืชจำพวกข้าวสาลี ข้าวไรย์ และข้าวบาร์เลย์ หรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งสาลี

กลุ่มผู้ที่แพ้กลูเตน หรือมีภาวะไวต่อกลูเตน หรือได้รับวินิจฉัยว่าเป็นโรคเซลิแอค (Celiac disease) ที่เป็นโรคภูมิคุ้มกันทำลายตนเองชนิดหนึ่ง เมื่อรับประทานอาหารที่มีกลูเตนแล้ว ร่างกายจะเกิดการตอบสนองที่ผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน ทำให้เกิดการอักเสบบริเวณเยื่อบุลำไส้เล็กทำให้ไม่สามารถดูดซึมสารอาหาร แร่ธาตุและวิตามินได้อย่างเต็มที่ และก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพต่าง ๆ ตามมา เช่น โรคกระดูกพรุน ภาวะมีบุตรยาก เส้นประสาทเสียหาย เป็นต้น ทั้งนี้อาการแพ้กลูเตน ดังนั้นผู้มีความเสี่ยงจึงต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการรับประทานอาหาร โดยหลีกเลี่ยงอาหารที่ทำจากแป้ง และข้าวที่มีโปรตีนกลูเตน ซึ่งในแต่ละวัยก็เกิดอาการค่อนข้างแตกต่างกัน โดยเฉพาะในเด็ก หากมีอาการแล้วไม่ได้รับการรักษาอย่างทันท่วงที จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเด็ก อาจทำให้เด็กแคระแกร็นได้ และหากไม่ได้รับการรักษาอาการจะยิ่งเรื้อรัง อาการการแพ้แป้งสาลีมีดังนี้

1) ระบบขับถ่าย อาการที่เห็นได้ชัดที่สุดของโรคแพ้กลูเตนก็คือปัญหาเรื่องระบบขับถ่าย เพราะเมื่อระบบภูมิคุ้มกันตอบสนองต่อโปรตีนกลูเตนแล้ว ก็จะทำให้ระบบขับถ่ายทำงานผิดปกติ ซึ่งอาการที่พบได้บ่อยคือ อาการท้องเสีย ท้องอืด ท้องผูก ปวดท้อง อาการเหล่านี้อาจจะทำให้รู้สึกไม่สบายตัว และมีอาการคลื่นไส้อาเจียนตามมา

2) อ่อนเพลียและเหนื่อยง่าย หากเริ่มรู้สึกอ่อนเพลีย ไม่มีเรี่ยวแรง ทั้ง ๆ ที่ไม่เคยเป็นมาก่อน นั่นอาจเป็นสัญญาณของอาการขาดสารอาหาร เช่น ธาตุเหล็ก วิตามิน ซึ่งเป็นผลพวงจากการที่ลำไส้ไม่สามารถดูดซึมสารอาหารต่าง ๆ ได้ดี

3) อารมณ์แปรปรวน โรคแพ้กลูเตนส่งผลกระทบถึงภาวะอารมณ์อีกด้วย อาจทำให้รู้สึกซึมเศร้า วิตกกังวล ในกลุ่มผู้หญิงหากอยู่ในช่วงก่อนมีประจำเดือน อารมณ์ก็จะแปรปรวนมากขึ้น

4) เกิดภาวะขาดสารอาหาร โรคแพ้กลูเตนจะส่งผลให้ลำไส้เล็กเกิดการอักเสบจนไม่สามารถดูดซึมสารอาหารชนิดต่าง ๆ ได้ จึงส่งผลให้เกิดภาวะขาดสารอาหาร และก่อให้เกิดภาวะโลหิตจาง ภาวะขาดเกลือแร่ และอาจทำให้กล้ามเนื้อลีบลงเนื่องมาจากร่างกายไม่ได้รับโปรตีนอย่างเพียงพอ

5) ผิวหนังอักเสบ อาการผิวหนังอักเสบเป็นอาการที่พบได้ในโรคภูมิแพ้เกือบทุกชนิด ซึ่งในโรคแพ้กลูเตนก็เช่นเดียวกัน แต่อาการผิวหนังอักเสบที่เกิดจากการแพ้โปรตีนชนิดนี้ จะมีลักษณะเป็นผื่นคันคล้ายตุ่มน้ำใส ๆ (Dermatitis Herpetiformis) ตุ่มน้ำจะแตกเมื่อเกา อาจจะขึ้นได้ทั่วร่างกาย มักขึ้นบริเวณข้อศอก เข่า และก้น โดยอาการนี้จะหายไปหากปรับเปลี่ยนการรับประทานอาหารมาเป็นอาหารที่ไม่มีโปรตีนกลูเตน

ภาพที่ 2.1 อาการแพ้แป้งสาลีในเด็ก

ที่มา : https://www.amarinbabyandkids.com., 13 พ.ค. 2020

6) น้ำหนักลดผิดปกติ เกิดจากร่างกายมีภูมิคุ้มกันตอบสนองต่ออาการแพ้จนทำให้เกิดภาวะลำไส้เล็กอักเสบ ร่างกายก็จะได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ บางรายโดยเฉพาะในเด็กอาจถึงขั้นส่งผลต่อการเจริญเติบโตได้เลยทีเดียว

7) ลักษณะอุจจาระผิดปกติ หากอาการแพ้กลูเตนกำเริบ สิ่งที่จะเห็นได้ชัดก็คือ อุจจาระของผู้ป่วยจะมีลักษณะที่ผิดปกติไปจากเดิม โดยอาจจะมีสีที่อ่อนลง มีไขมันปะปนในอุจจาระ และมีกลิ่นที่เหม็นผิดปกติ ซึ่งเกิดจากการที่ร่างกายไม่สามารถดูดซึมไขมันและถูกขับถ่ายออกมา ในผู้ใหญ่ลักษณะอุจจาระจะค่อนข้างเหลว แต่ในเด็กอาจพบว่าถ่ายลำบากหรืออุจจาระแข็ง

2.2 ข้าวเกรียบ

ข้าวเกรียบ อาหารว่างชนิดหนึ่งที่ทำจากแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก อาจมีส่วนประกอบของเนื้อสัตว์ หรือผัก หรือผลไม้ เช่น ปลากุ้ง ฟักทอง เผือก งาดำ งาขาว บดผสมให้เข้ากับเครื่องปรุงรส แล้วทำให้เป็นรูปทรงตามต้องการ นึ่งให้สุก ตัดให้เป็นแผ่นบางๆ นำไปทำให้แห้งด้วยแสงแดดหรือวิธีอื่นที่เหมาะสมอาจ

ทอดหรืออบก่อนบรรจุ การผลิตข้าวเกรียบปลาเป็นขนมขบเคี้ยวที่ได้รับความนิยม สร้างรายได้มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ มีกำลังการผลิตดือนละ 2,501-3,500 กิโลกรัม/ผู้ประกอบการ มลูค่าสงูถึง 110,000-198,000 บาทต่อเดือน (Chaimongkol, 2013) Saah *et al*. (2015) พบว่าข้าวเกรียบมีหลากหลายชนิด แต่ข้าวเกรียบปลาเป็นที่นิยมในพื้นที่ ปัตตานี และนราธิวาส โดยการผลิตข้าวเกรียบทั่วไปมีส่วนผสมหลักคือแป้งมันสัมปะหลัง และมีสารปรุงแต่งอื่น ๆ เช่น เกลือ น้ำตาล กระเทียม และพริกไทย เป็นต้น แล้วขึ้นรูปตามขนาดที่ต้องการ นำไปต้มหรือนึ่งให้สุกแล้วพักไว้ให้เย็น แล้วแช่เย็นให้คงตัว หั่นให้มีความบางประมาณ 0.1-0.3 เซนติเมตร นำแผ่นข้าวเกรียบอบแห้งด้วยต้อูบลมร้อน เวลา 4-5 ชั่วโมงจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะ แข็ง แห้ง และเปราะ (Chedoloh, 2017)

ข้าวเกรียบ (Chip or Cracker) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง ผสมด้วยเนื้อสัตว์หรือผัก เครื่องปรุงรส บดผสมให้เข้า กันทำให้สุกเป็นรูปต่าง ๆ ทำให้แห้งแล้วนำไปทอดหรืออบ ก่อนรับประทาน ข้าวเกรียบเป็นอาหารว่างชนิดหนึ่งที่นิยมรับประทายกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ที่นิยมรับประทานกันได้แก่ ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลา ข้าวเกรียบฟักทอง ข้าวเกรียบแครอท และข้าวเกรียบเห็ดหอมเป็นต้น ข้าวเกรียบที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ ข้าวเกรียบกุ้งตรามโนราห์ ข้าวเกรียบกุ้งตราฮานามิ ข้าวเกรียบกุ้งตราคาลบี้ นอกจากนี้ยังมีการผลิตข้าวเกรียบในระดับครัวเรือน หรือผลิตโดยกลุ่มแม่บ้านตามพื้นเมืองต่างๆนิยมรับประทานข้าวเกรียบเป็นอาหารว่างหรือของแกล้มคู่เครื่องดื่ม การเรียกชื่อจะเรียกตามวัตถุดิบนั้น โดยส่วนประกอบหลักของข้าวเกรียบคือแป้งมันสำปะหลัง แล้วผสมด้วยวัตถุดิบ เช่น เนื้อสัตว์ ผลไม้ต่าง ๆ

ลักษณะข้าวเกรียบที่ดี ควรมีลักษณะดังนี้

1) ลักษณะทั่วไปของข้าวเกรียบดิบ ต้องเป็นแผ่นบาง กรอบ อาจแตกหักได้เล็กน้อย ข้าวเกรียบพร้อมบริโภคต้องเป็นแผ่นบาง กรอบ มีการพองตัวดีและสม่ำเสมอ ไม่มีชิ้นที่ไหม้เกรียม อาจแตกหักได้เล็กน้อย

2) สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ และสม่ำเสมอ

3) กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสเฉพาะของส่วนประกอบที่ใช้ และปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่นกลิ่นอับ กลิ่นหืน เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

4) สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ชิ้นส่วนหรือปฏิกูลจากมนุษย์หรือสัตว์ ดิน ทราย และกรวด

5) ความชื้น ข้าวเกรียบดิบต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก ส่วนข้าวเกรียบพร้อมบริโภคต้องไม่เกินร้อยละ 4.0 โดยน้ำหนัก

6) วัตถุเจือปนอาหารห้ามใช้วัตถุกันเสียและสีผสมอาหารทุกชนิด บิวทิเลเตดไฮดรอกซีอะนีโซล (Hydroxyanesole) และบิวทิเลเตดไฮดรอกซีโทลูอีน (Butylatedhiydroxytoluene) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

7) จุลินทรีย์ ข้าวเกรียบกึ่งสำเร็จรูป (ข้าวเกรียบดิบ) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม เชื้อราไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ข้าวเกรียบพร้อมบริโภคจะมีจำนวน

จุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีตัวอย่าง 1 กรัม เชื้อราไม่เกิน 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.100/2556)

จากในสภาพปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเศรษฐกิจ สังคม วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งมีผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของคนไทย การประกอบอาชีพเสริม จึงสามารถบรรเทาปัญหาและเสริมรายได้ให้กับครอบครัว และชุมชน ข้าวเกรียบที่ทำและมักเจอเช่นข้าวเกรียบฟักทอง ข้าวเกรียบมันเทศ โดยใช้แป้งมันสัมปะหลังเป็นส่วนผสมหลัก และบางสูตรมีการใช้แป้งสาลีผงฟูเป็นส่วนผสมอีกด้วย ซึ่งมีปริมาณสารก่อภูมิแพ้ ได้แก่ ไกลอะดินจากแป้งสาลี

2.3 ปาลอกรือโป๊ะ

ปาลอกรือโป๊ะ (Polow Keropok) หรือ หัวข้าวเกรียบปลา เป็นที่นิยมบริโภคกันมากในพื้นที่ชายแดนใต้ ได้อิธิพลมาจากมาลายู เรียกว่า เกโรโปะก์ (Keropok) ภาษาอินโดนีเซีย เรียกว่า กรุปุ๊ก (Krupuk/Kerupuk) และภาษาฟิลิปิโน เรียกว่า โกรเปก (Kropek) ผลิตจากส่วนผสมหลักคือ ปลาที่ตัดเอาหัวและเครื่องในออก แล้วนำมาบดจนละเอียด นวดผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งสาคู และสารปรุงแต่งกลิ่นรส หากประกอบด้วยปลาพร้อมก้างบดร้อยละ 60 แป้งสาคู ร้อยละ 30 และแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 25 โดยประมาณ (Mohamed *et al.,* 2008) และผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบทั่วไปต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะ การพองตัว เนื้อสัมผัสเป็นรูพรุน กรอบ และ ความหนาแน่นต่ำ (Martz, 1984) ส่วนประกอบของแป้งสาคูมีคาร์โบไฮเดรต 84.7เปอร์เซ็นต์ สุงกว่าแป้งสาลีและข้าว และแป้งสาคูมีความเหนียวเทียบเท่าแป้งมันฝรั่งและมีลักษณะความเป็นวุ้นใกล้เคียงแป้งข้าวโพด ดังนั้นจึงคาดว่าแป้งสาคูสามารถนำมาใช้ในการทำข้าวเกรียบได้ดี จริยา และซูไบดะ (2558) ศึกษาการใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งมันสัมปะหลังในการผลิตหัวข้าวเกรียบแช่แข็ง โดยมีแป้งสาคูทดแทนแป้งมันสำปะหลัง 6 ระดับคือ 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 และ 0:100 พบว่าสามารถทดแทนแป้งสาคูในอัตราส่วน 40:60 และคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเหนียว ความกรอบและความชอบรวมเท่ากับ 6.53, 6.23, 6.57, 6.63,6.30, 7.20 และ 7.07 ตามลำดับ

กือโป๊ะจะสามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ

1. หัวกือโป๊ะ ใช้ปลาทูและปลาทูแขกผลิต มีลักษณะเป็นแท่งยาว หัวกือโป๊ะเมื่อ ปั้นเสร็จแล้วก็จะน้าไปนึ่งจากนั้นก็สามารถออกวางจ้าหน่ายได้เลย

2 กือโป๊ะแผ่นตากแห้ง ใช้ปลาโอและปลาหลังเขียวผลิต เมื่อปั้นเป็นแท่งจะต้องไปตัดเป็นแผ่นบางๆ ก่อนแล้วน้าไปตากแห้ง จากนั้นจึงค่อยบรรจุลงถุงพลาสติกใสออกจ้าหน่าย สีของกือโป๊ะในแบบที่สองสีมีสีเข้มที่สุดในสามแบบ

3 กือโป๊ะทอด ใช้ปลาทูและปลาทูแขกในการผลิต กือโป๊ะทอดเมื่อปั้นเป็นแท่งและนำไปนึ่งแล้วจะต้องหั่นเป็นแผ่นบาง ๆ แล้วนำไปทอดและทานพร้อมน้ำจิ้มที่มีความหวานและออกเผ็ดนิดหน่อย

2.4 แผ่นธัญพืช

แผ่นธัญพืช (Cereal) หรืออาหารเช้าซีเรียลหรือแผ่นข้าวโพด (Cornflakes) มีความเป็นมานานกว่า **120** ปี โดย **จอห์น ฮาร์วี เคลล็อกก์** ซึ่งเป็นแพทย์ที่มีความเชี่ยวชาญด้านโภชนาการ เป็นผู้จดสิทธิบัตรเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์คอร์นเฟลก อาหารเช้าที่ทำด้วยธัญญาพืช เป็นอาหารที่ทำขึ้นจากการผสมกันระหว่างข้าวโพด น้ำตาลและวิตามินต่างๆ แป้งสาลีจะถูกนวดและนำไปอบ เพื่อทำเกล็ดขนมที่เรารู้จักกันดีสำหรับเป็นอาหารเช้าที่เสิร์ฟพร้อมกับนมสด

ในศตวรรษที่ 19 เมื่อสมาชิกกลุ่มคริสเตียนเซเวนเดย์แอดเวนทิสเริ่มพัฒนาอาหารจานใหม่ขึ้นเพื่อให้ตรงกับมาตรฐานมังสวิรัติ**ชนิดเคร่งครัด** (Pure or Strict vegetarian) *เป็นมังสวิรัติที่กินอาหารจากพืชเพียงอย่างเดียว* ไม่มีอาหารพวกเนื้อสัตว์ ไข่ นม หรือผลิตภัณฑ์ของไข่และนม ซึ่งอาหารมังสวิรัติแบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ มังสวิรัติ**ชนิดเคร่งครัด** (pure or strict vegetarian) ตามที่กล่าวมาแล้ว อาหารมังสวิรัติ**ประเภทที่สอง** *เป็นมังสวิรัติที่ดื่มนม* (Lacto-vegetarian) อาหารมังสวิรัติกลุ่มนี้สามารถรับประทานนมและผลิตภัณฑ์ของนมและอาหารจากพืช แต่ไม่มีเนื้อสัตว์และไข่เป็นส่วนประกอบของอาหารชนิดนี้ มังสวิรัติ**ประเภทที่สาม** *เป็นมังสวิรัติที่ดื่มนมและกินไข่* (Ovo-lacto vegetarian) อาหารมังสวิรัติประเภทนี้ประกอบด้วยไข่ นม และผลิตภัณฑ์ของนมและอาหารจากพืช แต่ไม่มีเนื้อสัตว์เป็นส่วนประกอบของอาหารในกลุ่มนี้เลย และ 4. มังสวิรัติปลา หรือมังสวิรัติครึ่งใบ เรียกว่า demi-vegan กลุ่มนี้ต้องการหลีกเลี่ยงเนื้อสัตว์สีแดง (Red meat) คือพวกสัตว์ใหญ่หรือสัตว์สี่เท้า เพราะไม่ประสงค์เบียดเบียนสัตว์ (ทวีทอง, 2551)

ในปี 1894 ดร. เคลล็อกก์ ผู้อำนวยการสถานพยาบาลในแบตเทิลครีก รัฐมิชิแกน ประเทศอเมริกา นำตำรับ cornflakes เป็นส่วนหนึ่งของการกินอาหารแบบมังสวิรัติที่เข้มงวดสำหรับคนไข้ ซึ่งจะไม่มีแอลกอฮอล์ ยาสูบหรือคาเฟอีน หรือแม้แต่ช็อกโกแลต อาหารที่เขากำหนดขึ้นนั้นล้วนเป็นอาหารเบาๆ และข้อกำหนดของ ซิลเวสเตอร์ เกรแฮม ผู้ให้คิดค้น แครกเกอร์และขนมปังเกรแฮม **เคลลอกก์ และวิลล์ คีธ เคลล็อกก์** คิดค้นสูตรอาหารต่างๆ และแนวคิดเรื่องคอร์นเฟลกก็เริ่มขึ้นจากการที่ทิ้งแป้งสาลีที่สุกแล้วไว้ขณะที่ทั้งสองไปทำงาน เมื่อกลับมาก็พบว่าแป้งสาลีดังกล่าวมีเชื้อราเกิดขึ้น จึงทดลองสูตรอาหารใหม่ ด้วยการเอาไม้นวดกดเนื้อแป้งโดยหวังว่าจะได้แผ่นแป้งแผ่นยาว คือเกล็ดแผ่นแป้งและ ที่เป็นอาหารทีเป็นที่นิยมเมื่อเสริ์ฟกับนม **ในปี 1906** วิลล์ คีธ เคลล็อกก์ ทำหน้าที่เปป็นผู้จัดการของสถานบำบัดได้ตัดสินใจพยายามนำสูตรอาหารใหม่นี้ออกสู่ตลาด และก่อตั้งบริษัทของเคลล็อกก์ (Kellogg) ขึ้น และสินค้าตัวแรกของบริษัทก็คือคอร์นเฟลก **(http://mgronline.com, 25 ก.ย 2564)**

ภาพที่ 2.2 ผลิตภัณฑ์ Kelloggs

2.5 แป้งสาคู

เมื่อต้นสาคูมีอายุตั้งแต่ระยะ 4.5 ปี ขึ้นไป จะเริ่มสร้างเม็ดแป้งแทรกสะสมไว้ในช่องว่าง ระหว่างเส้นใยของล้าต้น องค์ประกอบของแป้งสาคูบริสุทธิ์โดยเฉลี่ยมีอะไมโลสประมาณร้อยละ 24 และ 31 (Karim *et al*., 2008) ต้นสาคูระยะออกดอกเขากวางอายุประมาณ 7 ปี มีปริมาณแป้ง สะสมสูงสุด สามารถน้ามาสกัดแป้งได้ประมาณ 75-100 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับขนาดและความสมบูรณ์ ของลำต้น หากใช้ล้าต้นที่มีอายุ 4.5-6.5 ปีสกัดแป้งได้เพียง 40-50 กิโลกรัมต่อต้น นอกจากได้ปริมาณ ของแป้งที่แตกต่างกันแล้วสีของแป้งก็แตกต่างกันด้วย โดยแป้งที่สกัดจากต้นสาคูที่ยังไม่สมบูรณ์ เต็มที่จะมีสีขาวนวล แต่หากได้จากต้นสาคูที่ออกดอกจะได้แป้งที่มีลักษณะสีชมพูอ่อน เนื่องจากต้นสาคูจะสร้างและสะสมสารกลุ่มฟีนอลิก (Karim *et al*., 2008) ในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นตามอายุของล้าต้น และเมื่อพิจารณาจากส่วนต่าง ๆ ภายในล้าต้นของสาคู พบว่าส่วนกลางของล้าต้นมีปริมาณแป้ง สะสมมากที่สุด รองลงมาคือ ส่วนโคนต้น และส่วนปลายของลำต้น มีการศึกษาปริมาณอะไมโลสในแป้งสาคู มีปริมาณอะไมโลสเท่ากับร้อยละ 32.2 และ Boonying *et al*., (2010) พบแป้งสาคูมีปริมาณอะไมโลสสูงถึงร้อยละ 40

ปาล์มสาคู (Sago palm) เป็นพืชตระกูลปาล์ม (Arecaceae) แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ชนิดก้านใบ (ทาง) ไม่มีหนามมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Metroxylon sago Rottb. กับชนิดก้านใบมีหนาม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า M. rumphii Mart. (Yang *et al*., 2013) เป็นพืชจำพวกปาล์มชนิดหนึ่ง ซึ่งมีแป้งในลำต้น และนำมาผลิตเป็นสาคู ภาษามลายูเรียก sagu เป็นที่พบตามที่ชื้นแฉะ ถิ่นกำเนิดอยู่ที่นิวกินี และหมู่เกาะโมลุกกะประเทศอินโดนีเซีย และบริเวณใกล้เคียง กระจายพันธุ์ในอินโดนีเซีย มาเลเซีย ปาปัวนิวกินี และ
ตอนใต้ของไทย แป้งที่ผลิตได้จากปาล์มสาคู มีลักษณะเป็นผงแป้งละเอียดหรือเป็นเม็ด เนื้อแป้งอาจมีสีน้ำตาลหรือสีชมพูอมขาว ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต และสายพันธุ์ของต้นสาคู ซึ่งแป้งชนิดนี้ นิยมใช้ประโยชน์สำหรับประกอบอาหารเป็นหลัก โดยเฉพาะใช้ทำขนมหวาน อาทิ ขนมปากหม้อ และลอดช่อง เป็นต้น โดยเนื้อขนมจะมีความเหนียวนุ่ม และหวาน แป้งสาคู โดยทั่วไปแป้งสาคูมีลักษณะเหนียว ใส อ่อนนิ่ม และมีการพองตัวมากกว่าเดิม ส่วนองค์ประกอบของแป้งมีคาร์โบไฮเดรตสูงร้อยละ 84.7 รองจากแป้งมันสำปะหลังที่มีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 88.2 และองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น โปรตีนร้อยละ 1-2 ไขมันร้อยละ 1 และกากใยร้อยละ 10 แป้งสาคูบริสุทธิ์จะมีอะไมโลสร้อยละ 27 และอะไมโลเพกตินร้อยละ 73 แป้งสาคูเป็นอาหารเกษตรอินทรีย์ปลอดสารเคมี

มีคุณค่าทางอาหารและให้พลังงานสูง แป้งสาคูมีลักษณะพิเศษ คือมีเม็ดแป้งที่ใหญ่มีสีขาวอมชมพู เมื่อได้รับความร้อนถึงระดับหนึ่งแป้งสาคูจะเปลี่ยนรูปร่างเป็นเจลที่มีความเหนียวแต่นุ่ม ใช้ประกอบเป็นอาหารคาวหวานได้หลายอย่าง และใช้ในอุตสาหกรรมได้เช่นเดียวกับแป้งมันสำปะหลัง (สยุมพร และเชาว์, 2561)

จังหวัดนครศรีธรรมราชมีการทำแป้งสาคูของเช่นชาวบ้านกะโสม อำเภอทุ่งสง บ้านเกาะขันธ์ อำเภอชะอวด บ้านเขาน้อย อำเภอร่อนพิบูลย์ รวมทั้งอีกหลายชุมชนในอำเภอพรหมคีรี และอำเภอเมือง จังหวัดนครศระรรมราช โดยเฉพาะตำบลท่างิ้ว ในหลายๆหมู่บ้าน เดิมเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำซึ่งรับน้ำจากเขามหาชัย เทือกเขาหลวง ชาวบ้านในยุคนั้นจะเรียนรู้การทำแป้งสาคูเพื่อบริโภคกันในครัวเรือน ปัจจุบันมีทำกันน้อยมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ชุมชนต่างๆในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช เนื่องจากกรรมวิธีในการผลิตแป้งสาคูยุ่งยากหลายขั้นตอน และต้องอาศัยแสงแดดในขั้นตอนการตากแป้ง รวมทั้งวิถีชีวิตคนในชุมชนเปลี่ยนไป แต่ในปัจจุบันยังพบหลายชุมชนยังมีการทำแป้งสาคู เช่น ชุมชนกะโสม อำเภอทุ่งสง ชุมชนสากเหล็ก อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช และมีการนำแป้งสาคูมาใช้ประโยชน์เช่น ชุมชนบ้านน้ำใส อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช

ปัจจุบันพื้นที่ป่าสาคูในจังหวัดนครศรีธรรมราชโดยเฉพาะ พื้นที่ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราชลดน้อยลงมาก จากการสำรวจในปี 2562 บางหมู่บ้านเช่น บ้านคลองคอน หมู่ที่ 1 ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมืองจังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นพื้นที่รับน้ำ เดิมเป็นแหล่งป่าปาล์มสาคู แต่ปัจจุบันไม่พบป่าสาคูหลงเหลืออยู่เลย เนื่องจากมีการนำพื้นที่ไปปรับปรุงปลูกสวนปาล์มซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจในปัจจุบัน แต่จากการสำรวจพบป่าสาคูมีคงเหลือมาในพื้นที่โดยรอบของหมู่ที่ 2, 3 และหมู่ที่ 4 ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยไม่พบป่าสาคูในหมู่ที่ 8 และหมู่ที่ 5 ในตำบลนี้

คุณสมบัติที่สำคัญของแป้งสาคูเช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water absorption index; WAI) และความสามารถในการละลายน้ำ (Water solubility index; WSI) ตามวิธีของกล้าณรงค์ และเกื้อกูล (2550) พบว่าความสามารถในการละลายน้ำของแป้งสาคูที่ผลิตจากต้นอ่อนและแป้งข้าวเจ้ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับร้อยละ 0.32+0.06 และ 0.29+0.03 ตามลำดับ ส่วนแป้งสาคูที่ผลิตจากต้นสาคูแก่มีค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 0.15+0.03 ลักษณะของเม็ดแป้งสาคูจากต้นแก่อายุ 9 ปีขึ้นไปเมื่อดูด้วย กล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนที่ 250 และ 500 เท่า ลักษณะของเม็ดแป้งสาคูจากต้นอ่อนอายุ 5-7 ปีเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนที่ 250 และ 500 เท่า

2.6 แป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch หรือ Cassava starch) แป้งมันสำปะหลังหรือมักจะเรียกสั้นๆว่า แป้งมัน และอาจจะเรียกอีกอย่างว่าแป้งมันสิงคโปร์ แป้งชนิดนี้ผลิตจากหัวมันสำปะหลัง มีลักษณะเป็นผงสีขาว เนื้อแป้งมีความละเอียด ลื่นมือ เมื่อถูกทำให้สุกในสถานะที่มีความชื้นสูงตัวแป้งจะเหนียวหนืด มีสีใส เหมาะกับการนำไปทำอาหารที่มีความเหนียวแต่ใสและดูขึ้นเงา แป้งมันสำปะหลังมีข้อเสียของคือเมื่อเย็นตัวลงจะคืนได้ตัวง่าย (https://www.wongnai.com, 20 ก.ย.2564) องค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็น แหล่งของคาร์โบไฮเดรต โดยเฉลี่ยแล้วหัวประกอบด้วยน้ำร้อยละ 60-65 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 30-35 หรือประมาณร้อยละ 70-90 ของน้ำหนักแห้งโปรตีนร้อยละ 1-2 ปริมาณแร่ธาตุกับวิตามิน ค่อนข้างต่ำ แต่มีปริมาณของแคลเซียมและวิตามินซีสูงมาก (พิชัย, 2528) ขณะที่แป้งมันสำปะหลังโดยทั่วไปมี ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและเถ้าร้อยละ 9.5, 1.6, 0.4, 2.8 และ 1.8 ตามลำดับ (Knight, 1969)

2.7 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

ข้าว (Oryza sativa L.) เป็นหนึ่งในธัญพืชหลักที่มีความสำคัญ และเป็นแหล่งของพลังงานให้แก่ประชากรเกือบครึ่งหนึ่งของโลก โดยมีพื้นที่เพาะปลูกมากอยู่ในแถบประเทศไทย จีน เกาหลี และญี่ปุ่น โดยเฉพาะประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตข้าวรายใหญ่ และมีความหลากหลายทางชีวภาพของพันธ์ข้าว จำแนกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้าวไม่มีสี (Non-pigmented rice) เช่น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวสี (Pigmented rice) ได้แก่ข้าวเจ้าหอมนิล ข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวสังข์หยด ข้าวกำ ข้าวลืมผัว เป็นต้น ข้าวจัดอยู่ในกลุ่มของธัญพืชที่มีประโยชน์ เนื่องจากประกอบไปด้วยสารอาหารหลายชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และเกลือแร่ชนิดต่าง ๆ และยังเป็นแหล่งของสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารแอนโทไซยานิน รวมทั้งยังพบว่าข้าวสีมีปริมาณสารดังกล่าวมากกว่าในข้าวไม่มีสี (ข้าวขาว) จึงทำให้ผู้บริโภคหันมารับประทานข้าวสีกันมากขึ้น โดยเฉพาะข้าวสีของไทย ข้าวไรซ์เบอรี่ (Rice berry) เป็นข้าวสีม่วงดำ (Black-purple rice) ที่ผู้บริโภคนิยมนำมารับประทานเพื่อสุขภาพ เนื่องจากมีสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ และสามารถป้องกันการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ได้แก่เบต้า-แคโรทีน แกมมา-โอไรซานอล วิตามินอี สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน (Ratseewo *et al*., 2019) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยทางการแพทย์ที่พบว่าสารสำคัญที่พบในข้าวไรซ์เบอรี่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Wiriyawattan *et al*.,2018) ลดภาวะของน้ำตาลในเลือดสูง ไขมันในเลือดสูง ป้องกันโรคเบาหวาน (Prangthip *et a*l., 2013) ช่วยยับยั้งเซลล์มะเร็ง (Leardkamolkarn., 2011) และป้องกันความเป็นพิษของตับ (Arjinajarn *et* al., 2017) จากประโยชน์และความสำคัญของข้าวไรซ์เบอรี่จึงได้รับความนิยมจากผู้บริโภค โดยมีการนำมาแปรรูปและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในกลุ่มขนมอบและขนมไทย ตัวอย่างเช่น ขนมปังข้าวไรซ์เบอรี่ (Thiranusornkij *et al*,. 2019) บราวนี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Sinchaipanit *et al*., 2017)

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวพื้นเมืองของไทยที่ได้จากการปรับปรุงพันธ์โดยคนไทย คือ รศ.ดร.อภิชาติ และคณะข้าวคือไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งได้ขึ้นทะเบียนเป็นพันธุ์พืชใหม่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวสายพันธุ์พิเศษสีม่วงนี้สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีของประเทศไทย (https://www.thairicedb.com/index.php, 29 ก.พ 65) จึงกลายเป็นข้าวพื้นเมืองของไทย ข้าวเป็นอาหารที่นิยมบริโภคที่ประเทศไทยนั้น ซึ่งปรับปรุงสายพันธุ์โดยเป็นการผสมข้ามสายพันธุ์ ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทำให้ได้ลักษณะที่ดีและคุณประโยชน์เด่นๆ และได้รับการจดทะเบียนเป็นพันธุ์พืชใหม่ นอกจากข้าวจะเป็นอาหารหลักแล้วข้าวยังมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ จากพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป และค่านิยมรักสุขภาพ ทำให้มีการบริโภคข้าวที่ผ่านการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ในลักษณะอื่น ๆ แทนการบริโภคข้าวในลักษณะหุงสุก เช่นการบริโภคในรูปอาหารหลักหรืออาหารว่าง เพราะสะดวกรวดเร็วและใช้เวลาในการเตรียมน้อยลงจึงได้รับ ความนิยมมากขึ้น เช่น ผลิตภัณฑ์ข้าวหุงสุกเร็ว ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าจากข้าว ผลิตภัณฑ์ข้าวพอง และผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากข้าว เป็นต้น

ข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นแหล่งแอนโทไซยานินเป็นสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งจะพบได้ในส่วนที่มีสีนheเงิน สีม่วง แดง และส้มของผลไม้ และผักมีความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระได้สูงกว่าวิตามินซี ช่วยลดการเกิดมะเร็ง และช่วยเสริมสร้างภูมิต้านทานให้ร่างกายต่อต้านเชื้อโรคอีกด้วย (Jing *et a*l., 2007) ปัจจุบันมีการศึกษาคุณสมบัติและกระบวนการผลิตแป้งข้าวโพดสีม่วงรวมถึงแนวทางประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยการใช้แป้งข้าวโพดสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

นอกจากนี้ข้าวไรซ์เบอรี่เป็นข้าวที่มีลักษณะเป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้ม ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นสารแอนโทไซยานิน ที่สามารถละลายน้ำได้ดี และจัดอยู่ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์หรือสารต้านอนุมูลอิสระ ที่ นอกจากนี้ข้าวไรซ์เบอรี่ มีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ มีรสชาติหวาน ทางการแพทย์นิยมนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหารโภชนาบำบัดเนื่องจากเป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี และยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ดังตารางที่ 2.1

ประโยชน์ของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Benefits of rice berry flour) พอสรุปได้ดังนี้

1. ช่วยชะลอความแก่และความร่วงโรย มันม่วงมีสารเบต้าแคโรทีนมาก ช่วยชะลอริ้วรอย ช่วยชะลอความแก่ก่อนวัย สาวๆ ที่รับประทานเป็นประจำ จะช่วยในเรื่องของผิวพรรณเต่งตึง ช่วยลดความเสื่อมของเซลล์ผิวต่างๆ ได้ดี

2. ช่วยลดอาการท้องร่วง สารแอนโทไซแอนยานิน ช่วยลดอาการท้องร่วงอันเกิดจากเชื้ออีโคไล รวมถึงคาร์โบไฮเดรตที่มีมาก จะไม่ก่อให้เกิดพิษร้ายแรงเหมือนคาร์โบไฮเดรตจากอาหารจำพวกแป้งหรือไขมันอื่นๆ อีกด้วย

3. ช่วยลดอัตราการเสี่ยงของโรคหัวใจการรับประทานยังช่วยให้เลือดไม่จับตัวแข็ง ลดอัตราความเสี่ยงที่เลือดไปเลี้ยงหัวใจไม่พอ ลดภาวะเลือดจับตัวกันเป็นก้อน โดยเฉพาะคนที่มีแนวโน้มที่จะเป็นโรคหัวใจได้ง่าย เช่น คนที่มีภาวะความเครียดสูง ทำงานหนัก เป็นต้น

4. ช่วยบำรุงสายตา วิตามินเอ ในหัวมันม่วงช่วยบำรุงสายได้ดี โดยเฉพาะความเสื่อมของจอประสาทตาตามอายุและวัย ผู้ที่ใช้งานดวงตาหนักมากเกินไป ควรรับประทานมันม่วงเป็นประจำ

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการข้าวไรซ์เบอร์รี่

สารอาหาร	ปริมาณ	หน่วย
อะไมโลส (amylose)	15.60	เปอร์เซ็นต์
อุณหภูมิแป้งสุก	< 70	องศาเซลเซียส
เหล็ก	13-18	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
สังกะสี	31.9	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
โอเมก้า 3	25.51	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
วิตามินอี	678	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
โฟเลต	48.1	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
เบต้า-แคโรทีน	63	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
โพลีฟีนอล	113.5	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
แทนนิน	89.33	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
แกมมาโอไรซานอล	462	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
ค่าดัชนีน้ำตาล	62	

ที่มา : กองพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, 2562

5. ทำให้ตับแข็งแรง สารอาหารในมันม่วงช่วยให้ตับแข็งแรงเพราะมีสารกลูชิโนเลต ช่วยบำรุงตับ ต่อต้านสารพิษโดยการสร้างเอนไซม์เพิ่มภูมิป้องกันสารพิษจากอาหารที่รับประทานเข้าไปในแต่ละวัน รวมถึงการล้างสารพิษออกจากตับได้เป็นอย่างดี

7. ช่วยควบคุมน้ำหนักได้ แม้จะเป็นอาหารประเภทที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง แต่ภายในเนื้อมันสีม่วงก็เต็มไปด้วยสารใยอาหารมากมาย ทานแล้วอิ่มง่าย โดยเฉพาะการทานแบบไม่ต้องนำไปกับเครื่องปรุงหรือนำไปมิกซ์เป็นเมนูอื่นๆ ยิ่งได้ประโยชน์มาก เพราะทานแล้วอิ่มง่าย สามารถทานแทนข้าวได้เลย สำหรับคนที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและควบคุมอาหาร

8. ลดอาการในสตรีก่อนมีประจำเดือน ในช่วงก่อนจะมีประจำเดือนจะทำให้รับประทานอาหารในอัตราและปริมาณมากกว่าปกติ ในแป้งขาวสีม่วงจะมีวิตามินบี 6 และเต็มไปด้วยพลังงาน ทำให้ช่วยลดอาการอยากอาหารในช่วงมีประจำเดือนได้อีกด้วย

2.8 น้ำในอาหาร

บทบาทของน้ำในอาหารน้ำเป็นส่วนประกอบหลักของอาหาร โดยเฉพาะอาหารสด เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ไข่ และนม น้ำมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติและคุณภาพด้านต่าง ๆ ของอาหารทั้งสมบัติทางกายภาพ (Physical properties) ความหนืด (Viscosity) สมบัติด้านเนื้อสัมผัส (Textural properties) ดังนี้

2.8.1 น้ำเป็นตัวกระจายองค์ประกอบของอาหาร

น้ำเป็นตัวกระจายองค์ประกอบของอาหาร เช่น กรดและเบส สามารถแตกตัวเป็นอิออนได้ในน้ำ ดังนั้นในส่วนผสมของขนมปังเมื่อใส่ผงฟูลงไปในน้ำจึงทำให้กรด และเบสที่มีอยู่ในผงฟูเกิดการแตกตัว ทำปฏิกิริยาได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาซึ่งจะช่วยให้ขนมปังขึ้นฟู

2.8.2 น้ำเป็นตัวกลางสำคัญในการถ่ายเทความร้อน

น้ำเป็นตัวกลางสำคัญในการถ่ายเทความร้อน จากบริเวณที่มีความร้อนไปสู่อาหาร ถ้าใส่น้ำลงไปในกระทะด้วยน้ำจะดูดความร้อน และช่วยกระจายความร้อนไปทั่วทุกส่วนของอาหารเพราะน้ำเป็นตัวนำความร้อนที่ดี และจะช่วยถ่ายเทความร้อนไปสู่อาหารที่สัมผัสกับน้ำ เกิดเป็นคอลลอยด์ตัวอย่าง ได้แก่ โปรตีน ซึ่งเป็นสารอาหารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ และมีพื้นที่ผิวมากมีขนาดของอนุภาคอยู่ระหว่าง 0.001 ถึง 0.1 ไมโครเมตรไม่สามารถเกิดเป็นสารละลายได้แต่จะเกิดเป็นคอลลอยด์แพร่กระจายในน้ำ ปัจจัยที่ทำให้คอลลอยด์แพร่กระจายได้ คือ การมีชั้นของโมเลกุลของน้ำมาล้อมรอบผิวของอนุภาคคอลลอยด์ และการเกิดแรงผลักกันระหว่างประจุที่เหมือนกันของอนุภาค ทำให้มันแยกห่างจากกัน เช่น โปรตีนในน้ำนมจะแพร่กระจายอยู่ในน้ำรูปของคอลลอยด์ เป็นต้น

2.8.3 น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี

น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี หรืออาจเรียกว่า ตัวทำละลายอิออนไนซ์ (Ionizing solvent) หรือตัวทำละลายแบบมีขั้วเพราะน้ำสามารถละลายสารประกอบอิเล็กโตรวาเลนท์ (electrovalent)ได้ เช่น กรดและเกลือ เป็นต้น นอกจากนี้น้ำยังสามารถละลายสารประกอบโควาเลนท์ (covalent compound) ได้ เช่น

น้ำตาล และยูเรีย เป็นต้น ความสามารถในการละลายสารพวก โควาเลนท์ได้ ทำให้น้ำมีความสำคัญต่อร่างกายของคน และสัตว์มากเพราะเมื่อสารเหล่านั้นถูกย่อยให้เป็นโมเลกุลมีขั้วขนาดเล็กๆ เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน เป็นต้น โมเลกุลขนาดเล็กเหล่านี้จะละลายในน้ำหรือของเหลวในร่างกาย และมีการเคลื่อนที่ภายในร่างกายในรูปของสารละลายน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีขั้ว จึงสามารถจับอิออนต่าง ๆ ในสารละลายได้ทำให้ไม่มีอิออนอิสระในสารละลายสารต่าง ๆ ในรูปของสารละลายที่มีขั้วเป็นองค์ประกอบสารจะรวมอยู่กับโมเลกุลต่ำ แม้ว่าจะไม่มีสารอิออนนิค แต่ก็มีจุดมีขั้วที่สามารถเกิดพันธะโฮโดรเจนได้ น้ำละลายได้ในแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลต่ำได้ดีกว่าแอลกอฮอล์พวกที่มีโมเลกุลสูง เพราะแอลกอฮอล์โมเลกุลต่ำมีหมู่ไฮดรอกซิลที่มีขั้ว ส่วนแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลสูงมีอัตราส่วนของโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้วเพิ่มขึ้นทำให้น้ำละลายได้น้อยลง โดยโมเลกุลของสารที่มีหมู่ไฮดรอกซิล จำนวนมากจะละลายน้ำได้ดี เพราะมีหมู่ที่มีขั้วมากการดึงดูดกันระหว่างโมเลกุลของสารกับโมเลกุลของน้ำจึงมีมากขึ้น เช่น การละลายของน้ำตาลในน้ำ เป็นต้น

2.8.4. การเกิดคอลลอยด์

การเกิดคอลลอยด์ องค์ประกอบหลายชนิดในอาหารจะถูกแพร่กระจายในน้ำ

2.8.5. การเกิดโด

. การเกิดโด (Dough องค์ประกอบของอาหารอาจรวมอยู่กับโมเลกุลของน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจน เมื่อมีการเติมน้ำลงไปในอาหารองค์ประกอบของอาหารจะไม่แพร่กระจาย เช่น ขนมปัง ซึ่งแป้งจะถูกเติมน้ำลงไปในแป้งและนวดผสมให้มีการรวมตัวกันเกิดเป็นโด

2.8.6. การเกิดเจลาติไนซ์

การเกิดเจลาติไนซ์ (Gelatinization) แป้งจะไม่ละลายในน้ำเย็น ทั้งนี้เพราะที่ผิวหน้าของเม็ดแป้งมีการเรียงตัวกันของอนุภาคของแป้งอย่างเป็นระเบียบ และหนาแน่น หากน้ำแป้งได้รับความร้อน น้ำจะแพร่ผ่านผนังของเม็ดแป้งเข้าไปทำให้เม็ดแป้งพองตัวขึ้นเป็น 5 เท่า เม็ดแป้งจะมีการขยายตัวและเบียดตัวกันมากขึ้น น้ำแป้งจะเปลี่ยนเป็นของเหลวข้น เรียกว่า โซล (Sol) และจะกลายเป็นเจลเมื่ออุณหภูมิลดลง ขบวนการเกิดเจลนี้ เรียกว่า เจลาติไนเซชั่น

2.8.7. การเกิดเจลในแยมและเยลลี่

การเกิดเจลในแยมและเยลลี่ เจลเป็นอาหารที่มีลักษณะของแข็งแขวนลอย อยู่ในส่วนของน้ำ ซึ่งน้ำเป็นตัวทำละลายที่สำคัญในอาหารประเภทเจล การทำเจลในระยะแรกจะมีปริมาณน้ำมาก และจะลดลงเมื่อความร้อนเพิ่มขึ้นจนกระทั้งเกิดเป็นโซล เมื่อโซลจะเปลี่ยนเป็นเจลในลักษณะเป็นวุ้นแข็ง ในทางตรงกันข้ามเจลสามารถรับน้ำได้อีก ถ้าหากมีความร้อนและความดันสูงขึ้น นอกจากนี้การบ่มเจลนี้ไว้ที่อุณหภูมิสูงอาจเกิดการเยิ้ม (Syneresis) ขึ้นได้ (นิธิยา, 2545)

ผลของปริมาณความชื้นต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ปริมาณความชื้นของอาหารมีผลต่อเนื้อสัมผัสในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) น้ำอิสระถูกกำจัดออกมา เมื่อมีการกัด เคี้ยว ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ซึ่งจะแสดงถึง ความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ เช่น ผัก ผลไม้ เป็นต้น

2) ลักษณะเหนียวเหนอะหนะที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ลูกกวาด และลูกอม เป็นต้น เป็นผลที่เกี่ยวข้องกับอันตรกิริยาระหว่างน้ำกับองค์ประกอบโครงสร้างอื่น ๆ เช่น พบในผลิตภัณฑ์เนื้อ เป็นต้น

3) ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ ปริมาณน้ำที่ใช้ทำข้าวเกรียบมีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้งมาก ถ้าใช้น้ำมากเกินไปเม็ดแป้งจะแตกตัวมากให้เจลที่เหนียว ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้ น้ำน้อยเกินไปแป้งจะพองตัวน้อย และจะไม่สุกจะไม่เกิดเจลมากนักได้ก้อนแป้งที่ร่วนกรอบ เมื่อทอดไม่พองตัว ปริมาณน้ำที่ใส่ต้องคำนึงการคงรูปของก้อนแป้งในขณะนึ่งให้สุก มิได้คำนึงถึงการเกิดเจลมากนัก

2.9 การนึ่ง

เป็นกระบวนการในการทำอาหารให้สุกด้วยการใช้ความร้อนชื้นจากไอน้ำร้อนที่ได้จากการต้มน้ำเดือด อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 100 -105 องศาเซลเซียส ความร้อนจากไอน้ำจะถูกถ่ายเทไปยังผิวหน้าของอาหารด้วยการพาความร้อน และเข้าสู่ภายในอาหารด้วยการนำความร้อน ความร้อนจากการนึ่งเป็นความร้อนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Moist heat) ทำให้แป้งเกิดการเจลาติไนซ์เซชั่น และโปรตีนสูญเสียสภาพธรรมชาติ (Protein denaturation) จึงทำให้อาหารสุก อาหารที่ผ่านการนึ่งให้สุกจะชุ่มชื้น ผิวนุ่ม ไม่เกิดชั้นผิวที่แห้งกรอบ (Crust) เหมือนอาหารที่ผ่านการอบ (Baking) ซึ่งใช้ความร้อนแห้ง (Dry heat) หรือการทอดซึ่งใช้น้ำมันเป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อน ดังนั้นกระบวนการนึ่งจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการทำข้าวเกรียบ (ฉวีวรรณ และภริตา, 2546)

2.10 การทำแห้ง

การทำแห้ง (Drying) คือการลดความชื้นของอาหาร จนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ คือ มีค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ (Water activity, a_w) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน อาหารแห้งแต่ละชนิดจะมีความชื้นในระดับที่ปลอดภัยไม่เท่ากัน การทำแห้งเป็นการให้ความร้อนระดับหนึ่งเพื่อไล่เอาน้ำออกจากอาหารให้เหลืออยู่ปริมาณน้อยที่สุด การทำแห้งทำได้หลายวิธี เช่น การตากแดด (Sun drying) การทำแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar drying) ตู้อบแห้งแบบใช้ลมร้อน (Hot air drier) ตู้อบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum sheet drier) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying หรือ sublimation) และการอบ (Baking) เป็นต้น (วิไล, 2552)

a_w หมายถึง อัตราส่วนของความดันไอของน้ำในอาหาร (P) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ (Po) ที่อุณหภูมิเดียวกัน ซึ่งก็คือความดันไอสัมพัทธ์นั่นเอง เนื่องจากน้ำที่อยู่ในอาหารอยู่ในรูปสารละลายซึ่งหากสารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น ความดันไอของน้ำในอาหารก็จะลดลง ค่าแอกติวิตี้ของน้ำในอาหารจึงลดลง นอกจากค่าแอกติวิตี้ของน้ำในอาหารจะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลายอาหารแล้วยังสัมพันธ์กับความชื้นสัมพันธ์ของอากาศ เพราะเมื่อทิ้งอาหารไว้ในอากาศอาหารจะสูญเสียความชื้นหรือไม่ก็ดูดความชื้นขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอกติวิตี้ของน้ำในอาหารและความสมดุลกับความชื้นสัมพันธ์ของอากาศ (ERH) ในขณะนั้นถ้าอาหารมีความชื้นน้อยจะดูดความชื้นจากอากาศเรียก adsorption isotherm ถ้าอาหารมี

ความชื้นมากจะสูญเสียความชื้นแก่อากาศเรียก Dsorption isotherm น้ำที่มีค่าแอกติวิตี้สูงสุด ได้แก่ น้ำบริสุทธิ์ และเมื่อมีชีวสารปนอยู่ในน้ำ จะทำให้ค่าแอกติวิตี้ของน้ำในอาหารลดลง

2.10.1 การจัดกลุ่มอาหารตามค่า a_w

อาหารสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ตามค่า a_w ดังนี้

1) อาหารที่มีความชื้นสูง (High Moisture Foods: HMF) เป็นอาหารที่มีความชื้นมากกว่าร้อยละ 50 หรือมีค่า aw มากกว่าหรือเท่ากับ 0.95 เช่น อาหารสดทุกชนิด

2) อาหารที่มีความชื้นปานกลาง (Intermediate moisture foods, IMF) เป็นอาหารที่มีความชื้นร้อยละ15.50 หรือมีค่า a_w ระหว่าง 0.65-0.85 ตัวอย่างเช่น ปลาหมึกแห้งปรุงรส มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 28

3) อาหารที่มีความชื้นต่ำ (Low moisture foods, LMF) เป็นอาหารที่มีความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 25 หรือมีค่า a_w น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.65 เช่น นมผง แป้งมัน ไข่ผง และ กาแฟสำเร็จรูป เป็นต้น มาตรฐานอุตสาหกรรมของไทยกำหนดให้กาแฟผงสำเร็จมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 45 ในกรณีที่มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 13 หรือมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.62 จะไม่มีจุลินทรีย์ใด ๆ สามารถเจริญได้ (อบเชย และขนิษฐา, 2556)

2.10.2. การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง

การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารขึ้นกับธรรมชาติของอาหาร และสภาวะที่ใช้ในการอบแห้ง

1) การหดตัว เซลล์ของสิ่งมีชีวิตโดยธรรมชาติจะมีลักษณะเด่น ผนังเซลล์มีความยืดหยุ่นสามารถต้านทานแรงได้ระดับหนึ่งถ้าแรงที่ได้รับมากเกินกว่าที่ผนังเซลล์จะรับได้ ผนังเซลล์จะแตกเซลล์ผิดรูปไปในการอบแห้งเมื่อน้ำระเหยไปจะเกิดช่องว่างขึ้นทำให้เซลล์ของอาหารซึ่งเชื่อมโยงติดกันถูกดึงให้เข้าไปแทนที่ช่องว่างนั้น เซลล์หดตัวแต่ไม่สามารถหดตัวเข้าไปได้เท่า ๆ กันทุกส่วน ส่วนที่หดตัวไม่ได้ก็จะเกิดการยืดตัวออกทำให้เกิดแรงดึงผนังเซลล์ทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ได้ระดับหนึ่ง ถ้าแรงที่ได้รับมากเกินกว่าที่ผนังเซลล์จะรับได้ทำให้เกิดการฉีกขาด ซึ่งมักเกิดกับอาหารที่มีโครงสร้างแข็งแรงหรือการอบแห้งที่เร็วเกินไป ถ้าทำการอบแห้งอย่างรวดเร็ว โดยใช้อุณหภูมิสูงผิวหน้าจะแห้งแข็งก่อนที่อาหารส่วนที่อยู่ใจกลางจะแห้ง ดังนั้นเมื่อบริเวณใจกลางแห้งและหดตัวจะดึงส่วนที่ผิวหน้าทำให้เกิดการปริแตกภายในเกิดช่องว่างทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะคล้ายรังผึ้งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแข็งมีผิวหน้าที่โค้งเล็กน้อยมีลักษณะเหี่ยวมากกว่ามีช่องว่างมากถ้าอบอย่างช้าๆ จะได้ผิวหน้าที่โค้งมากกว่ามีเนื้อแน่น การเสียน้ำทำให้เซลล์ของอาหารเกิดการหดตัวจากผิวนอกส่วนที่แข็งจะคงสภาพ ส่วนที่อ่อนจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่มากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วอาหารจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้า ๆ

2) การเกิดเปลือกแข็ง อาหารจะมีเปลือกแข็งหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้ เกิดจากในช่วงแรกที่ให้น้ำระเหยเร็วเกินไปน้ำจากด้านในของอาหารเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรือมีสารละลายน้ำตาล โปรตีน เคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงในการทำแห้ง

3) การเสียความสามารถในการคืนรูป (Rehydration) อาหารแห้งบางชนิดต้องนำกลับมาคืนสภาพโดยการแช่น้ำ จะดูดน้ำกลับคืนได้ไม่ถึงร้อยละ100 และใช้เวลานานผลิตภัณฑ์อาหารหลังคืนสภาพจะมี

เนื้อเหนียว สูญเสียความนุ่ม ความฉ่ำน้ำ ความกรอบ สาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพขึ้น การบิดเบี้ยว การฉีกขาดของเซลล์ เซลล์อาหารจะเสียความยืดหยุ่น ของผนังเซลล์ โปรตีนเสียสภาพในการดูดน้ำ อัตราการคืนรูปอาจใช้เป็นดัชนีชี้คุณภาพของอาหาร อาหารถูกทำแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะเสียหายน้อยคืนรูปได้เร็วและสมบูรณ์กว่าอาหารที่ทำแห้งไม่เหมาะสม อาหารทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งจะมีความสามารถในการคืนสภาพดีที่สุด เพราะไม่ได้ใช้ความร้อนในการทำลายผนังเซลล์ หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสตาร์ช โปรตีน (นิลตรา, 2550)

4) การเสียคุณค่าทางอาหารและสารระเหย คุณค่าทางอาหารที่เหลืออยู่ในอาหารแห้งมีความแตกต่างกันเป็นผลมาจากวิธีการเตรียมอุณหภูมิ ระยะเวลาในการทำแห้ง สภาวะในการเก็บรักษามีการเสื่อมสลายของวิตามินซี แคโรทีน เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันการเสื่อมสลายไรโบฟลาวินจากแสง ส่วนไทอะมีน โปรตีน เกิดจากความร้อนเมื่อใช้เวลาในการทำแห้งนานการสูญเสียก็จะยิ่งมาก การสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นหอม กลิ่นรสของอาหารแห้งลดน้อยลงจากเดิม สารระเหยจะสูญเสียไปมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในอาหาร ความดันไอของสารละลาย อาหารที่มีมูลค่าสูงมีราคาขึ้นอยู่กับกลิ่นรส ความหอม เช่น เครื่องเทศ สมุนไพร ควรทำการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (อบเชย และขนิษฐา, 2556)

2.10.3. ประโยชน์ของการทำแห้ง

1) การทำแห้งช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมี ลดการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ ในผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารแห้งได้นานขึ้น

2) ทำให้มีผลิตภัณฑ์ไว้เพื่อการอุปโภคและบริโภคนอกฤดูกาลหรือในแหล่งห่างไกลได้ และสะดวกในการขนส่ง ขนย้าย และลดต้นทุนในการขนส่ง

3) ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้ตู้เย็น ทำให้ลดค่าใช้จ่ายและลดความสิ้นเปลืองในการเก็บรักษา

4) เป็นการลดน้ำหนักอาหาร ขนาดของอาหาร ทำให้สะดวกในการบรรจุการเก็บรักษา การขนส่ง ลดพื้นที่และค่าใช้จ่ายสำหรับการขนส่ง

5) เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่ที่มีลักษณะกลิ่นรสเฉพาะ เช่น ลูกเกด ซึ่งได้จากการทำแห้งองุ่น กล้วยตาก และหมูหยอง เป็นต้น

6) เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้บริโภค เช่น ชา กาแฟผงสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ต้องผ่านกรรมวิธีการผลิตหลายขั้นตอนก่อนการอบแห้ง ผู้บริโภคสามารถบริโภค ดื่มเพียงนำมาเติมน้ำร้อน กวนคน ก็สามารถบริโภคได้ทันที

2.10.4. ข้อดีและข้อเสียของการทำให้อาหารแห้ง

การทำให้อาหารแห้งนอกจากจะทำให้อาหารเก็บได้นานแล้วยังมีข้อดีและข้อเสียอื่น ๆ ดังนี้

ข้อดีของการทำให้อาหารแห้ง มีดังนี้

1) น้ำหนักเบา การทำแห้งสามารถลดน้ำหนักลงได้ อาหารสดจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 60 – 90 ยกเว้นธัญพืช น้ำส่วนนี้เองจะถูกกำจัดออกโดยกระบวนการอบแห้งหรือกระบวนตากแห้ง

2) มีความกระชับ คือ ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งต้องการเนื้อที่น้อยกว่าอาหารสด อาหารแช่เยือกแข็ง หรืออาหารกระป๋องโดยเฉพาะถ้าสามารถจัดเก็บในภาชนะบรรจุได้

3) ความคงตัวที่สภาวะการเก็บ ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งไม่จำเป็นต้องใช้ ตู้เย็นในการเก็บรักษา แต่มีข้อจำกัดของอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ในระหว่างการเก็บรักษาเพื่อให้ได้ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เก็บนานขึ้น

ข้อเสียของการทำให้อาหารแห้ง แม้ว่าบางข้อจะสามารถแก้ไขโดยวิธีทำแห้งสมัยใหม่ การปฏิบัติก่อนการทำแห้งก็ตามแต่ก็ยังมีข้อเสีย ดังนี้

1) ความไวต่อความร้อน เนื่องจากอาหารส่วนมากมีความไวต่อความร้อนในระดับหนึ่งอาจทำให้เกิดกลิ่นรสไหม้ขึ้นได้ ถ้าควบคุมสภาวะไม่เหมาะสม

2) เกิดการสูญเสียกลิ่นรส สารระเหยที่ระเหยได้และเกิดการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ได้

3) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ซึ่งรวมถึงการเกิดการแห้งกรอบอันเนื่องจากการหดตัว

4) เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังเกิดการเหม็นหืนของไขมัน

5) เกิดการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ได้ ถ้าหากว่าอัตราการอบแห้งเริ่มต้นช้า ปริมาณความชื้นสุดท้ายมีค่าสูง หรือเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา. 2562)

2.10.5. ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายน้ำมีผลต่ออัตราเร่งในการทำแห้ง มีดังนี้

1) ธรรมชาติของอาหาร อาหารมีเนื้อโปร่งน้ำจะเคลื่อนที่แบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ผ่านเซลล์ในอาหารเนื้อแน่น อาหารเนื้อโปร่งจะแห้งเร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น อาหารมีน้ำตาลสูงจะเหนียวเหนอะหนะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจะแห้งช้า อาหารที่ผ่านการลวก นวดคลึงจนเซลล์แตกจะแห้งได้เร็วขึ้น

2) ขนาดและรูปร่าง ขนาดและรูปร่างมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า ความหนาของอาหารอาหารยิ่งหนามากเท่าไหร่การอบแห้งก็ใช้เวลานาน นอกจากนั้นต้องคำนึงพื้นผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย

3) ตำแหน่งของอาหารในเตา อัตราการอบแห้งภายในตู้เกิดไม่สม่ำเสมอ ขึ้นอยู่กับชนิดประสิทธิภาพ ทิศทางการเคลื่อนที่ของลมร้อนอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำ (ลมร้อนมีอุณหภูมิสูง) ย่อมระเหยได้ดี

4) ปริมาณอาหารต่อพื้นที่ (loading) ปริมาณอาหารในถาดมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับลมร้อน การอบแห้งอาหารโดยใส่อาหารเข้าไปในตู้อบครั้งละมาก ๆ ทำให้การอบแห้งไม่ทั่วถึง

โดยเฉพาะช่วงกลาง ๆ อาหารจะซ้อนทับกัน น้ำจะระเหยออกได้ไม่ดี อาหารจะสัมผัสกับอากาศร้อนไม่ทั่วถึงไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนได้ จึงทำให้แห้งช้า นอกจากนี้การจัดเรียงอาหารเพื่อนำไปอบแห้งมีผลต่ออัตราการอบแห้ง การจัดเรียงอาหารให้แผ่กระจายสม่ำเสมอไม่ซ้อนทับกัน อาหารจะสัมผัสกับลมร้อนได้อย่างทั่วถึงสม่ำเสมอ อาหารจะแห้งได้อย่างทั่วถึง

5) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Relative humidity : RH) ความแตกต่างระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนกับอาหารมีผลต่อแรงขับดันความชื้นออกจากอาหาร ในการ อบแห้งลมร้อนยิ่งมีความชื้นต่ำ (น้ำน้อย ลมร้อนมีอุณหภูมิสูง) อัตราการอบแห้งยิ่งสูง แต่ถ้าลมร้อนมีความชื้นเข้าใกล้จุดอิ่มตัว (น้ำเยอะ) จะรับไอน้ำได้น้อย อัตราการอบแห้งจะต่ำความชื้นของอากาศจะเป็นตัวกำหนดว่าจะสามารถลดความชื้นของอาหารในกระบวนการอบแห้งให้ต่ำลงเท่าไหร่อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากจะรับไอน้ำเพิ่มได้น้อย ความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนจะเป็นตัวกำหนดความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ทันทีที่อาหารและอากาศร้อนถึงจุดสมดุลการระเหยน้ำจะไม่เกิดขึ้น

6) อุณหภูมิของอากาศ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนเท่ากับลดค่าความชื้นสัมพันธ์เป็นการเพิ่มความสามารถในการขับไอน้ำเพิ่มแรงขับดันน้ำหรือความชื้นออกจากผิวหน้าอาหาร ถ้าใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งโมเลกุลของน้ำจะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น อัตราการอบแห้งจะสูงขึ้น อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่ใช้ต้องไม่สูงจนทำให้อาหารไหม้หรือเกิดความเสียหายจากปฏิกิริยาทางเคมี หรือกายภาพ การกำหนดอุณหภูมิของอากาศร้อนที่ใช้ขึ้นอยู่กับลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศร้อน และระยะเวลาในการอบแห้ง การอบแห้งผักและผลไม้อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 45 - 70 องศาเซลเซียส หากสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส น้ำจะระเหยเร็วเกินไปอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงซ้อนทางเคมีกายภาพที่ผิวหน้า ผิวหน้าเกิดเปลือกแห้งแข็งกระด้างน้ำซึมผ่านไม่ได้ เรียกว่า Case Harding อัตราการอบแห้งลดต่ำลง ผลิตภัณฑ์มีความชื้นอยู่ภายในสูงเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้จะเกิดการเน่าเสีย เกิดสีคล้ำ

7) ความเร็วของลมร้อนในการอบแห้งลมร้อน ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนให้กับอาหาร พาความชื้นออกไปถ้าใช้ความเร็วลมสูงก็จะพาไอน้ำออกจากผิวหน้าของอาหารสู่ภายนอกได้เร็วขึ้น และยังช่วยป้องกันการเกิดสภาวะอิ่มตัวในบรรยากาศเหนือผิวของอาหารช่วยลดเวลาในช่วงการอบแห้งคงที่ (สมบัติ, 2529)

2.10.6. คุณค่าทางโภชนาการ

วิตามินแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายน้ำได้แตกต่างกัน วิตามินซีไวต่อการถูกทำลายด้วยความร้อน และปฏิกิริยาออกซิเดชันมากที่สุด หากต้องการลดการสูญเสียวิตามินซีต้องใช้เวลาในการอบแห้งและเก็บรักษาระยะสั้นให้อุณหภูมิต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์และออกซิเจนต่ำ วิตามินบีหนึ่งไวต่อความร้อนแต่วิตามินชนิดอื่นค่อนข้างทนต่อความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงสูญเสียระหว่างอบแห้งเพียงร้อยละ 5 – 11 ภายหลังการลวก วิตามินและสารอาหารที่ละลายได้ในไขมันในอาหารแห้งค่อนข้างคงตัวและมีความเข้มข้นมากขึ้น อย่างไรก็ตามหากมีโลหะหนักจะเร่งให้เกิดออกซิเดชันของสารอาหารที่มีพันธะคู่อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเร็วขึ้นเมื่อมีน้ำน้อยลง เพราะตัวถูกละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น วิตามินที่ละลายได้ในไขมันบางชนิดอาจสูญเสีย เนื่องจากเกิดปฏิกิริยากับเพอร์ออกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมัน

ดังนั้นการลดออกซิเจน อุณหภูมิ และแสง จะช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันระหว่างการเก็บรักษาได้ (นิธิยา, 2549)

2.10.7. การเลือกวิธีการและเครื่องทำแห้งอาหาร

เครื่องอบแห้งที่ให้ความร้อนโดยใช้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่ไปสัมผัสกับอาหารโดยอาหารอาจอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ด้วย ได้แก่ Cabinet dryer, Tunnel dryer, Kiln dryer, Fluidized bed dryer และ Spray dryer (สมบัติ, 2529) สามารถกระทำได้หลายวิธีด้วยเครื่องทำแห้งที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึงถึงในการเลือกวิธีการและเครื่องทำแห้งอาหารนั้น ได้แก่

1) สภาพ และคุณสมบัติของอาหารที่จะนำมาทำแห้ง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงว่าอาหารที่จะนำมาทำแห้งอยู่ในสภาพใดเป็นของแข็ง ของหนืด หรือของเหลว มีขนาด และรูปร่างเป็นอย่างไร องค์ประกอบของอาหารนั้นสามารถเสื่อมเสียคุณภาพเนื่องจากผลของความร้อน และการเกิดออกซิเดชันได้เร็วมากน้อยเพียงใด

2) คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ต้องการ ควรทราบว่าผลิตภัณฑ์อาหารแห้งสุดท้ายนั้นต้องการให้มีคุณสมบัติสภาพเป็นเช่นไร เป็นชิ้น ผง ผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ดังกล่าวเวลานำมาบริโภคสามารถบริโภคได้เลย หรือต้องมีการทำให้คืนสภาพก่อน

3) ปัจจัยทางเศรษฐกิจได้แก่ ค่าใช้จ่าย ความสามารถการใช้งานของวิธีการทำแห้งว่าเหมาะสมหรือไม่กับการทำแห้งอาหารดังกล่าว ผลิตภัณฑ์ที่นำมาจำหน่ายในราคาถูก เช่น กล้วยตาก การใช้เครื่องทำแห้งซึ่งต้องค่าใช้จ่ายสูงทำให้ไม่คุ้มต้นทุนในการผลิต

2.11 การทอด

การทอด หมายถึง การนำชิ้นอาหารใส่ลงในน้ำมันขณะร้อนผิวนอกของอาหาร จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำที่เป็นส่วนประกอบในอาหารระเหยกลายเป็นไอ ผิวนอกของอาหารจะแห้งซึ่งมีลักษณะคล้ายการอบ หรือการย่าง การระเหยของน้ำจะค่อย ๆ เคลื่อนที่เข้าไปด้านชิ้นในอาหาร ทำให้ผิวนอกมีลักษณะเป็นเปลือกแข็งหุ้มชิ้นอาหารไว้ ผิวนอกของอาหารจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนเท่ากับน้ำมัน และอุณหภูมิภายในชิ้นอาหารก็เพิ่มขึ้น อัตราการถ่ายเทความร้อนจะถูกควบคุมโดยความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำมัน และอุณหภูมิของอาหารและค่าสัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนที่ผิวอัตราการแทรกซึ่งของความร้อนที่เข้าไปในชิ้นอาหารจะถูกควบคุมด้วยความสามารถในการนำความร้อนของอาหาร ซึ่งอาหารแต่ละชนิดจะมีการนำความร้อนที่แตกต่างกัน ผิวนอกของอาหารที่แห้งจะมีโครงการสร้างเป็นรูพรุนต่าง ๆ กันในระหว่างการทอดอาหาร น้ำ และไอน้ำจะออกมาทางรูที่มีขนาดใหญ่ก่อนหลังจากนั้นในรูพรุนจะถูกแทนที่ด้วยน้ำมันร้อน ความชื้นจะเคลื่อนที่จากผิวนอกของอาหารผ่าน boundary film ความหนาของชั้น boundary film จะเป็นตัวควบคุมการอัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลสารที่หาได้จากความหนืดและความเร็วของน้ำมัน ความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างความชื้นภายในอาหาร และน้ำมันที่แห้งจะเป็นแรงขับให้เกิดการสูญเสียความชื้นเช่นเดียวกับการใช้ลมร้อนในการอบแห้งระยะเวลาที่ใช้ในการทอดอาหารขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร อุณหภูมิของอาหาร วิธีการทอดให้น้ำมันน้อยหรือน้ำมันมาก และความหนาของชิ้นอาหาร อาหารทอดที่ยังคงมีความชื้นเหลืออยู่ในชิ้นอาหาร และอาหารจะต้องถูกทอดจนภายในได้รับความร้อนเพียงพอที่จะทำลาย

จุลินทรีย์ และสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของอาหาร โดยเฉพาะอาหารประเภทเนื้อซึ่งจุลินทรีย์ที่อาจทำให้เกิดโรคเจริญได้ในภายหลังการทอด ที่อุณหภูมิสูงจะทอดอาหารได้ปริมาณมาก และใช้ระยะเวลาการทอดน้อยลง แต่อุณหภูมิสูงจะเร่งให้น้ำมันที่ใช้ทอดเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น เช่น การเกิดกรดไขมันอิสระ มีความหนืดเพิ่มขึ้น น้ำมันมีกลิ่น และสีเปลี่ยนไปทำให้ต้องเปลี่ยนน้ำมันบ่อย และเป็นการสิ้นเปลือง นอกจากนั้นน้ำมันยังสลายตัวได้เป็นครีลีนที่อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดกลุ่มควันสีน้ำเงินขึ้นบริเวณเหนือผิวน้ำมันขณะทอดและทำให้เกิดมลพิษทางอากาศได้ อุณหภูมิที่ใช้ในการทอดยังแปรผันตามชนิดของอาหารด้วย อาหารที่ต้องการให้ผิวนอกกรอบและภายในยังมีความชื้นสูงต้องใช้อุณหภูมิสูง ผิวนอกที่กรอบจะช่วยป้องกันไม่ให้ความชื้นจากภายในออกมา และควบคุมการถ่ายเทความร้อนเข้าไปภายในชิ้นอาหารหากต้องการทอดให้อาหารแห้งทั่วทั้งชิ้นต้องใช้อุณหภูมิที่ต่ำลง เพื่อให้ไอน้ำภายในระเหยออกมากก่อนที่ผิวนอกจะมีลักษณะกรอบแข็งเป็นเปลือกหุ้มแข็งไว้ การทอดในทางการค้า คือ การทอดโดยใช้น้ำมันมาก ซึ่งมีความร้อนที่แตกต่างกัน (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2560)

การทอดอาหารเป็นหน่วยปฏิบัติการด้วยความร้อนจากการทอดอาหารจะทำลายจุลินทรีย์และเอนไซน์ในอาหาร และลดความชื้นที่ผิวนอกของอาหาร และอาจนำชิ้นของอาหารลักษณะบาง อาจลดความชื้นทั่วทั้งชิ้นอาหารได้ อายุการเก็บรักษา หรืออายุการวางจำหน่ายของอาหารทอดจะพิจารณาจากปริมาณความชื้นในชิ้นอาหารภายหลังการทอดแล้ว อาหารที่ยังมีปริมาณน้ำเหลืออยู่ภายในชิ้นอาหารมาก เช่น ชิ้นปลาทอด ไก่ทอด หรือโดนัท จะมีการอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของน้ำ และน้ำมันเกิดขึ้นภายในชิ้นอาหารระหว่างการเก็บรักษาสั้น หากต้องการเก็บรักษาต้องแช่เย็น ซึ่งจะเก็บรักษาได้เพียง 2 – 3 วัน การทอดอาหารจนกรอบ เช่น ชิ้นมันฝรั่งทอด จะมีความชื้นอยู่น้อยมาก สามารถเก็บได้นานถึง 12 เดือน ซึ่งระยะเวลาการเก็บรักษาและแปรผันขึ้นอยู่กับภาชนะบรรจุ และภาชนะที่ใช้ในการเก็บรักษาด้วย (นิธิยา, 2549) การทอดใช้เวลาสั้นมาก ส่วนใหญ่จะเสร็จภายใน 5 - 10 นาที เนื่องจากการทอดมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของแหล่งให้ความร้อน (น้ำมัน) และอุณหภูมิของอาหารสูง การทอดที่บรรยากาศจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิมากกว่าการทอดที่สภาวะสุญญากาศ ขนาดของชิ้นอาหารที่ใช้ในการทอดส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักน้อย ผลิตภัณฑ์อาหารทอดโดยทั่วไปจะมีน้ำมันอยู่ในปริมาณร้อยละ 10 - 40 โดยน้ำหนัก เช่น มันฝรั่งทอดกรอบ การทอดมี 2 แบบแตกต่างกัน คือ การทอดโดยใช้น้ำมันน้อย และการทอดโดยใช้น้ำมันมากซึ่งจะมีการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน (บุษยมาศ , 2555) การทอดมีวิธีการต่างๆ ดังนี้

1) การทอดโดยใช้น้ำมันน้อย (Shallow หรือ Contact frying) เหมาะแก่ผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง เช่น เบคอนไข่การถ่ายเทความร้อนสู่ชิ้นอาหารส่วนใหญ่เกิดจากการนำความร้อนจากพื้นที่กระทะที่ร้อนผ่านชั้นบาง ๆ ของน้ำมันเข้าสู่ชิ้นอาหารความหนาของชั้นนั้นจะแตกต่างกันไปไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากผิวของอาหารจะไม่เรียบและเกิดฟองที่เกิดจากการระเหยของน้ำมันในการทอด จะช่วยดันชิ้นอาหารขึ้นจากพื้นที่ผิวของกระทะเป็นครั้งคราว ทำให้ อุณหภูมิที่ผิวของชิ้นอาหารไม่สม่ำเสมอเท่ากันทุกจุดเกิดสีน้ำตาลที่ผิวไม่สม่ำเสมอ

2) การทอดน้ำมันท่วม (Deep fat frying) เป็นวิธีการทอดที่ใช้น้ำมันมากในกระทะก้นลึกอาหารจะจมในน้ำมันที่อุณหภูมิ 150 - 200 องศาเซลเซียส การทอดใช้เวลาไม่นานระหว่างการทอดจะเกิดการถ่ายโอนความร้อน และการถ่ายโอนมวลสารขึ้นพร้อมกัน การถ่ายโอนความร้อนจะเกิดขึ้นทั้ง 2 แบบ คือการนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) ซึ่งการพาความร้อนจะเกิดขึ้นระหว่างอาหารกับน้ำมันที่

อยู่รอบ ๆ ส่วนการนำความมำร้อนจะเกิดขึ้นภายในอาหารโดยความร้อนจากน้ำมันหรือไขมันจะถูกส่งผ่านไปยังชิ้นอาหารจนสุก และลอยขึ้นมาบนผิวน้ำมัน อุณหภูมิของน้ำมันหรือไขมันจะลดลงขณะใส่อาหารลงไปจึงต้องมีการเพิ่มพลังงานความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิกลับมาเท่าที่อุณหภูมิที่ตั้งไว้ขณะทอดอาหารความชื้นจะกลายเป็นไอ และระเหยออกมาทำให้เกิดฟองผุดอย่างแรง ซึ่งการเกิดฟองผุดนี้จะค่อย ๆ ลดลงจนอาหารสุก อัตราเร็วของการถ่ายโอนความร้อนจากน้ำมันไปสู่อาหารจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำมัน และของชิ้นอาหารรวมถึงค่าของสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่ผิวของอาหารนั้น ๆ แต่ในส่วนของอัตราการทะลุทะลวงของความร้อน (Heat penetration) จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการนำความร้อนของอาหารที่ทอด การถ่ายโอนความร้อนจากน้ำมันไปสู่ชิ้นอาหารเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพ เช่น การเกิดเจลาติไนเซชั่นของแป้ง การเสียสภาพของโปรตีน การระเหยของน้ำในอาหารและการสร้างเปลือก ส่วนการถ่ายโอนมวลสารระหว่างการทอด คือ การเคลื่อนที่ของน้ำจากอาหารไปสู่น้ำมันในรูปของไอน้ำ การเคลื่อนที่ของน้ำมันเข้าสู่อาหาร การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นกระบวนการที่ทำให้อาหารสุก และมีความชื้นลดลงโดยการใช้ชิ้นอาหารสัมผัสกับน้ำมันที่มีอุณหภูมิประมาณ 160 - 200 องศาเซลเซียส จนกระทั่งจุดกึ่งกลางของชิ้นอาหารหรือจุดร้อนช้าที่สุดมีอุณหภูมิสูงเพียงพอที่จะทำลายเชื้อจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับความปลอดภัยต่อการบริโภค หรือนานเพียงพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะตามที่ต้องการ การทอดเป็นกระบวนการที่มีการถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทมวลสารรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของอาหารเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน นอกจากนี้การทอดยังมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ผิวนอกของอาหารเกิดเป็นเปลือกแข็ง (Crust) หุ้มอาหารเพื่อรักษากลิ่นรส และความฉ่ำของอาหารไว้อาหารบางชนิดสามารถทอดได้เลย เช่น มันฝรั่ง เนื้อไก่ ปลา อาหารบางชนิดนิยมเคลือบด้วยแป้งชุบทอด และเกล็ดขนมปังก่อนทอด เช่น หอมหัวใหญ่หั่นเป็นวง ๆ เนื้อปลาหั่นเป็นแผ่นบาง ๆ และเนื้อไก่ เป็นต้น เพื่อลดการซึมผ่านของน้ำมันไปยังชิ้นของอาหารและลดการเสื่อมของน้ำมันจากน้ำที่ออกจากอาหารทำให้สามารถใช้น้ำมันทอดอาหารได้นานขึ้น

น้ำมันที่ใช้ในการทอดข้าวเกรียบ คือ น้ำมันปาล์ม ได้จากผลปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วยส่วนที่ ให้น้ำมัน คือ เนื้อนอกที่เป็นเส้นใยให้น้ำมันปาล์มสีส้มแดงอีกส่วนหนึ่ง ได้แก่ เนื้อในเมล็ดให้มันเมล็ดปาล์มจัดเป็นผลพลอยได้ มีสีเข้มกว่านมันมะพร้าวเล็กน้อย น้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิ่มตัวคือ ปาล์มติกร้อยละ 44 กรดไขมันไม่อิ่มตัว คือ โอเลอิกร้อยละ 39 ใช้ทอดอาหารสำเร็จปรุงอาหาร ชนิดและปริมาณกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่พบในน้ำมันปาล์ม และเมล็ดน้ำมันปาล์ม

กรดไขมัน	น้ำมันปาล์ม	เมล็ดน้ำมันปาล์ม
แคปไรลิค	1.40	-
แคปลิค	2.90	-
ลัวริค	48.20	50.90
ไมริสติค	18.40	10.20
ปาล์มมิติค	8.70	46.80
สเตียริค	1.90	3.80
โอลีอิค	14.60	37.50
ไลโนลีอิค	1.20	10.00
อะราซิโดนิก	-	0.20
อิโคซาโนอิก	-	0.30

ที่มา : นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549

2.11.1. ปัจจัยที่ทำให้อาหารอมน้ำมันมากเวลาทอด

ปัจจัยที่ทำให้อาหารอมน้ำมันมากเวลาทอด (วิไล, 2552)

1) เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด การใช้อุณหภูมิต่ำทำให้ต้องใช้เวลานาน ยิ่งทอดนานอาหารก็จะยิ่งอมน้ำมันไว้มาก ภาชนะที่ทอดควรเป็นภาชนะที่นำความร้อนได้ดี ไม่ควรทอดอาหารทีละหลาย ๆ ชิ้น เพราะจะทำให้อุณหภูมิของน้ำมันต่ำลง ทำให้อาหารอมน้ำมันมากขึ้น

2) ผิวของอาหารที่สัมผัสกับน้ำมัน อาหารชิ้นเล็กจะอมน้ำมันน้อยกว่าชิ้นใหญ่ อาหารที่มีผิวสัมผัสมากจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีผิวสัมผัสเรียบ

3) จุดเกิดควันของน้ำมัน อาหารอมน้ำมันมากเมื่อใช้น้ำมันที่มีจุดเกิดควันต่ำ

4) ส่วนประกอบของอาหาร ถ้ามีน้ำตาลและไขมันมากจะอมน้ำมันมาก

2.11.2. สมบัติทางกายภาพที่สำคัญของน้ำมันและอาหารทอด สมบัติทางกายภาพที่สำคัญของน้ำมันและอาหารทอด มีดังต่อไปนี้

1) ความหนืด คือความฝืดภายในที่เกิดขึ้นภายในของไหลหรือเป็นความต้านทานต่อการไหล น้ำมันเป็นของไหลชนิดนิวโตเนียนคือของไหลที่มีความหนืดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามค่าความเค้นเฉือนและอัตราการเฉือน น้ำมันต่างชนิดกันจะมีความหนืดต่างกันโดยทั่วไปอุณหภูมิมีผลต่อความหนืด ความหนืดของไขมันและน้ำมันเป็นปัจจัยที่สำคัญใน การออกแบบระบบการขนถ่ายไขมันและน้ำมัน ความหนืดของไขมันและน้ำมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรเอซิลกรีเซอรอลเพิ่มขึ้น ความหนืดของไขมันและน้ำมันจะลดลงเมื่อจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้นและเมื่ออุณหภูมิของ ไขมันหรือน้ำมันเพิ่มขึ้น (เบ็ญจรัก และคณะ, 2551)

2) เนื้อสัมผัสของอาหารทอด อาหารเมื่อผ่านการทอดจะมีเนื้อสัมผัสที่แตกต่างจากอาหารก่อนการทอด คือ อาหารทอดจะมีเนื้อสัมผัสที่กรอบนอกนุ่มในหรือกรอบทั้งชิ้น ซึ่งในการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

ของอาหารทอดอาจทำได้หลายวิธี แต่โดยส่วนใหญ่แล้วการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของอาหารโดยทั่วไปจะเป็นการใช้แรงหรือความเค้นกระทำลงบนอาหารแล้ววัดผลที่ผิดรูปซึ่งเกิดในอาหาร การผิดรูปนี้อาจเป็นลักษณะที่ไม่สามารถคืนสู่สภาพเดิมได้หรือสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ ในการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของอาหารทอดส่วนใหญ่มักจะวิเคราะห์กันที่ค่าความแข็ง (Hardness) ซึ่งหมายถึงแรงที่ทำให้เกิดการผิดรูปหรือค่าความเปราะ (Brittleness) ซึ่งหมายถึงแรงที่ทำให้วัสดุแตก การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยวิธี Compression test จะนิยมใช้วัดค่าความแข็งของอาหารโดยวิธีเจาะทะลุ โดยจะทำการเจาะลงในตัวอย่างและวัดแรงต้านที่เกิดขึ้น ค่าความแข็งจะเป็นค่าแรงสูงสุดของการกดครั้งแรก เมื่ออาหารเริ่มแตกค่านี้จะลดลงส่วนค่าความเปราะจะเป็นจุดแรกของแรงที่ลดลงในการกดครั้ง

3) สีของอาหารทอด ในอาหารทอดสีของอาหารอาจจะบ่งบอกถึงลักษณะของอาหารที่สุกแล้ว หรือลักษณะของอาหารที่พร้อมบริโภค โดยทั่วไปพบว่าเมื่อทอดอาหารเป็นเวลานานขึ้นสีของอาหารทอดจะมีสีที่คล้ำมากขึ้นและอาจเกิดการไหม้ขึ้นได้ส่งผลให้อาหารทอดไม่น่ารับประทาน ปัจจัยส่วนใหญ่ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์อาหารทอดคือการใช้ อุณหภูมิการทอดที่สูง การใช้ระยะเวลาทอดที่นานหรืออาจจะมีผลจากองค์ประกอบบางชนิดในตัวอาหารทอดเองโดยปกติการทอดเป็นระยะเวลานานขึ้นจะทำให้สีของอาหารเข้มขึ้น หรือสว่างน้อยลง Krokida *et al*. (2001) รายงานว่า การทอดมันฝรั่ง เป็นระยะเวลานานขึ้น ค่า L (ความสว่าง) จะมีแนวโน้มลดลง ค่า a (สีเขียว – สีแดง) และค่า b (สีน้ำเงิน - สีเหลือง) จะเพิ่มขึ้น ดังนั้นการทอดจึงทำให้อาหารมีสีเข้มขึ้น

2.11.3 ประโยชน์ของน้ำมันทางด้านโภชนาการและทางด้านอาหาร

1) ประโยชน์ของน้ำมันในด้านโภชนาการให้พลังงาน 9 แคลอรี่ต่อกรัม การดูดซึมช่วยในการดูดซึมวิตามินต่าง ๆ ที่ละลายในไขมันเป็นอาหารที่ช่วยบำรุงผิวพรรณ ช่วยทำให้ผิวหนังมีความชุ่มชื่นมากขึ้น

2) ประโยชน์ของน้ำมันในด้านอาหาร น้ำมันช่วยเพิ่มรสชาติอาหารช่วยทำให้ขนมโปร่งฟูทำให้ขนมนุ่มและร่วน

2.11.4 ผลของความร้อนต่อน้ำมัน

การทอดอาหารมีวัตถุประสงค์เพื่อให้อาหารมีสี กลิ่น รสชาติ และความกรอบ ดังนั้นคุณภาพการบริโภคจะเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และสารประกอบที่ระเหยได้ที่อาหารดูดซับจากน้ำมัน ปัจจัยที่สำคัญที่ควบคุม คือ ชนิดของน้ำมันที่ทอด อายุ ความทนต่อความร้อนของน้ำมัน อุณหภูมิ ในการทอดที่เหมาะสม ขนาด ลักษณะผิวนอกของอาหาร และการเก็บรักษา การจัดการภายหลังการทอด ปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลต่อน้ำมันที่เหลือค้างไว้ในอาหารด้วยลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเกิดการจากเปลี่ยนแปลงของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโพลิเมอร์เช่นเดียวกับการอบ หากน้ำมันร้อนจัดจะเกิดการแข็งตัวจากผิวนอกอย่างรวดเร็ว ปิดผิวนอกของอาหารลดการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นภายในชิ้นอาหารทำให้มีสารอาหารเหลืออยู่มาก การทอดทำให้อาหารมีปริมาณน้ำลดน้อยลงยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้นแต่จะสูญเสียสารอาหารระหว่างการเก็บรักษาด้วยโดยเฉพาะวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน

ดังนั้นในการประกอบอาหารทอด ควรพิจารณาเทคนิคการประกอบอาหารต่างๆ เช่น น้ำมันจะร้อนขึ้นเรื่อย ๆ ถ้าไม่ใส่อาหารลงทอด ควรใส่อาหารทีละน้อย เพื่อไม่ให้น้ำมันมีอุณหภูมิลดลง

มาก ภาชนะ ควรใช้ภาชนะปากแคบ ขอบตรงเพื่อให้ผิวถูกอากาศน้อย การทอดอาหารที่มีน้ำมันมาก และควรใส่อาหารพร้อมกันเพื่อให้อาหารทุกชิ้นได้รับความร้อนเท่ากันและสุกพร้อมกัน

2.11.5 ปัจจัยที่ทำให้อาหารอมน้ำมันมากเวลาทอด (วิไล, 2552)

1) เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด การใช้อุณหภูมิต่ำทำให้ต้องใช้เวลานาน ยิ่งทอดนานอาหารก็จะยิ่งอมน้ำมันไว้มาก ภาชนะที่ทอดควรเป็นภาชนะที่นำความร้อนได้ดี ไม่ควรทอดอาหารทีละหลาย ๆ ชิ้น เพราะจะทำให้อุณหภูมิของน้ำมันต่ำลง ทำให้อาหารอมน้ำมันมากขึ้น

2) ผิวของอาหารที่สัมผัสกับน้ำมัน อาหารชิ้นเล็กจะอมน้ำมันน้อยกว่าชิ้นใหญ่ อาหารที่มีผิวสัมผัสมากจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีผิวสัมผัสเรียบ

3) จุดเกิดควันของน้ำมัน อาหารอมน้ำมันมากเมื่อใช้น้ำมันที่มีจุดเกิดควันต่ำ

4) ส่วนประกอบของอาหาร ถ้ามีน้ำตาลและไขมันมากจะอมน้ำมันมาก

2.11.6 จุดเกิดควัน

การทอดที่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้ระยะเวลาทอดน้อยลง อุณหภูมิสูงจะเร่งให้น้ำมันที่ใช้ทอดเสื่อมคุณภาพเร็ว เช่น เกิดกรดไขมันอิสระมีความหนืดเพิ่มขึ้นน้ำมันมีกลิ่นและสีเปลี่ยนไป นอกจากนี้น้ำมันยังสลายตัวได้เป็นอะครีลีน (Acrelein) ยังทำให้เกิดกลุ่มควันสีน้ำเงินบริเวณเหนือผิวหน้าน้ำมันขณะทอดและทำให้เกิดความเป็นพิษได้ (Toxic effect) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับน้ำมันในขณะทอดที่เห็นได้ชัดคือ น้ำมันมีสีคล้ำมากขึ้นมีความหนืดเพิ่มขึ้น จุดเกิดควันลดลงและเกิดฟองขึ้น จุดเกิดควันของไขมันและน้ำมันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณของกรดไขมันอิสระ พื้นที่ผิวของน้ำมันและไขมันที่สัมผัสอากาศขณะทอด ระยะเวลาของไขมันและน้ำมันที่ถูกใช้ทอดและสารอื่น ๆ ที่เจอปนอยู่ในน้ำมัน ถ้าไขมันและน้ำมันมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำจะมีอุณหภูมิของจุดเกิดควันสูงและจุดเกิดควันจะลดลงเมื่อมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่ม เมื่อน้ำมันรับความร้อนถึงอุณหภูมิหนึ่งความร้อนจะทำให้น้ำมันสลายตัวกลายเป็นควันลอยขึ้นมา เรียกอุณหภูมิที่ทำให้ควันลอยขึ้นนี้ว่า จุดเกิดควัน ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมันแต่ละชนิดทำให้น้ำมันมีจุดเกิดควันแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 จุดเกิดควันของน้ำมันและไขมัน

ชนิดของไขมันหรือน้ำมัน	จุดเกิดควัน (องศาเซลเซียส)
น้ำมันอโวคาโด	250
น้ำมันดอกทานตะวัน	246
น้ำมันโคโนลา	246
น้ำมันถั่วเหลือง	241
น้ำมันข้าวโพด	236
น้ำมันเมล็ดงา	232
น้ำมันถั่วลิสง	231
ชนิดของไขมันหรือน้ำมัน	จุดเกิดควัน (องศาเซลเซียส)
น้ำมันปาล์ม	230
น้ำมันมะกอก	225
น้ำมันเมล็ดองุ่น	204
มันหมู	182
น้ำมันมะพร้าว	177
มาการีน	150 - 160
เนย	150

ที่มา : นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฉัตรชัย และคณะ (2562) ศึกษารูปร่างและขนาดของเม็ดแป้งสาคู ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 และ 500 เท่า พบว่า แป้งสาคูจากต้นสาคูมีลักษณะพื้นผิวเรียบ รูปร่างของเม็ดแป้งมีลักษณะรูปร่างรีคล้ายรูปไข่และปลายอีกด้านมีลักษณะเหมือนรอยตัด (ภาพที่ 2.3) และเมื่อวัดขนาดอนุภาคของแป้งสาคูรวม 3 ระยะ ดังนี้

ระยะ 1 จากส่วนโคนกลาง และปลายที่กำลังขยาย 500 เท่า พบว่ามีขนาดอนุภาค 18-42, 18-40 และ 12-40 ไมโครเมตร แป้งสาคู

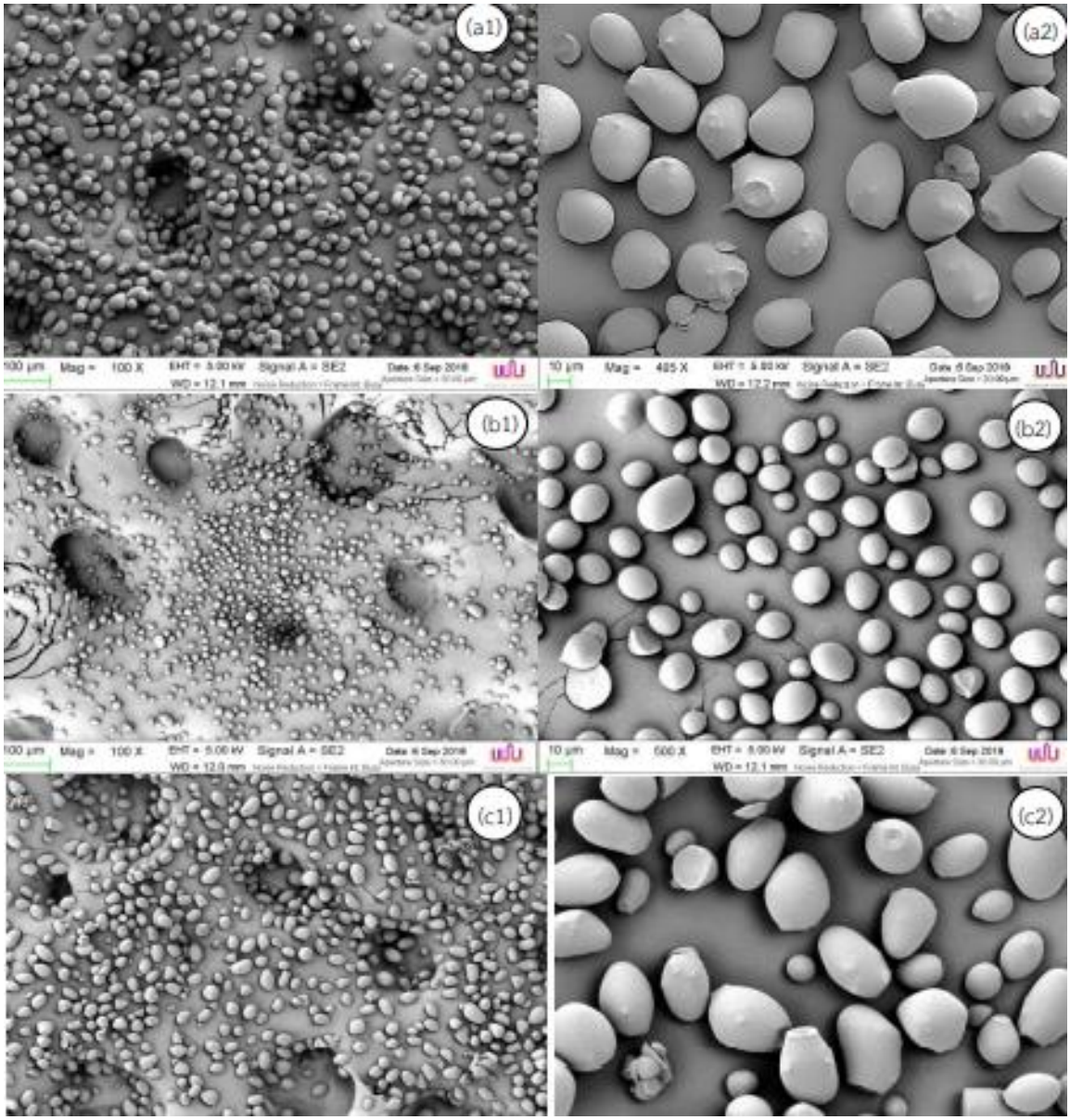
ระยะ 2 มีขนาด อนุภาค 18-37, 16-33 และ 6-19 ไมโครเมตร

ระยะ 3 มีขนาดอนุภาค 15-33, 20-47 และ 16- 36 ไมโครเมตร ตามลำดับ เมื่อต้นสาคูมีอายุมากขึ้นจนถึงระยะออกผลที่สมบูรณ์ ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคเม็ดแป้งส่วนใหญ่จะมีขนาดที่เล็กลง เมื่อเปรียบเทียบอนุภาค แป้งสาคูกับแป้งอื่น ๆ พบว่า แป้งมันฝรั่ง (15-85 ไมครอน) และแป้งข้าวเจ้า (3-10 ไมโครเมตร) ดังนั้นการเก็บเกี่ยวแป้งสาคูควรเลือกใช้ต้นสาคู

ระยะ 2-3 (ต้นแก่ก่อนออกดอกอายุประมาณ 8-9 ปี ถึงระยะออกดอกเขากวางหรืออายุมากกว่า 9 ปี) จะมีปริมาณแป้งสะสมสูงสุดร้อยละ19.17±1.48 - 19.77±0.68 โดยส่วนกลางของลำต้นมีปริมาณแป้ง

สะสมมากที่สุด รองลงมาคือส่วนโคนต้น และ ส่วนปลายมีผลผลิตแป้งต่อต้น 123.31±9.43 และ 135.52±7.31 กิโลกรัม

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งสาคูมีความแตกต่างกัน โดยแป้งที่สกัดจากต้นสาคูระยะ 1 ซึ่งลำต้นยังไม่สมบูรณ์เต็มที่แป้งจะมีสีขาวนวล แต่ต้นสาคูที่ออกดอกจะได้แป้งที่มีลักษณะสีชมพูอ่อน มีลักษณะพื้นผิวเรียบ รูปร่างของเม็ดแป้งเป็นรูปไข่ อนุภาคของแป้งสาคูมีขนาดประมาณ 12-42, 6-37 และ 15-47 ไมโครเมตร ตามลำดับ ส่วนความแตกต่างของฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่า แป้งสาคูระยะ 2 มีปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมดและร้อยละของการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงสุด 133.57±22.89 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก ต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง และร้อยละ 62.60±11.21 โดยความสามารถออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) ดีที่สุดเท่ากับ 80.20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เนื่องจากต้นสาคูมีการสร้างแป้งและสะสมสารฟีนอลิกในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นตามอายุของลำต้น แต่เมื่อเข้าสู่ระยะ 3 สารฟีนอลิกจะถูกนำไปใช้ในการสร้างดอกและผลส่งผลให้ฤทธิ์ทาง ชีวภาพลดลง



ภาพที่ 2.3 ลักษณะเม็ดแป้งสาคูจากส่วนของลำต้นที่กำลังขยายขนาด 100 เท่าระยะ 1 (a1) ระยะ 2 (b1) และระยะ 3 (c1) ที่ก้ำลังขยายขนาด 500 เท่า ระยะ 1 (a2) ระยะ 2 (b2) และ ระยะ 3 (c2)

ที่มา : รายงานการวิจัย, ฉัตรชัย สังข์ผุด และคณะ, 2562

จุรีภรณ์ และคณะ (2561) ศึกษาค่าดัชนีน้ำตาล มวลน้ำตาลและการตอบสนองของระดับซีรัมอินซูลินของเส้นก๋วยเตี๋ยวทางเลือกจากส่วนผสมของแป้งสาคูและแป้งข้าวเฉี้ยง พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวทางเลือกเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (GI เท่ากับร้อยละ53.6±8.3) เส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่มีค่าดัชนีน้ำตาลปานกลาง (GI เท่ากับร้อยละ 63.1±9.8) การตอบสนองของระดับซีรั่มอินซูลิน ของเส้นก๋วยเตี๋ยวทางเลือก พบว่า มีระดับต่ำกว่าสารละลายกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่เวลา 45, 60 และ 90 นาที หลังรับประทานอาหารพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของเส้นก๋วยเตี๋ยวทางเลือก ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของเส้นก๋วยเตี๋ยวทางเลือกและอาหารอ้างอิง (ผงกลูโคส) พบว่าปริมาณความชื้นในผงกลูโคสเท่ากับ 8.75± 0.01 กรัม/100 กรัม โดยใช้ปริมาณผงกลูโคสเพื่อการศึกษา (Avail CHO เท่ากับ 50 กรัม) เท่ากับ 54.4±0.1 กรัม องค์ประกอบทางเคมีของเส้นก๋วยเตี๋ยวพบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่สดและเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้งมาจาก (แป้งสาคู : แป้งข้าวเฉี้ยง เท่ากับ 60 : 40) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีพบว่าภาวะความชื้นมาตรฐานแห้ง เส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและเส้นใหญ่มีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกัน ยกเว้นใยอาหารที่พบในเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก (2.37 กรัม/ 100 กรัม) ในปริมาณที่สูงกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ (1.79 กรัม/ 100 กรัม)

อรนุช (2545) ศึกษาการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวเกรียบ ปลาโดยทำการพัฒนาสูตรข้าวเกรียบปลาจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา และเสริมเส้นใยอาหารจากแป้งข้าวกล้อง แครอท และฟักทองซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนประกอบหลักซึ่งประกอบด้วยแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวกล้อง และเนื้อปลาดุก โดยใช้วิธี Mixture design พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 60 แป้งข้าวกล้องร้อยละ 15 และเนื้อปลาดุกร้อยละ 25 และจากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวเกรียบปลาโดยวิธี Plackett and Burman Design พบว่า เกลือ น้ำ และแครอท เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพข้าวเกรียบปลา และพบว่าสูตรสุดท้ายที่เหมาะสมของข้าวเกรียบปลาประกอบด้วยแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 35.80 แป้งข้าวกล้องร้อยละ 8.95 เนื้อปลาดุกร้อยละ 14.91 พริกไทยร้อยละ 2.56 น้ำตาลร้อยละ 3.41 กระเทียมร้อยละ 2.56 เกลือร้อยละ 1.70 แครอทร้อยละ 8.52 ฟักทองร้อยละ 4.26 และน้ำร้อยละ 17.33

สุพาณี (2543) ศึกษาการเสริมเศษกุ้งในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ การศึกษาปริมาณการเสริมเศษกุ้ง 3 ระดับ คือ 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เมื่อเติมเศษเหลือจากกุ้งกุลาดำมากขึ้น การพองตัวของข้าวเกรียบจะลดลงและการเติมเศษเหลือจากกุ้งกุลาดำ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวกล้อง และแป้งมันสำปะหลัง ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 4 ชั่วโมง และทอดด้วยน้ำมันปาล์มได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบ พบว่ามีแคลเซียมสูงถึง 542 มิลลิกรัมต่อข้าวเกรียบ 100 กรัม ซึ่งมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าข้าวเกรียบกุ้งที่นิยม

จริยา (2559) พบว่าการพัฒนาอาหารท้องถิ่นจากแป้งสาคู: หัวข้าวเกรียบแช่แข็ง ผลิตหัวข้าวเกรียบโดยใช้ใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งมันสำปะหลัง 6 อัตราส่วน คือ 0 : 100, 20 : 80, 40 : 60, 60 : 40, 80 : 20 และ 100 : 0 จากผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 ชุดการทดลองไปแช่แข็ง (air-blast) และตรวจสอบคุณภาพทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสการใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 40:60 หัวข้าวเกรียบแช่แข็งมีความชื้นสูง ค่าการสูญเสียหลังการละลายน้ำแข็งต่ำ และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น และความชอบรวมสูงที่สุด และการเติม STPP จะช่วยเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณการเติมร้อยละ 0.4 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ทำให้หัวข้าว เกรียบ มีความชื้นสูงที่สุด ค่าการ

สูญเสียหลังการละลายน้ำแข็งต่ำที่สุด และคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน ความชอบรวมสูงที่สุด เนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis : TPA) การวิเคราะห์โปรไฟล์ของเนื้อสัมผัส เป็นวิธีทดสอบที่เลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ ซึ่งกราฟที่ได้จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกับระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองบด ซึ่งพบว่าค่า hardness และค่า Facturability ของหัวข้าวเกรียบซึ่งแสดงถึงความกรอบของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มน้อยลงตามปริมาณของแป้งมัน สำปะหลังที่ลดลง โดยสูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 100 มีค่า hardness และค่า Fracturability สูงสุด เท่ากับ 19,170.05 กรัม และ 11,684.51 กรัม ตามลำดับ เนื่องจากการทอดหัวข้าวเกรียบ อุณหภูมิของชิ้นอาหารสูงขึ้น เกิดการระเหยกลายเป็นไอของน้ำอย่างรวดเร็ว ทำให้เพิ่มความพรุนในเนื้ออาหาร กล่าวคือการเติมแป้งสาคูซึ่งมีปริมาณอะมิโลสสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังลงในส่วนผสมทำให้โครงสร้างเจลของโดข้าวเกรียบมีความแข็งแรง และขยายตัวได้ยากในระหว่างการทอด

ศธิธร (2563) ศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติของขนมจีนเส้นสดโดยใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์จากข้าวโพดสีม่วงทดแทนแป้งข้าวเจ้า เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมจีนเส้นสดโดยการทดแทนแป้งข้าวเจ้า(Rice flour : RF) ด้วยแป้งข้าวโพดสีม่วง (Purple corn flour : PCF) และแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์การศึกษากระบวนการผลิตแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ที่เหมาะสมได้ศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของน้ำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อุณหภูมิที่ใช้ในการกวนน้ำแป้งที่อุณหภูมิ 75 และ 85 องศาเซลเซียส และอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dry) และเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว (Drum dry) วิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์และแป้งควบคุมสองชนิด คือ แป้งข้าวเจ้า (RF) และ แป้งข้าวโพดสีม่วง (PCF) พบว่าค่าแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ T20-85 ที่เตรียมจากน้ำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 และกวนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส และทำแห้งด้วยวิธี Tray dry มีค่าการพองตัวสูงที่สุดเท่ากับ 24.11 กรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ D20-85 ที่เตรียมจากน้ำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 และกวนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส และทำแห้งด้วยวิธี Drum dry เท่ากับ 16.60 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้จากยังพบว่าแป้งทั้งสองมีลักษณะเจลที่อ่อนนุ่มไม่แตกร่วนหลังเย็นตัวลงจึงเลือกแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ T20-85 และ D20-85 มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาพัฒนาเส้นขนมจีน การศึกษาปรับปรุงเส้นขนมจีนโดยการทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมจีนด้วยแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพดสีม่วงแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ T20-85 และ D20-85 ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 10 และ 30 โดยน้ำหนักแป้งพบว่าเส้นขนมจีน PCF:10T20-85:10 และ D20-85:10 มีผลคะแนนการทดสอบความชอบจากผู้บริโภคมีในด้าน สีรสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมากที่สุดจึงสรุปได้ว่าการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวโพดสีม่วงแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ T20-85 และ D20-85 ที่ระดับการทดแทนอยละ10 เป็นระดับที่เหมาะสม

สุพิชญา (2562) ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ซาลาเปาที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักของแป้งสาลี) การวิเคราะห์ด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตมิเตอร์พบว่าแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH, ABTS, FRAP และ Reducing power) สูงกว่าในแป้งสาลี 1.54-41.05 เท่า ซึ่งการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ร้อยละ 10-50 ในสูตรซาลาเปา ส่งผลให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้น มากถึง 9.23, 3.13 and 12.82 เท่า ตามลำดับ นอกจากนี้การเติมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ไปยังแป้งสาลีในระดับที่สูงขึ้น (แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 50) ส่งผลให้มี

ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH, ABTS, FRAP และ reducing power ซึ่งเพิ่มขึ้น 16.01, 8.33, 5.88 และ 5.40 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (แป้งสาลีร้อยละ 100) การวัดเนื้อสัมผัสและสีโดยการใช้เครื่อง Texture analyzer (TA-XT2) และ Hunter Lab colorimeter ผลการศึกษาพบว่าซาลาเปามีความแข็งและค่า a*เพิ่มขึ้น และความสามารถเกาะรวมกัน ความยืดหยุ่น ค่า L* และ b* ลดลงตามปริมาณของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ซาลาเปา

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ มุ่งศึกษาค้นคว้าเพื่อการศึกษาปริมาณของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ Sago Flakes และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ Sago Flakes ที่มีส่วนผสมข้าวพื้นเมือง การใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาคู เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของ Sago Flakes โดยพิจารณาจากการพองตัว และลักษณะของเนื้อสัมผัส ตลอดจนการยอมรับของผู้บริโภค เพื่อให้ได้สูตรมีจุดเด่นและการยอมรับของผู้บริโภค โดยการเริ่มด้วยการผลิต Sago Flakes ที่ใช้แป้งมันทั้งหมดเพื่อเป็นชุดควบคุม เปรียบเทียบกับแป้งสาคูและการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาคู เพื่อให้ได้ Sago Flakes ที่มีส่วนผสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ซึ่งปัจจุบันมีการผลิตอย่างกว้างขว้างและมีจุดเด่นด้านคุณลักษณะทางโภชนาการ สี และกลิ่น ซึ่งเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั่วไป สำหรับผลิตภัณฑ์ Sago Flakes มีการศึกษาโดยใช้ปริมาณแป้งมัน แป้งสาคู และแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาคู ทั้งหมด 10 ระดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1. แป้งสาคู จากกลุ่มอนุรักษ์ และแปรรูปสาคูบ้านกะโสม อำเภอทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช

3.1.2. แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ชนิดข้าวกล้อง (ข้าวเก่า 4 เดือน) ได้จากข้าวไรซ์เบอร์รี่อินทรีย์กลุ่มชาวนายิ้ม บ้านป่าไหม้ ต.ท่างิ้ว อ.เมือง จ.นครศรีรรมราช โดยนำข้าวสารไรซ์เบอร์รี่มาทำการบดด้วยเครื่องบดและร่อนแป้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และควบคุมค่าความชื้นของแป้งที่ได้ ไม่เกินร้อยละ 10

3.1.3. เครื่องปรุงรส ประกอบด้วยเกลือ ประเภทเกลือบริโภค (Iodized Refined Salt) ปรุงทิพย์ บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์จำกัด และน้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล บริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด

3.1.4 น้ำมันพืช น้ำมันปาล์ม ตราเกสร บริษัทน้ำมันพืชปทุม จำกัด

3.2 อุปกรณ์

3.2.1. อุปกรณ์สำหรับการผลิต

1) หม้อนึ่ง 2 ชั้น
2) เครื่องสไลด์
3) กะละมังสแตนเลส

3.2.2. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

1) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Metler Toledo รุ่น AG-245)
2) เครื่องวัดค่าสี ระบบ L* a* b* ยี่ห้อ Hunterlab รุ่น ColorFlek
3) ตู้อบลมร้อนแบบถาด ขนาด 10 ถาด
4) เครื่องสไลด์ก้อน Sago Flakes

5) เวอร์เนียร์ (vernier caliper) ยี่ห้อ winton ขนาด 150 x 0.02/6 นิ้ว x 1/1000

6) กระทะทอดไฟฟ้า ขนาด 5 ลิตร

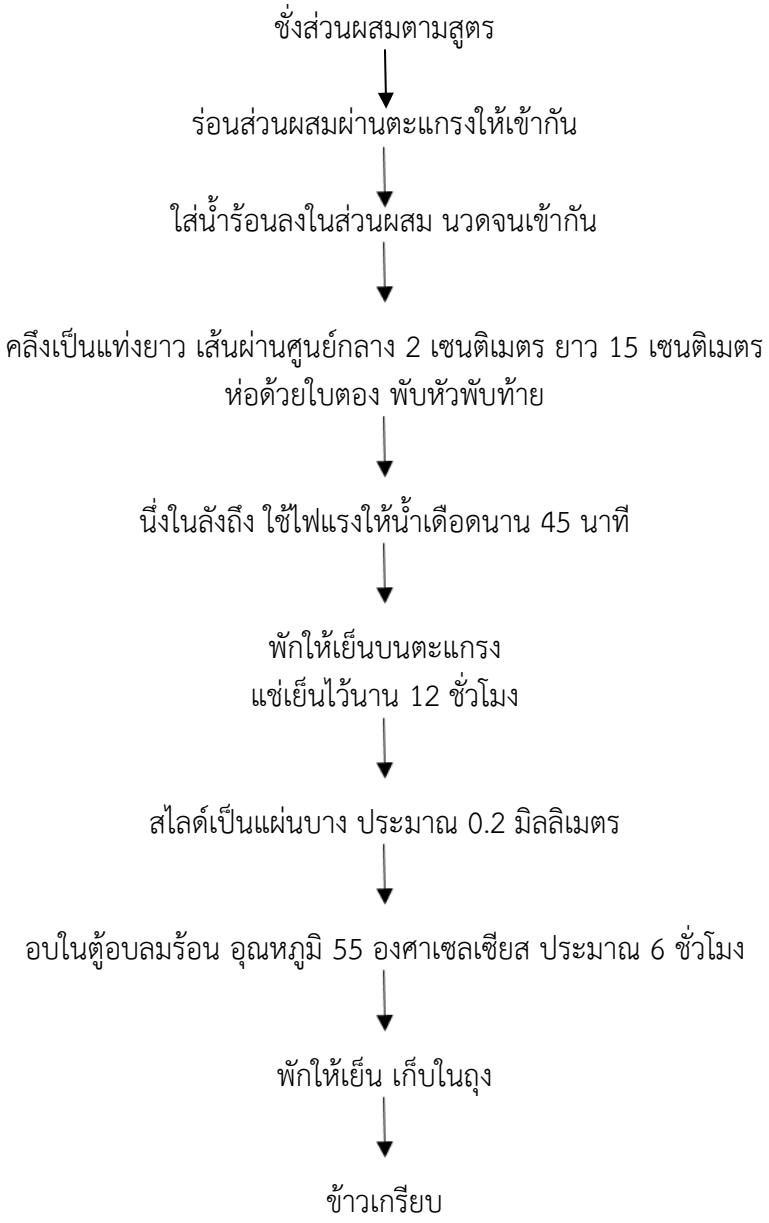
7) เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ยี่ห้อ **AMETEX Brookfield** รุ่น CTX หัววัด TA-TPB

8) เครื่องวัดไขมัน Buchi B-811 บริษัท Aswan competence center

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยนำนำข้าวสารข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ อบในตู้อบลมร้อนแบบถาด จนได้ความชื้นสุดท้าย 9 เปอร์เซ็นต์ โดยใส่ข้าวในเครื่องปั่น ครั้งละ 450 กรัม ปั่นนาน 2 นาที ร่อนแป้งผ่านตะแกรง สแตนเลส 304 ขนาดช่อง (Mesh Opening) 100 Mesh จะได้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ สำหรับเป็นส่วนผสม ข้าวเกรียบแป้งสาคู (Sago flakes) แป้งข้าวกล้องไรซ์เบอรี่ ที่ได้มีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.1

3.3.2. ศึกษาสูตร Sago flakes ที่มีปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมของข้าวเกรียบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแป้งสาคู โดยผสมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่กับแป้งมันและแป้งสาคู 10 ระดับ ดังตารางที่ 3.1 เติมน้ำตาลร้อยละ 4 และเกลือร้อยละ 1.25 แล้วเติมน้ำร้อน นวดจนส่วนผสมเหนียว ขึ้นรูปเป็นแท่งเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร นึ่งด้วยน้ำเดือด ประมาณ 1 ชั่วโมง พักก้อนแป้งไว้ ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และนำแช่เย็น (5 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก้อนข้าวเกรียบที่ผ่านความเย็นมาหั่นเป็นแผ่น หนาประมาณ 2 มิลลิเมตร นำอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง (ความชื้นประมาณร้อยละ 6 - 8) นำแผ่นข้าวเกรียบที่ได้ทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160-170 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วินาที



ภาพที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบแป้งสาคู (Sago Flakes)

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลอง sago flakes จำนวน 10 Treatment

Treatment : TR	ร้อยละของแป้ง		
	แป้งมัน	แป้งสาคู	แป้งข้าวไรซ์เบอรี่
TR1 (ควบคุม)	100	-	-
TR2	50	-	50
TR3	30	30	40
TR4	-	80	20
TR5	-	70	30
TR6	-	60	40
TR7	-	50	50
TR8	-	40	60
TR9	-	30	70
TR10	-	20	80

หมายเหตุ : น้ำตาลทรายร้อยละ 4 และ เกลือร้อยละ 1.25

3.3.3 วิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ sago flakes ดังนี้

1) ตรวจวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบ คือความชื้น และสีกลิ่นของข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และแป้งสาคู

2) วิเคราะห์หาปริมาณการพองตัวของข้าวเกรียบ ใช้ค่าเฉลี่ยจากข้าวเกรียบจำนวน 5 แผ่น โดยวิธี seed displacement อัตราการพองตัว (Expansion ration) ด้วยการแทนที่เมล็ดงา (seed displacement) โดยใช้การแทนที่เมล็ดงา (Seed displacement) นำเมล็ดงาใส่ถ้วยแก้วปากเรียบให้เต็มปาดให้เรียบ นำไปวัดปริมาตรโดยใช้กระบอกตวง จดปริมาณเมล็ดงาที่ได้ (V_1) นำขนมขบเคี้ยวที่ยังไม่ได้ทอดจำนวน 4 ชิ้น ใส่ลงในถ้วยแก้วถ้วยเดิม ใส่เมล็ดงาลงไปจนเต็มปากถ้วยปาดให้เรียบ แยกเอาแผ่นขนมขบเคี้ยวออก นำเมล็ดงาที่เหลือไปวัดปริมาตร (V_2) ความแตกต่างระหว่างปริมาตรของเมล็ดงา (V_1-V_2) คือ ปริมาตรของขนมขบเคี้ยวก่อนทอด หลังจากนั้นนำขนมขบเคี้ยวชิ้นเดิมไปทอดที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที ขนมขบเคี้ยวที่ได้นำมาหาปริมาตร (V_3) ด้วยวิธีเดียวกัน จะได้ปริมาตรขนมขบเคี้ยวหลังทอด (V_1-V_3) ปริมาตรของขนมขบเคียว คือ ปริมาตรของขนมขบเคี้ยวหลังทอดหารด้วยปริมาตรของข้าวเกรียบก่อนทอด ดัดแปลงจาก ธงชัย, 2535 ดังแสดงในสมการที่ 1

$$\text{อัตราการพองตัว} = \frac{\text{ปริมาตรของขนมขบเคี้ยวหลังทอด}(V_1-V_3)}{\text{ปริมาตรของขนมขบเคี้ยวก่อนทอด}(V_1-V_2)} \quad \text{.....สมการที่ 1}$$

3) วิเคราะห์สี โดยเครื่อง Hunter Lab ด้วย ระบบ L* a* และ b* โดยใช้เซลล์แก้วขนาด 2.54 เซนติเมตร 1) วิเคราะห์ค่าสี นำตัวอย่างข้าวเกรียบที่ต้องการวัดไปปั่นตัวอย่างอาหารในเครื่องปั่นตัวอย่างอาหาร แล้ววัดสีด้วยเครื่องมือวัดสี Hunter Lab ตามระบบ CIE แสดงผลดังนี้ ค่าสี L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่าง สีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a* (+ หมายถึง วัตถุมีสีแดง, - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) และ b* (+ หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง, หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน)

3.3.4 การทดสอบเนื้อสัมผัส โดยเครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ **AMETEX Brookfield** รุ่น CTX ใช้หัววัด TA-TPB ความเร็ว 5 มิลลิเมตรต่อวินาที และแรง 0-50 นิวตัน

3.3.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส วิธี Hedonic 9-points scale ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและ ความชอบโดยรวม ซึ่งใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน 3 ซ้ำ โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบชุดควบคุม โดยสอบถามเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัสใช้ วิธี 9 point Hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 4 = ชอบปานกลาง 5 = เฉย ๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด) ประเมินผลโดยการหาค่าร้อยละจากคะแนนการประเมินของผู้บริโภค

3.3.6 นำสูตรที่เป็นที่ยอมรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ โปรตีน, ไขมัน, ความชื้น, ไฟเบอร์ และค่า PV โดยวิธี A.O.A.C. (2000)

1) การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนรวม โดยวิธี Kjeldahl Method (AOAC, 2000). ชั่งตัวอย่าง 2 - 5 กรัม ใส่ลงใน Kjeldalh flask เติม Mixed catalyst : $CuSO_4$ 0.1 กรัม, $NaSO_4$ 2 กรัม และ conc.H_2SO_4 25 กรัม โดยทำการย่อย (Digestion) ย่อยบน heating mantle โดยให้ความร้อนอ่อน ๆ จนกระทั่งหมดฟองแล้ว ค่อยเพิ่มความร้อนอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วการกลั่น (Distillation) เติมน้ำกลั่นลงในหลอดย่อย 10 - 15 มิลลิลิตร นำหลอดย่อยมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่น แล้วเติม NaOH 40% ประมาณ 50 มิลลิลิตร นำ receiving flask ที่มี 4% boric acid อยู่ 20 - 25 มิลลิลิตร และเติม indicator เรียบร้อยแล้วมารองรับสารละลายที่กลั่นได้ กลั่นจนได้สารละลายประมาณ 25 มิลลิลิตร นำไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วย 0.1 N HCl จนกระทั่งสีของสารละลาย เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอมชมพู ทำ blank คำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสูตรสมการที่ 2

%ไนโตรเจน = (1.4(v1-v2)*0.0992)/น้ำหนักตัวอย่าง .....สมการที่ 2
ปริมาณโปรตีน = (%ไนโตรเจน*Protein Factor)

2) การวิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วย Soxhlet (AOAC, 2000) อบขวดกลาสสำหรับหาปริมาณไขมันในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ100 - 105 องศา เซลเซียส เวลา 1 - 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม (บันทึกน้ำหนักของขวด) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ผ่านการอบด้วยเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ความละเอียด 0.0001 กรัม บันทึกน้ำหนักอาหาร ส่วนน้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ชั่งน้ำหนัก 2 กรัม นำตัวอย่างอาหารวางบนกระดาษ

กรองเบอร์ 1 ห่อกระดาษกรองให้มิดชิด โดยเริ่มจากพับกระดาษกรองด้านล่างขึ้นมาประมาณ 4 เซนติเมตร พับด้านซ้ายและขวาเข้ามาด้านละ 4 เซนติเมตร นำตัวอย่างที่ห่อใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง (Cellulose thimble) นำหลอด สำหรับใส่ตัวอย่างบรรจุลงในชุดสกัดไขมัน เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในขวดก้นกลมสำหรับ หาไขมัน ประมาณ 150 มิลลิลิตร ต่อปากขวดก้นกลมเข้ากับชุดสกัดพร้อมวางบนเตาให้ความร้อน เปิดเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อหล่อเย็นอุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิตซ์ของเตาให้ความร้อน นำขวดก้นกลมไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากตัวสกัด และเก็บตัวทำละลายใส่ขวดไว้เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ นำขวดก้นกลมอบที่อุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียส จนตัวทำละลายหมดใช้เวลาประมาณ 30 นาทีทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักขวดก้นกลม อบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งที่ชั่งมีผลแตกต่างกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม บันทึกน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ การคำนวณผลการคำนวณ หาปริมาณไขมันหรือสารสกัดอีเทอร์มาหาคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$\text{ปริมาณไขมัน} = \frac{(\text{น้ำหนักภาชนะ}+\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) - (\text{น้ำหนักภาชนะ})\times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \quad \text{---สมการที่ 3}$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 2000) เตรียมภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่างอาหารนำถ้วยไปเผาในเตาเผา ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงปิดเครื่องพักไว้ให้อุณหภูมิเย็นลงใช้เวลา ประมาณ 1 - 2 ชั่วโมง ก่อนนำถ้วยออกจากเตาเผา หลังจากนั้นจึงนำออกจากเตาเผาวางให้เย็นในโถดูดความชื้น ควรเผาจนกระทั่งน้ำหนักของภาชนะคงที่และชั่งน้ำหนักภาชนะที่แน่นนอนทันทีที่เย็น บันทึกผลไว้ ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียดด้วยประมาณ 2.5 กรัมควร ใช้ตัวอย่างที่หาความชื้นแล้วบันทึกผล นำตัวอย่างไปเผาในตู้ควันจนหมดควันโดยใช้ตะเกียงบุนเสนหรือเตาไฟฟ้า แล้วจึงนำเข้าเตาเผาไฟฟ้าตั้งอุณหภูมิเตาเผาไว้ที่ 550 องศาเซลเซียสหรือเผาจนกว่าตัวอย่างจะเป็นสีเทาอ่อน ใช้เวลาประมาณ 1 - 2 ชั่วโมง ปิดเตาเผาทิ้งไว้ประมาณ 2 - 3 ชั่วโมงหรือจนกว่าอุณหภูมิของเตาลดลงต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียส นำมาวางให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนักเถ้าที่ได้แล้วบันทึกผล คำนวณ หาปริมาณเถ้าจากสมการที่ 4

$$\text{ปริมาณเถ้า} = \frac{(\text{น้ำหนักภาชนะ}+\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})-(\text{น้ำหนักภาชนะ}+\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}\times 100)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \quad \text{...สมการที่ 4}$$

4 ค่าปริมาณความชื้น (AOAC., 2000) โดยการวิเคราะห์หาปริมาณ ความชื้นในตัวอย่าง อบ Moisture can ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาทีทำให้เย็นในเดสิเคเตอร์และชั่งน้ำหนัก Moisture can ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่าง ประมาณ 2 กรัม นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2-3 ชั่วโมง ทำการชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณความชื้นของตัวอย่างจากสมการที่ 5

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักภาชนะ}+\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ})-(\text{น้ำหนักภาชนะ}+\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}\times 100)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \quad \text{สมการที่ 5}$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบเป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีมาตรฐาน AOAC. (2000) โดยนำตัวอย่างที่สกัดเอาไขมันออกแล้วมาต้มกับสารละลายกรดซัลฟูริกเจือจาง ทำการกรองแล้วล้างเอากรดออกนำไปต้มกับด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางกรองและล้างเอาด่างออก กากที่เหลืออยู่คือส่วนของเส้นใยหยาบและนำเถ้าส่วนนี้ไปอบแห้งในตู้อบไฟฟ้าให้ความชื้นระเหยไปจนหมด ชั่งน้ำหนักหลังอบแล้วนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ส่วนของเส้นใยหยาบซึ่งเป็น สารอินทรีย์จะสลายตัวไปเหลืออยู่เพียงเถ้าชั่งน้ำหนักหลังเผานำน้ำหนักทั้งสองครั้งมาหักลบกันคำนวณหาปริมาณเส้นใยหยาบได้ตามสมการที่ 6

$$\text{ปริมาณเส้นใยหยาบได้} = \frac{(\text{น้ำหนักรวมหลังสกัด} - \text{น้ำหนักภาชนะ}) - (\text{น้ำหนักรวมหลังเผา}) - (Blank) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$ สมการที่ 6

6. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบเป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีมาตรฐาน AOAC. (2000) โดยนำตัวอย่างที่สกัดเอาไขมันออกแล้วมาต้มกับสารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจาง ทำการกรอง แล้วล้างเอากรดออกนำไปต้มกับด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางกรองและล้าง เอาด่างออก กากที่เหลืออยู่คือส่วนของเส้นใยหยาบ และนำเถ้าส่วนนี้ไปอบแห้งในตู้อบไฟฟ้าให้ความชื้นระเหยไปจนหมด ชั่งน้ำหนักหลังอบแล้วนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ส่วนของเส้นใยหยาบซึ่งเป็นสารอินทรีย์จะสลายตัวไปเหลืออยู่เพียงเถ้าชั่งน้ำหนักหลังเผานำน้ำหนักทั้งสองครั้งมาหักลบกันจะสามารถคำนวณหาปริมาณเส้นใยหยาบได้ ดังสมการที่ 7

$$\text{เส้นใยหยาบ} = \frac{(\text{น้ำหนักรวมหลังสกัด-น้ำหนักถุง}) - (\text{น้ำหนักรวมหลังเผา})\text{-(Blank)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$ --สมการที่ 7

7. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH method นำสารละลาย 63.4 µM DPPH ปริมาตร 180 µL มาทำปฏิกิริยากับสารทดสอบปริมาตร 20 µL ใน 96- well plate บ่มในที่มืด จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 515 nm ณ เวลาการทำปฏิกิริยา 30 นาที ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จะแปรผันตรงกับปริมาณอนุมูลอิระ DPPH ที่ยังคงเหลืออยู่ หากสารทดสอบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ลดลง คำนวณค่าร้อยละความสามารถในการเข้าจับและยับยั้งอนุมูลอิสระที่เสถียร DPPH (%inhibition) ดังสมการที่ 8

$$\%\text{inhibition} = [(\text{ODcontrol} - \text{ODsample}) \div \text{ODcontrol}] \times 100$$ --สมการที่ 8

โดยรายงานผลเป็นร้อยละความ สามารถในการเข้าจับและยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงสุด (maximum response, Rmax) และความเข้มข้นของสารที่สามารถเข้าจับและยับยั้งอนุมูลอิสระที่เสถียร DPPH ได้ครึ่งหนึ่ง (IC50) เปรียบเทียบผลการทดลอง กับสารมาตรฐาน คือ ascorbic acid (Asc)

8. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ใช้ Folin- ciocalteu method โดยปิเปตสารสกัดตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมมา 50 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายโฟลิน ซิโอแคลธู (Folin Ciocalteu- reagent) เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายเข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร (A765) ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer รายงานผลในหน่วยของ มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก (Gallic acid) ต่อสาร สกัด 1 กรัม (mg GAE/g of Extract)

3.3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสถิติ โดยตัวแทนผู้บริโภคจำนวน 30 คน อายุ 21 – 45 ปี จำนวน 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัลลักษณะความกรอบและอัตราการพองตัวเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติ one-way analysis of variance (one- way ANOVA) และการทดสอบโดย ใช้ค่าความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 0.05 หากค่า $p < 0.05$ คือมีความแตกต่างทางสถิติ

3.3.8. ถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชน จัดทำคู่มือการผลิต sago flakes และถ่ายทอดเทคโนโลยีและกระบวนการผลิต sago flakes สู่กลุ่มอนุรักษ์และแปรรูปสาคูบ้านกะโสม อำเภอทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช โดยปรับกระบวนการผลิตให้เหมาะสมกับบริบทของชุมชนด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมเพื่อกลุ่มเป็นต้นแบบการเรียนรู้การผลิตข้าวเกรียบแป้งสาคู (sago flakes)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การศึกษาปริมาณของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแป้งสาคู (Sago Flakes) ผลิตภัณฑ์ Sago Flakes ที่มีส่วนผสมข้าวพื้นเมือง โดยการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาคู เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของ Sago Flakes โดยพิจารณาจากการพองตัว และลักษณะของเนื้อสัมผัส ตลอดจนการยอมรับของผู้บริโภค เพื่อให้ได้สูตรมีจุดเด่นและมีการยอมรับของผู้บริโภค โดยการผลิตแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ และแป้งสาคูที่มีความละเอียดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 100 Mesh และคัดเลือกสูตรที่มีการยอมรับจากผู้บริโภค เพื่อศึกษาคุณภาพทางโภชนาการและทางจุลินทรีย์ การทดสอบการยอมรับโดยด้วยแบบทดสอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale) จำนวน 30 คน จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.1 คุณสมบัติของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่และแป้งสาคู

คุณสมบัติของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่และแป้งสาคู พบว่า แป้งสาคู และแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีความชื้นเท่ากับ 13.15 และ 8.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณความชื้นและคุณสมบัติด้านสี ของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่และแป้งสาคู

Type flour	Moisture Content %	ค่าสี		
		L*	a*	b*
Sago	13.15±0.01	84.6±0.31	4.68±0.12	11.55±0.55
Rice berry	8.12±0.04	73.5±0.24	7.06±0.4	7.37±0.9

4.2 ผลการศึกษาน้ำหนักก้อน sago flakes และความชื้นแผ่น sago flakes อบแห้ง

น้ำหนักก้อน sago flakes และความชื้นแผ่น sago flakes และแผ่น sago flakes อบแห้ง และความชื้นแผ่น sago flakes อบแห้ง การขึ้นรูปก้อน sago flakes ทั้ง 10 Treatment วิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้น คือ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักก้อนและแผ่น ข้าวเกรียบ และความชื้น ดังตารางที่ 4.2- 4.4 และสีของแผ่นข้าวเกรียบดังตารางที่ 4.2 โดยน้ำหนักก้อน sago flakes หลังจากนึ่งอยู่ระหว่าง 1224.67 - 1072.67 กรัม TR1 น้ำหนักรวมก้อน sago flakes น้อยที่สุด และ TR10 น้ำหนักรวมก้อน sago flakes มากที่สุด โดยมีน้ำหนัก แผ่น sago flakes ก่อนอบแห้งอบในช่วง 830.44 - 883.18 กรัม TR7 น้ำหนักรวมแผ่น sago flakes ก่อนอบ น้อยที่สุด และ TR6 น้ำหนักรวมแผ่น sago flakes ก่อนอบมากที่สุด ความชื้นแผ่น sago flakesอบแห้ง

เมื่อศึกษาน้ำหนักที่หายไปจากกระบวนการทำแผ่น sago flakes อบแห้ง โดยคำนวณค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่หายไปเป็นกรัมและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป พบว่าน้ำหนักที่หายไปเฉลี่ยเท่ากับ 279.86±24.02 มากที่สุดคือ TR5 เท่ากับ 341.49±25.07 น้อยที่สุดคือ TR1 เท่ากับ 230.51±27.32 เมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเท่ากับ 24.40±1.92 มากที่สุดคือ TR9 เท่ากับ 26.84±2.25 น้อยที่สุดคือ TR1 เท่ากับ 21.47±2.25

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักก้อน sago flakes และน้ำหนักแผ่น sago flakes อบแห้ง

Treatment (TR)	น้ำหนัก (G)		น้ำหนักที่หายไป		ความชื้น %
	ก้อน sago flakes	แผ่น sago flakes	G	%	แผ่น sago flakesอบแห้ง
TR1	1072.67±6.12	842.16±3.09	230.51±27.32	21.47±2.25	7.50±0.08
TR2	1172.33±5.01	873.93±8.93	298.40±14.13	25.45±1.1.4	7.53±0.06
TR3	1150.00±1.25	875.08±5.05	274.92±04.12	23.91±0.36	7.61±0.08
TR4	1155.67±3.79	862.35±1.39	293.32±18.86	25.38±1.60	7.50±0.08
TR5	1126.33±2.89	880.87±8.43	245.47±09.24	21.79±0.78	7.80±0.19
TR6	1093.67±2.08	830.44±5.99	263.23±42.83	24.06±3.89	7.56±0.25
TR7	1146.33±15.28	866.44±25.01	279.89±30.95	24.39±2.47	7.67±0.15
TR8	1166.00±61.51	862.48±13.03	303.52±39.58	25.93±2.35	7.77±0.12
TR9	1224.67±8.08	883.18±23.94	341.49±25.07	26.84±2.25	7.50±0.07
TR10	1128.67±5.03	860.81±9.78	267.86±28.13	23.72±2.41	7.51±0.03

4.3 ผลการศึกษาค่าสี ของแผ่น sago flakes อบ และ ผลิตภัณฑ์ sago flakes

คุณสมบัติทางกายภาพด้าน ค่าสี l* a* และ b* ของแผ่น sago flakes อบ และ ผลิตภัณฑ์ sago flakes ดังตารางที่ 4.3 มีการเปลี่ยนแปลง พบว่า l* ของผลิตภัณฑ์ sago flakes ที่เพิ่มขึ้นดังนี้ TR2 TR3 และ TR9 a* ของผลิตภัณฑ์ sago flakes ที่เพิ่มขึ้นดังนี้ TR3 TR8 TR9 และ TR10 b* ของผลิตภัณฑ์ sago flakes ที่เพิ่มขึ้นดังนี้ TR3 TR8 TR9 และ TR10 โดย ค่าสี l* a* และ b* ของผลิตภัณฑ์ sago flakes ที่ต่ำกว่าแผ่น sago flakes อบ ดังนี้ TR4 TR5 TR6 และ TR7

ตารางที่ 4.3 ค่าสี ของแผ่น sago flakes อบ และผลิตภัณฑ์ sago flakes

TR	แผ่น sago flakes อบ			ผลิตภัณฑ์ sago flakes		
	l*	a*	b*	l*	a*	b*
1	69.74±7.19	2.11±0.65	7.37±0.57	67.54±2.04	0.09±0.06	6.86±0.23
2	61.64±4.73	6.07±0.99	12.24±0.23	65.38±2.32	1.81±0.46	8.30±0.56
3	45.25±1.09	6.33±0.25	3.93±0.22	46.25±1.14	6.57±0.12	4.80±0.49
4	50.16±3.46	6.80±0.12	5.45±0.58	47.86±1.26	6.36±0.18	5.41±0.46
5	44.82±0.36	5.04±1.08	2.89±0.57	39.64±1.18	4.61±0.35	2.19±0.19
6	44.26±4.26	4.90±1.03	2.31±0.05	40.67±1.08	4.80±0.48	1.80±0.25
7	46.45±2.24	6.25±0.05	3.63±0.02	39.77±0.23	5.57±0.33	2.92±0.28
8	43.31±5.39	4.33±1.31	3.52±1.63	43.63±0.24	6.09±0.32	4.20±0.23
9	41.90±3.51	4.42±0.66	3.24±1.66	45.13±0.59	5.44±0.09	4.18±0.46
10	40.49±0.18	3.22±0.10	3.38±0.19	39.55±0.34	5.10±0.14	2.25±0.35

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของแผ่น sago flakes อบแห้ง 10 Treatment จำนวน 3 ซ้ำ

TR	Colour			Moisture^{ns}	Weight
	L*	a*	b*	%	g
1	69.74±7.19^{a}	2.11±0.65^{d}	7.37±0.57^{d}	7.50±0.08	842.16±33.09^{ab}
2	61.64±4.73^{b}	6.07±0.99^{ab}	12.24±0.23^{ab}	7.53±0.06	873.93±18.93^{ab}
3	45.25±1.09^{cd}	6.33±0.25^{ab}	3.93±0.22^{ab}	7.61±0.08	875.08±05.05^{ab}
4	50.16±3.46^{c}	6.80±0.12^{a}	5.45±0.58^{a}	7.50±0.08	862.35±21.39^{ab}
5	44.82±0.36^{cd}	5.04±1.08^{b}	2.89±0.57^{b}	7.80±0.19	880.87±08.43^{ab}
6	44.26±4.26^{cd}	4.90±1.03^{b}	2.31±0.05^{b}	7.56±0.25	830.44±50.99^{b}
7	46.45±2.24^{cd}	6.25±0.05^{ab}	3.63±0.02^{ab}	7.67±0.15	866.44±25.01^{ab}
8	48.31±5.39^{cd}	4.33±1.31^{c}	3.52±1.63^{c}	7.77±0.12	862.48±13.03^{ab}
9	51.90±3.51^{d}	4.42±0.66^{c}	3.24±1.66^{c}	7.50±0.07	883.18±23.94^{a}
10	40.49±0.18^{d}	3.22±0.10^{cd}	3.38±0.19^{cd}	7.51±0.03	860.81±29.78^{ab}

หมายเหตุ : ตัวอักษรในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns ในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 ลักษณะของสีแผ่น sago flakes อบแห้ง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสี L* TR1 สูงที่สุด เท่ากับ 69.74±7.19 รองลงมาคือ TR2 เท่ากับ 61.64±4.73 และ TR10 มีค่าสี L* น้อยที่สุด เท่ากับ 40.49±0.18 ค่าสี a* TR4 สูงที่สุด เท่ากับ 6.80±0.12 รองลงมาคือ TR3 เท่ากับ 6.33±0.25 และ TR1 มีค่าสี a* น้อยที่สุด เท่ากับ 2.11±0.65 ส่วนค่าสี b* TR2 สูงที่สุด เท่ากับ 12.24±0.23 รองลงมาคือ TR1 เท่ากับ 7.37±0.57 และ TR6 มีค่าสี b* น้อยที่สุด เท่ากับ 2.31±0.05

ค่าความชื้น (Moisture) ในแผ่น sago flakes อบแห้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าระหว่าง 7.80 – 7.50 % โดย TR5 มีความชื้นคงเหลือมากที่สุด เท่ากับ 7.80±±0.19 รองลงมาคือ TR8 เท่ากับ 7.77±0.12 และน้อยที่สุดคือ TR9 เท่ากับ7.50±0.07 โดยแผ่น sago flakes อบแห้ง คงเหลือหลังจากการอบแห้งอยู่ระหว่าง 830.44 - 883.18±23.94 กรัม

4.4 ผลการศึกษาอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ sago flakes

อัตราการพองตัว (Expansion ratio) ของผลิตภัณฑ์ sago ผลดังตารางที่ 4.5 พบว่าTR1 มีอัตราการพองตัวผลิตภัณฑ์ sago flakes สูงที่สุด เท่ากับ 10.1±1.17 รองลงมาคือ TR9, TR3, TR8, TR4, TR7, TR3, TR6 และ TR5 เท่ากับ 4.68±1.01, 4.60±0.14, 4.41±0.30, 2.91±0.63, 2.42±0.12, 2.28±, 2.08±0.11, และ 1.81±0.60 ตามลำดับ และ TR10 มีอัตราการพองตัวน้อยที่สุด เท่ากับ 1.76±1.00

ตารางที่ 4.5 อัตราการพองตัวผลิตภัณฑ์ sago flakes 10 Treatment เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรของงา ½ ปอนด์เท่ากับ 207.28 กรัม (v_1)

TR	V_2	V_3	อัตราการพองตัวเฉลี่ย	Std. Deviation
TR1	204.73, 204.18, 204.91	180.87, 180.32, 180.52	10.1	1.17
TR2	203.33, 203.25, 203.09	189.18, 188.11, 188.61	4.60	0.14
TR3	204.62, 205.45, 204.05	200.83, 203.23, 200.13	2.28	0.11
TR4	205.14, 204.17, 204.13	200.09, 200.58, 200.22	2.91	0.63
TR5	203.85, 203.81, 203.30	200.98, 200.87, 200.40	1.81	0.60
TR6	204.33, 204.21, 204.50	201.44, 201.68, 201.51	2.08	0.08
TR7	204.56, 204.92, 204.73	201.03, 201.21, 201.15	2.42	0.12
TR8	205.62, 205.30, 205.61	199.67, 199.32, 199.55	4.41	0.30
TR9	205.12, 205.58, 205.88	199.61, 199.33, 199.15	4.68	1.01
TR 10	204.64, 204.71, 204.11	202.33, 203.82, 203.03	1.76	1.00

4.5 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของผลิตภัณฑ์ sago flakes

การเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของผลิตภัณฑ์ sago flakes การทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ sago flakes อัตราการพองตัว (explanation ration) และค่าความกรอบ (Fracturability) ของผลิตภัณฑ์ sago flakes 10 Treatment จำนวน 3 ซ้ำ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์ sago flakes อัตราการพองตัว และค่าความกรอบ (Fracturability) ของผลิตภัณฑ์ sago flakes 10 Treatment จำนวน 3 ซ้ำ

TR	colour	texture	Odour	Overall liking	Explanation ratio	Fracturability g
1	6.67 ± 1.92^{ab}	7.10 ± 1.21^{c}	5.37 ± 2.06^{b}	6.03 ± 2.13^{d}	10.1 ± 1.17^{a}	561.00 ± 1.15^{e}
2	5.80 ± 1.97^{b}	6.27 ± 1.08^{d}	4.50 ± 2.05^{c}	5.50 ± 1.99^{d}	4.60 ± 0.14^{b}	710.00 ± 0.58^{b}
3	7.30 ± 1.78^{a}	7.73 ± 1.14^{ab}	7.13 ± 1.74^{a}	7.63 ± 1.03^{ab}	2.28 ± 0.11^{cd}	541.00 ± 0.58^{f}
4	6.77 ± 1.69^{a}	7.17 ± 1.37^{bc}	6.70 ± 1.12^{a}	6.83 ± 1.12^{c}	2.91 ± 0.63^{c}	463.00 ± 0.58^{i}
5	6.97 ± 1.35^{a}	8.03 ± 0.85^{a}	7.50 ± 1.11^{a}	7.93 ± 0.78^{a}	1.81 ± 0.60^{d}	606.00 ± 1.15^{d}
6	6.93 ± 1.23^{a}	7.43 ± 1.25^{abc}	6.97 ± 1.52^{a}	7.13 ± 1.38^{bc}	2.08 ± 0.08^{cd}	809.00 ± 1.15^{a}
7	6.63 ± 1.50^{ab}	7.33 ± 1.27^{bc}	7.27 ± 1.14^{a}	7.47 ± 1.11^{abc}	2.42 ± 0.12^{c}	636.00 ± 1.52^{c}
8	6.50 ± 1.43^{ab}	7.43 ± 1.22^{abc}	7.10 ± 1.18^{a}	7.33 ± 1.18^{abc}	4.41 ± 0.30^{b}	534.00 ± 1.15^{g}
9	6.37 ± 1.16^{ab}	7.43 ± 1.04^{abc}	6.77 ± 1.04^{a}	7.23 ± 0.85^{abc}	4.68 ± 1.01^{b}	503.00 ± 1.15^{h}
10	6.53 ± 1.89^{ab}	7.40 ± 1.22^{abc}	7.07 ± 1.64^{a}	7.13 ± 1.38^{bc}	1.76 ± 1.00^{d}	502.00 ± 1.00^{h}

หมายเหตุ : ตัวอักษรในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.6 พบว่าการประเมินผลลักษณะทางประสาทสัมผัส และอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ sago flakes 10 Treatment จำนวน 3 ซ้ำ จากการทดลองพบว่า ด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่น และความชอบโดยรวม รวมทั้งอัตราการพองตัวมีความแตกต่างทางสถิติ ($p\leq0.05$)

การประเมินผลลักษณะทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ sago flakes ด้านสี TR3, TR5 และ TR6 มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุด เท่ากับ 7.30±1.78, 6.97±1.35 และ 6.93±1.23 ตามลำดับ

การประเมินผลลักษณะทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ sago flakes ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส TR5, TR3, TR6, TR8 และ TR9 มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุด เท่ากับ 8.03±0.85, 7.73±14, 7.43±1.25, 7.43±1.22 และ 7.43±1.04 ตามลำดับ ซึ่ง TR6, TR8 และ TR9 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากัน คือ 7.43

การประเมินผลลักษณะทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ sago flakes ด้านกลิ่น TR5, TR7 และ TR3 มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุด เท่ากับ 7.50±1.11, 7.27±1.14 และ 7.13±1.74 ตามลำดับ

การประเมินผลลักษณะทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ sago flakes ด้านความชอบโดยรวม TR5, TR3 และ TR7 มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุด เท่ากับ 7.93±0.78, 7.63±1.03 และ 7.47±1.11 ตามลำดับ

การประเมินผลลักษณะทางด้านอัตราการพองของผลิตภัณฑ์ sago flakes พบว่า TR1, TR9 และ TR2 มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุดเท่ากับ 10.1±1.17, 4.68±1.01 และ 4.60±0.14 ตามลำดับ

การประเมินผลลักษณะทางด้านความกรอบ ของผลิตภัณฑ์ sago flakes พบว่า TR6, TR2 และ TR7 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 809.00, 710.00 และ 636.00 ตามลำดับ

ดังนั้นการประเมินผลลักษณะทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ sago flakes TR5 มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น และความชอบโดยรวม มีมากที่สุดเท่ากับ 8.03±0.85, 7.50±1.11 และ 7.93±0.78 ตามลำดับ Eplanation ration และ Fracturability เท่ากับ 1.81±0.60 และ 606.00±1.15 ตามลำดับ ดังนั้นจึงนำ TR5 ทำการศึกษาคุณภาพทางคุณค่าทางโภชนาการต่อไป

4.6 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์ sago flakes

คุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์ sago flakes ของผลิตภัณฑ์ sago flakes TR5 ดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.7 คุณภาพทางโภชนาการ ของผลิตภัณฑ์ sago flakes ของ TR5 (100 กรัม)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วยวัด
Moisture contence	2.1	%
Crude Protein	5.4	%
Ash	1.9	%
Crude Fat	22.3	%
Crude Fiber	0.5	%
Crude Carbohydrate	67.8	%
Total Energy	530.8	Cal
Water activity	0.5	
Peroxide Value	0.4	Milliquivalents eroxide/1kg
Radical scavenging activity; ความเข้มข้น 100 mg/ml	83.4	%

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ชนิด	ปริมาณ	หน่วยวัด
Radical scavenging activity; ความเข้มข้น 50 mg/ml	50.8	%
Radical scavenging activity; ความเข้มข้น 20 mg/ml	23.6	%
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่ง; IC_{50}	53.1	mg/ml
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	339.6	Mg gallic acid/g sample
แคลเซี่ยม; Ca	188.7	mg/kg
ฟอลฟอรัส; P	15.1	mg/kg
เหล็ก; Fe	53.4	mg/kg
โพแทสเซียม; K	378.6	mg/kg

จากตารางที่ 4.7 พบว่าคุณภาพทางโภชนาการ ผลิตภัณฑ์ sago flakes 100 กรัม ประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 2.1, 5.4, 1.9, 22.3 และ 67.8 ตามลำดับ โดยให้พลังงาน 530.8 Cal

นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ sago flakes ยังเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ และสารสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ดี เท่ากับ 53.1 mg/ml และ 339.6 Mg gallic acid/g sample ตามลำดับ และเป็นแหล่งของแร่ธาตุหลักที่สำคัญประกอบด้วย แคลเซี่ยม ฟอลฟอรัส เหล็ก และโพแทสเซียม เท่ากับ 188.7, 15.1, 53.4 และ 378.6 mg/kg ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ sago flakes TR5

จุลินทรีย์	CFU/g
Mold	56.0
Total Viable Count	583.0

จากตารางที่ 4.8 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ sago flakes TR5 ซึ่งมีส่วนผสมหลักคือแป้งข้างไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 และแป้งสาคูร้อยละ 70 มีเมื่อทอดด้วยน้ำมันปาล์ม และนำมาศึกษาการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ พบมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในระดับที่ปลอดภัย คือ มีการปนเปื้อนเชื้อรา และแบคทีเรียทั้งหมด เท่ากับ 56.0 และ 583.0 CFU/g ตามลำดับ

4.7 ผลการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชน

จัดทำคู่มือการผลิต sago flakes และถ่ายทอดเทคโนโลยีและกระบวนการผลิต sago flakes สู่กลุ่มอนุรักษ์และแปรรูปสาคูบ้านกะโสม อำเภอทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช (ภาคผนวกที่ 4) โดยปรับกระบวนการผลิตให้เหมาะสมกับบริบทของชุมชนด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมเพื่อกลุ่มเป็นต้นแบบการเรียนรู้การผลิตข้าวเกรียบแป้งสาคู (sago flakes) มีผลการประเมินความพึงพอใจถ่ายทอดเทคโนโลยีและกระบวนการผลิต sago flakes มีผู้รับการถ่ายทอดจำนวน 7 คน จัดจำแนกเป็น ชาย 1 คิดเป็นร้อยละ 14 และหญิง 6 คนร้อยละ 86 โดยมีช่วงอายุส่วนใหญ่มากกว่า 15 ปี และผู้รับการถ่ายทอด เป็นสมาชิกของกลุ่มอนุรักษ์และแปรรูปสาคูบ้านกะโสม 5 คน คิดเป็นร้อยละ 58 ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การจัดจำแนกผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและกระบวนการผลิต sago flakes จำนวน 7 ราย

ข้อมูลทั่วไป	เพศ : คน		อายุ (ปี) : คน			สถานภาพ : คน			
	ชาย	หญิง	<15	15-25	≥46	ประธาน	สมาชิก	ผู้สนใจ	อื่นๆ
	1	6	1	3	3	1	4	1	1

ตารางที่ 4.10 ผลการประเมินความพึงพอใจผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและกระบวนการผลิต sago flakes จำนวน 7 ราย

ที่	ความพึงพอใจของผู้ร่วมกิจกรรม	ค่าเฉลี่ย	ผลประเมิน
1	การจัดกิจกรรมในครั้งนี้มีประโยชน์ต่อท่าน	4.43±0.54	ระดับมาก
2	ท่านได้มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	4.71±0.49	ระดับมากที่สุด
3	ท่านได้รับความรู้จากการเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อไปปรับใช้ได้	4.29±0.49	ระดับมาก
4	รูปแบบ/หัวข้อ ในการจัดกิจกรรมมีความเหมาะสม	4.86±0.38	ระดับมากที่สุด
5	ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมมีความเหมาะสม	4.29±0.49	ระดับมาก
6	การประสานงาน/ประชาสัมพันธ์การจัดกิจกรรม	4.86±0.39	ระดับมากที่สุด
7	สถานที่จัดกิจกรรมมีความเหมาะสม	4.71±0.49	ระดับมากที่สุด
8	วิทยากรสามารถให้ข้อมูล หรือตอบข้อซักถามได้เป็นอย่างดี	4.57±0.53	ระดับมากที่สุด
9	เจ้าหน้าที่มีความสุภาพเป็นมิตร และเป็นกันเอง	5.00±0.00	ระดับมากที่สุด
10	ภาพรวมความพึงพอใจในการจัดกิจกรรมครั้งนี้	4.86±0.38	ระดับมากที่สุด

จากตารางที่ 4.10 ผลการประเมินความพึงพอใจพอใจผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและกระบวนการผลิต sago flakes จำนวน 7 ราย และมีผุ้ตอบแบบสอบถามร้อยละ 100 พบว่าผลการประเมินอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยมีความพึงพอใจอยู่ในช่วงระหว่าง 4.29 – 5.00

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การนำแป้งมัน แป้งสาคู และแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ เพื่อพัฒนาส่วนผสมของ sago flakes เพื่อการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากแป้งสาคู และแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ซึ่งลักษณะของ sago flakes จะต้องการความกรอบระดับหนึ่งและมีรสชาติของข้าวไรซ์เบอรี่ซึ่งผลิตในท้องถิ่นและแป้งมีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพ ดังนั้นในการทำวิจัยนี้จึงศึกษาส่วนผสมของ sago flakes ซึ่งมีส่วนผสมหลักคือแป้งสาคูและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยการศึกษาทั้งหมด 10 Treatment ดังนี้ แป้งมัน : แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ : แป้งสาคู ดังนี้ 100 : 0 : 0, 50 : 0 : 50, 0: 30 : 30 : 0 : 40, 20 : 0 : 80, 80 : 20, 0 : 70 : 30, 0 : 60 : 40, 0 : 50 : 50, 0 : 40 : 60, 0 : 30 : 70 ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic 9 – point scale โดยผู้ทดสอบชิม 30 คน จำนวน 3 ซ้ำ และนำ Treatment ที่มีค่าเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุด พบว่า TR5 ประกอบด้วย แป้งมัน: แป้งสาคู : แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ เท่ากับ 0 : 70 : 30 มีการยอมรับสูงสุด 3 ลักษณะคือ เนื้อสัมผัส กลิ่น และความชอบโดยรวม มีมากที่สุดเท่ากับ 8.03±0.85, 7.50±1.11 และ 7.93±0.78 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่า Expansion ration และ Factorability เท่ากับ 1.81±0.60 และ 606.00±1.15 ตามลำดับ และเมื่อนำมาทดสอบคุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม พบมีสารต้านอนุมูลอิสระ 53.1มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 339.6 มิลลิกรัมแกลลิก แอซิค/กรัมของตัวอย่าง

5.1 สรุปผการวิจัย

ปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ Sago Flakes ส่วนผสมของ sago flake มีส่วนผสมหลักคือแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และแป้งสาคู ด้านลักษณะทางกายภาพของด้านสีและองค์ประกอบของความชื้นของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 8.12±0.04 ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 73.5±0.24, 7.06±0.4 และ7.37±0.9 ตามลำดับ แต่ส่วนแป้งสาคูมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 13.15±0.01 ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 84.6±0.31, 4.68±0.12 และ 11.55±0.55 ตามลำดับ แสดงถึงแป้งทั้ง 2 ชนิดผ่านกระบวนการทำแห้งที่ดี ซึ่งความชื้นไม่เกินร้อยละ 15 ตามมาตรฐานของอาหารแห้ง นอกจากพบว่านี้สีของแป้งสาคูจะสว่างกว่าแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีเม็ดสีจากสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารแอนโทไซยานิน ซึ่งสอดคลองกับ Ratseewo *et al*., 2019 และ Wiriyawattan *et al.,*2018 แป้งสาคูบริสุทธิ์โดยเฉลี่ยมีอะไมโลส ประมาณร้อยละ 24 -31 (Karim *et al*., 2008) ซึ่งสูงในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ซึ่งมีอะไมโลสประมาณร้อยละ 15.60 จากการวิจัยพบว่าจากการอบที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง การลดลงของความชื้นในแผ่น Sago Flakes อบแห้ง จะลดลงอย่างต่อเนื่องมีความสัมพันธ์ต่อส่วนผสมของปริมาณแป้งสาคูที่เพิ่มขึ้น ที่ระดับแป้งสาคูที่เพิ่มขึ้น ตั้งแต่ร้อยละ 30 – 70 โดยอัตราการพองตัวของ ผลิตภัณฑ์ Sago Flakes เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมีความสัมพันธ์ต่อส่วนผสมของปริมาณแป้งสาคูที่เพิ่มขึ้น ที่ระดับแป้งสาคูที่เพิ่มขึ้น ตั้งแต่ร้อยละ 20 – 70 จากปริมาณอไมโลเพคตินในข้าวไรซ์เบอร์รี่สูง (พิชิตชัย และคณะ, 2562) แป้งสาคูมีอะไมโลสสูงร้อยละ 24-31 (Ahmad *et al*., 1999) จึงทำให้อัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งสูงมีอัตราการพองตัวสูง

คุณสมบัติทางกายภาพด้าน ค่าสี l* a* และ b* ของแผ่น sago flakes อบ และผลิตภัณฑ์ sago flakes มีการเปลี่ยนแปลง พบว่า l* ของผลิตภัณพ์ sago flakes ที่เพิ่มขึ้นดังนี้ TR1 TR9 และ TR10 a* ของผลิตภัณพ์ sago flakes ที่เพิ่มขึ้นดังนี้ TR3 TR5 TR9 และ TR10 b* ของผลิตภัณพ์ sago flakes ที่เพิ่มขึ้นดังนี้ TR3 TR9 และ TR10 โดย ค่าสี สี l* a* และ b* ของของผลิตภัณพ์ sago flakes ที่ต่ำกว่าแผ่น sago flakes อบ ดังนี้ TR1 TR4 TR6 TR7 และ TR8

การยอมรับของผู้บริโภคต่อ ผลิตภัณฑ์ Sago Flakes จากการประเมินผลลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ sago flakes TR5 ซึ่งประกอบด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อแป้งสาคูในอัตรา มีลักษณะเด่นกว่า Treatment อื่นๆ ทั้ง 4 ด้าน คือลักษณะด้าน สี เนื้อสัมผัส กลิ่น และความชอบโดยรวม TR5 มีอัตราการพองตัว เท่ากับ 1.81±0.60 และ ค่าความกรอบ เท่ากับ 606.00±1.15 กรัม ซึ่งไม่ใช่ค่าอัตราการพองตัว และความกรอบที่สูงที่สุด แต่จะมีสีกลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่สื่อถึงความสัมพันธ์ต่อปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

องค์ประกอบทางโภชนาการต่อ 100 กรัม ผลิตภัณฑ์ Sago Flakes ที่มีคุณสมบัติเด่นที่สุดและนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางโภชนาการคือ ผลิตภัณฑ์ Sago Flakes ชุดทดลองที่ 5 (TR5) ซึ่งประกอบด้วย แป้งไรซ์เบอร์รี่ ต่อ แป้งสาคู 80 : 20 100 กรัม ผลิตภัณฑ์ Sago Flakes ให้พลังงานเท่ากับ 530.8 Cal และพบมีแร่ธาตุหลักซึ่งประกอบด้วย แคลเซี่ยม ฟอสฟอรัส เหล็ก และโพแทสเซี่ยม เท่ากับ 188.7, 15.1, 53.4 และ 378.6 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.จากการศึกษาการยอมรับโดยผู้บริโภค 30 คน 3 ซ้ำ พบว่าผลิตภัณฑ์ Sago Flakes ที่มีกลิ่นหอม รสของข้าว และมีความกรอบมีความโดดเด่นจึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค จึงเป็นแนวทางในการพัฒนานำวัตถุดิบท้องถิ่นที่มีสี กลิ่นเฉพาะตัวมาใช้เพื่อการพัฒนา

2. แป้งสาคูและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิก ส่งผลต่อปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ และควรส่งเสริมการผลิตและการบริโภคอาหารขบเคี้ยวที่เป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระให้มากขึ้น

3. จากคุณค่าทางโภชนาการแป้งสาคูและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ Sago Flakes ชุด TR5 ซึ่งประกอบด้วย แป้งสาคู ต่อ แป้งไรซ์เบอร์รี่ 70 : 30 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่ง (IC_{50}) ปริมาณ 53.1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

4. การเตรียมแป้งสาคูและแป้งข้าวเจ้าหากมีอนุภาคใหญ่จะทำให้การพองตัวของเม็ดแป้ง จึงควรเตรียมแป้งที่มีอนุภาคไม่น้อยกว่า 80 เมช

5. การนวดแป้งต้องใช้น้ำร้อนจัดจึงจะช่วยในการพองตัวและเกิดเจลของแป้งได้ดี ปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความหอมของผลิตภัณฑ์ sago flakes ผลิตภัณฑ์ sago flakes ที่มีปริมาณข้าวเจ้ายิ่งสูงขึ้นจะมีความเสี่ยงต่อการพองตัวเมื่อทอดหากสไลด์ให้มีความหนา จึงควรสไลด์บางแต่หากบางมากก้จะมีความเสี่ยงต่อการแตกหักของชิ้นและผลิตภัณฑ์ sago flakes เช่นกัน

6. ปริมาณน้ำที่เติมลงไปในสูตร ส่งผลต่อการฟูของผลิตภัณฑ์ sago flakes และเมื่อสัมผัสกับอากาศจะเกิดความเหนียวได้ง่ายเช่นกัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ sago flakes ต้องมีการเก็บรักษาที่ดีป้องกันอากาศและความชื้นได้ดี

7. จากการนำสู่การถ่ายทอดสู่ชุมชนผู้ผลิตแป้งสาคู ช่วยกระตุ้นการมิติการใช้ประโยชน์แป้งสาคูให้มีความหลากหลายมาขึ้น และควรนำไปขยายผลต่อกลุ่มผู้ผลิตข้าวด้วยเช่นกัน

8. ควรมีการต่อยอดการใช้แป้งชนิดอื่นๆในการทำข้าวเกรียบ ซึ่งพบว่าการใช้แป้งกล้วยสามารถทำได้ดี จึงควรมีการศึกษากับแป้งข้าวพื้นเมืองชนิดอื่นๆ แต่ควรเป็นข้าวที่มีลักษณะเด่นเช่นสีหรือกลิ่นหอมเฉพาะของข้าวนั้นๆ เช่นข้าวดอกข่า ข้าวหอมหัวบอน เป็นต้น

บรรณานุกรม

กรมการข้าว. (2565). **ข้าวไรซ์เบอร์รี่.** ค้นเมื่อ กุมภาพันธ์, 22, 2565, จาก https://www.thiric edb .com/index.php.

กองพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว. (2562). **ข้าวไรซ์เบอร์รี่.** ค้นเมื่อ มีนาคม, 25, 2563, จาก https://www.thairicedb.com/rice-detail.php?id=15

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. (2560). **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เล่ม 2**, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จริยา สุขจันทรา (2559). **รายงานการวิจัยการพัฒนาอาหารท้องถิ่นจากแป้งสาคู: หัวข้าวเกรียบแช่แข็ง.** ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

จริยา สุขจันทรา และซูไบด๊ะ หะยีวาเงาะ. (2558). **รายงานการวิจัยการเพิ่มมูลค่าอาหารท้องถิ่นจากแป้งสาคู: หัวข้าวเกรียบแช่แข็ง.** ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

จิราภรณ์ กระแสเทพ และ มัณฑนา นครเรียบ. (2555). **การหาปริมาณรวมของสารฟีนอลลิก แอนโธไซยานิน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวไทย.** ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามครั้งที่ 8. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*: 269-273

จุรีภรณ์ นวนมุสิก รัชนี คงคาฉุยฉาย ประไพศรี ศิริจักรวาล จันทิรา วงศ์วิเชียร และวราศรี แสงกระจ่าง. (2561). ค่าดัชนีน้ำตาล มวลน้ำตาลและการตอบสนองของระดับซีรัมอินซูลินของเส้นก๋วยเตี๋ยวทางเลือกจากส่วนผสมของแป้งสาคูและแป้งข้าวเฉี้ยง *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 23(2) 839-851

ฉัตรชัย สังข์ผุด จีราภรณ์ สังข์ผุด และอนุสรณ์ บันลือพืช. (2562). ผลผลิตและคุณสมบัติของแป้งสาคูระยะต่าง ๆ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช Yields and Properties of Sago Flour (Metroxylon sagu Rottb.) on the Different Stages of Sago Palm Tree in Nakhon Si Thammarat Province118 *วารสารวิชชา*, 38(1):107-119

ชื่นจิต พงษ์พุล. (2556). การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของการผลิตข้าวเกรียบมันแกว. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.* 3(2): 51-61

ดารณี หมู่ขจรพันธ์. (2552). กฎระเบียบของอาหารก่อภูมิแพ้ (Food Allergen) ที่ต้องรู้. *วารสารเพื่อคุณภาพ* 144,69-71.

ตวงทิพย์ อรุณไพโรจน์. (2563). กลูเตน: 3 วิธีเช็คว่าคุณแพ้หรือไม่และอาหารที่คุณควรหลีกเลี่ยง. ค้นเมื่อ ตุลาคม, 11, 2563, จาก https://thedistrictweb.com/food/check-gluten-allergy.

ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์. (2551). **อาหารมังสวิรัติ** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: แสงแดด.

ธงชัย สุวรรณสิชณน์. (2535). **การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่วลิสงไขมันต่ำผสมแป้งมันสำปะหลังชนิดพรีเจลาติไนซ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2549). **เคมีอาหาร.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

นิลตรา หาวารีย์. (2550). **ผลของลักษณะพื้นผิวผักต่อการเหลือรอดของ Salmonella ระหว่างการอบแห้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร), คณะวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เบ็ญจรัก วายุภาพ วราพร ลักษณลม้าย และชลธิชา เอี่ยมชื่น. (2551). การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันที่ใช้ทอดซ้ำสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารทอดประเภทต่างๆ, *วารสารอาหาร.* (38)1 : 65-73

บุษยมาศ แท่นรัตน์. (2555). **ข้าวเกรียบซังขนุน.** แผนงานพิเศษปริญญาตรี. (สาขาอาหารและ โภชนาการ). กรุงเทพฯ.: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนปานนท์. (2562). **ข้าวเกรียบ.** ค้นเมื่อ สิงหาคม, 25, 2562, จาก http://www.foodnet worksolution.com. .

———— (2562). flake. ค้นเมื่อ สิงหาคม, 25, 2562, จาก http://www. foodnetworksolution.com.

วิภา สุโรจนะเมธากุล. (2559). การพัฒนาโปรแกรมการควบคุมสารก่อภูมิแพ้อาหาร. *วารสารอาหาร* 46(3), 21-28.

วิไล รังสาดทอง. (2552). **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** กรุงเทพฯ.: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วิธีทำข้าวเกรียบปลา. (2552). ค้นเมื่อ มิถุนายน, 05, 2563 จาก https:// www. rakbankerd.com /agriculture/page.php ?id=978&s=tblanima

ศธิธร ปุรินทราภิบาล. (2563). **การปรับปรุงคุณสมบัติของขนมจีนเส้นสดโดยใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์จากข้าวโพดสีม่วงทดแทนแป้งข้าวเจ้า**. วารสารเกษตรพระวรุณ, 17(1): 75-87

ศูนย์โรคภูมิแพ้ โรงพยาบาลศิริราช ปิยะมหาราชการุณย์. (2563). **ภูมิแพ้ข้าวสาลี.** ค้นเมื่อ เม.ย, 25, 2563 จาก http://www1siphhospital.com/th/ news/article,.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. (2529). **กรรมวิธีการอบแห้ง.** กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สยุมพร รัตนพันธ์ และเชาว์ อินทร์ประสิทธิ์. (2561). ผลของเวลาในการนึ่งต่อคุณภาพของข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลัง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 26(3),532-543

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2560). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 384) เรื่อง การแสดงฉลากอาหารไม่มีกลูเตน. กรุงเทพฯ. กระทรวงสาธารณสุข.

สุพาณี จตุรภุชาภรณ์. (2543). **การเสริมเศษกุ้งในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ.** แผนงานพิเศษปริญญาตรี. (สาขาอาหารและโภชนาการ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตโชติเวช.

อชิดา จารุโชติกมล จินตนา ประทุมชาติ จิราพร พรหมโคตร ฉวีวรรณ พุ่มเพ็ชร ศิรินันท์ จันร่องคา พรทิพย์ วรกิจพูนผล พรปวีณ์ บรรลังค์ ปวิตรา พูลบุตร และเบญจมาศ คุชะนี. (2561) ผลของ ไซโคลอัลลิอินต่อการสลายไขมันและลิปิดเปอร์ ออกซิเดชั่น, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัมหาสารคาม* 37(2): 245-258.

อชิดา จารุโชติกมล ปวิตรา พูลบุตร คนึงนิตย์ ค าภากุล วราภรณ์ ยุบลพาส ภูริดา นาสิงบุตร กนกนุช จันทะคาม อาภาภิชย์ บัวเขียว เกสราภรณ์ งามญาติ และฐิติพร พลศรี. (2561). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ของสารสกัดน้ำร้อนของยอดอ่อนฟักข้าว Antioxidant Activity of Hot Water Extract of Momordica cochinchinensis Lour. (Spreng.) Young Leaves and Stems, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 27(3):472-484

อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล. (2556). **หลักการประกอบอาหาร** พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรนุช สีหามาลา. (2545). **การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและยืดอายุการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). เชียงใหม่.: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2556). **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,.

AOAC. (2000). **Offcial methods of analysis.** 17th edition. Association of official analytical chemist. Washington D. C.

Arjinajarn, P., Chueakula, N., Pongchaidecha, A., Jaikumkao, K., Chatsudthipong, V., Mahatheeranont, S., Norkaew, O., Chattipakorn, N. and Lungkaphin, A. (2017), Anthocyanin-rich Riceberry bran extract attenuates gentamicin-induced heap totoxicity by reducing oxidative stress, inflammation and apoptosis in rats, Biomed. *Pharmacother*. 92, 412-420.

Boonying, S., Suwonsichon, S., and Sompongse, W. (2010). **Chemical and physical properties of sago starch and effects of wheat flour substitution with sago starch on cookie qualities**. Proceedings of 47th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry, (pp.61-68). Kasetsart Univ., Bangkok (Thailand).

Chaimongkol, L. (2013). **A Mixed-Integer Linear Model for Optimal Cultivating Transportation of Lettuce Supply Chain**. In *National Operation Research Network Conference 2013* (pp.267-275). Ubon Ratchathani University.

Chedoloh, R., (2017). **Development of Defatted Rice Bran Fish Crackers to Improve Nutrition and Antioxidan**t. Agricultural Research Development Agency (Public Organization).

Jiang, T., Sun, Q. and Chen, S. (2016). Oxidative stress a major pathogenesis and potential therapeutic target of antioxidative agents in Parkinson's disease and Alzheimer's disease, Prog. *Neurobial*. 1468:1-19

Jing, P., Noriega, V.,Schwartz, S.J. and Giusti, M.M. (2007). Effects of growing conditions on purple corncob (Zea mays L.) anthocyanins. *Agric. Food Chem*. 55: 8625-8629.

Karim, A.A., Tie, A.P., Manan, D.M.A. and Zaidul, I.S.M. (2008). Starch from the sago (Metroxylon sagu) palm tree-properties, prospects, and challenges as a new industrial source for food and other uses. Comprehensive Reviews in *Food Science and Food Safety*, 7(3), 215-228.

Knight, J.W. (1969). **The Starch Industry**. Pergamon Press, Oxford.

Krokida M KOrepoutou, VEMaroulis, Z. B. and Marrimmos-kouris. D., (2001). Color changes during deep fat frying. *Journal of Food Engineering* 48 : 219-225.

Leardkamolkarn, V., Thongthep, W., Suttiarporn, P., Kongkachuichai, R., Wongpornchai, S. and Wanavijitr, A., (2011). Chemopreventive properties of the bran extracted from a newly-developed Thai rice: The Riceberry, *Food Chem*. 125: 978-985

Mohamed, S., Abdullah, N. and Muthu, M.K., (1988). Physical properties of keropok (fried crisps) in relation to the amylopectin content of starch flour. *Journal for Agriculture and Food Chemistry,* 49: 369 – 377

Prangthip, P., Surasiang, R., Charoensiri, R., Leardkamolkarn, V., Komindr, S., Yamborisut, U., Vanavichitr, A. and Kongkachuichai, R., (2013). Amelioration of hyperglycemia, hyperlipidemia, oxidative stress and inflammation in steptozotocin-induced diabetic rats fed a high fat diet by Riceberry supplement, *J. Funct. Foods*, 5:195-203.

Ratseewo, J., Warren, F.J. and Siriamornpun, S., (2019). Theinfluence of starch structure and anthocyanin content on the digestibility of Thai pigmented rice, *Food Chem*. 298: 124-149

Saah, N., Chedoloh, R. and Adair, A. (2015). Production and Properties of Fish Crackers Substituted with Soybean Meal. *Journal of Community Development and Life Quality*, 3(3), 351-359

Sinchaipanit, P., Budpong, K., Disnil, S. and Twichatwitayakul, R., (2017). Influences of rice berry flour as a wheat flour substitute in brownie: textural and quality attributes, *SDU Res. J. Sci. Technol*. 10(2): 69-79. (in Thai)

Surojanametakul V., Khaiprapai P., Jithan P., Varanyanond W., Shoji M., Ito, T., and Tamura,H., (2012). Investigation of undeclared food allergens in commercial Thai food products. *Food Control.* 23,1-6.

Thiranusornkij, L., Thamnarathip, P., Chandrachai, A., Kuakpetoon, D.and Adisakwattana S., (2019). Comparativestudiesonphysicochemical properties, starch hydrolysis, predicted glycemic index of Hom Mali rice and Rice berry rice flour and their., *Food Chem*. 283:224-231.

U.S. Food and Drug Administration (USFDA)., (2018). **Summary of Recall Cases in Calendar Year 2017**. Retrieved from https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/recalls-and-public-health-alerts/recall-summaries., 25 May 2018.

U.S. Food and Drug Administration., (2017**). Food Allergies: What You Need to Know**. Retrieved June, 22, 2017. from https://www.fda.gov/downloads/food/resourcesforyou/consumers/consumers

Walker, M.J., Burns, D.T., Elliott, C.T., Gowland, M.T., and Mills, E.N. (2016). Is food allergen analysis flawed? Health and supply chain risks and a proposed framework to address urgent analytical needs. *Analyst* 141, 24-35.

Wiriyawattana, P., Suwonsichon, S. and Suwonsichon, T., (2018). Effects of drum drying on physical and antioxidant properties of rice berry flour, *Agric. Nat. Resour*. 52:445-450

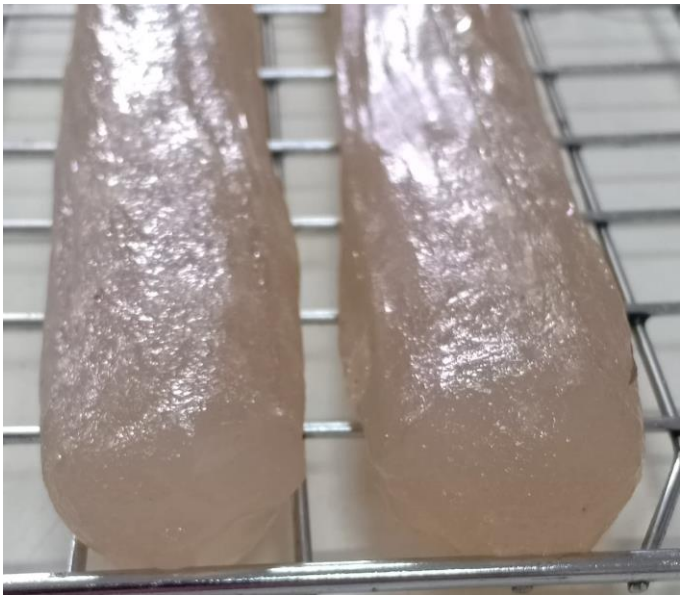
Yang, X., Barton, H.J., Wan, Z., Li, Q., Ma, Z., Li, M., Zhang, D. and Wei, J., (2013). Sagotype palms were an important plant food prior to rice in southern subtropical China. *Plos one*, 8(5):1-8.

.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1

การก้อน แผ่น และ ผลิตภัณฑ์ sago flakes ชุดต่างๆ



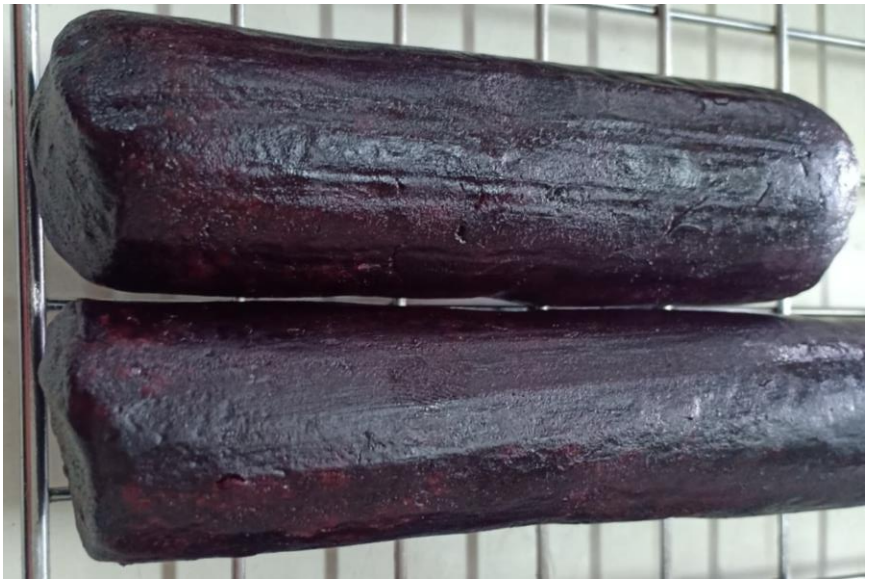
ภาพผนวกที่ 1-1 ก้อน sago flake TR1 แป้งมันร้อยละ 100

ภาพผนวกที่ 1-2 ก้อน sago flake TR2 แป้งมันร้อยละ 50 แป้งสาคูร้อยละ 50

ภาพผนวกที่ 1-3 ก้อน sago flake TR3 แป้งมันร้อยละ 30 แป้งสาคูร้อยละ 40 และ แป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 30

ภาพผนวกที่ 1-4 ก้อน sago flake TR4 ร้อยละ แป้งสาคู80 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 20

ภาพผนวกที่ 1-5 ก้อน sago flake TR5 แป้งสาคูร้อยละ 70 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 30



ภาพผนวกที่ 1-6 ก้อน sago flake TR6 ร้อยละแป้งสาคู 60 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 40

ภาพผนวกที่ 1-7 ก้อน sago flake TR7 ร้อยละแป้งสาคู 50 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 50

ภาพผนวกที่ 1-8 ก้อน sago flake TR8 แป้งสาคูร้อยละ 60 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 40

ภาพผนวกที่ 1-9 ก้อน sago flake TR9 แป้งสาคูร้อยละ 70 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 30

ภาพผนวกที่ 1-10 ก้อน sago flake TR10 แป้งสาคูร้อยละ 80 และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 20

ภาพผนวกที่ 1-11 ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR1

ภาพผนวกที่ 1-12 ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR2

ภาพผนวกที่ 1-13 ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR3

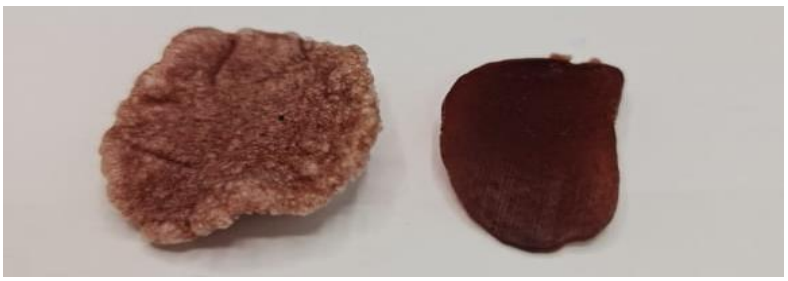
ภาพผนวกที่ 1-14 ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR4

ภาพผนวกที่ 1-15 ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR5

ภาพผนวกที่ 1-16 ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR6

ภาพผนวกที่ 1-17 ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR7

ภาพผนวกที่ 1-18 ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR8



ภาพผนวกที่ 1-19 ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR9

ภาพผนวกที่ 1-20 ผลิตภัณฑ์ sago flakes และแผ่น sago flakes TR10

ภาพผนวกที่ 1-21 sago flakes หนามากกว่า 2 mm.

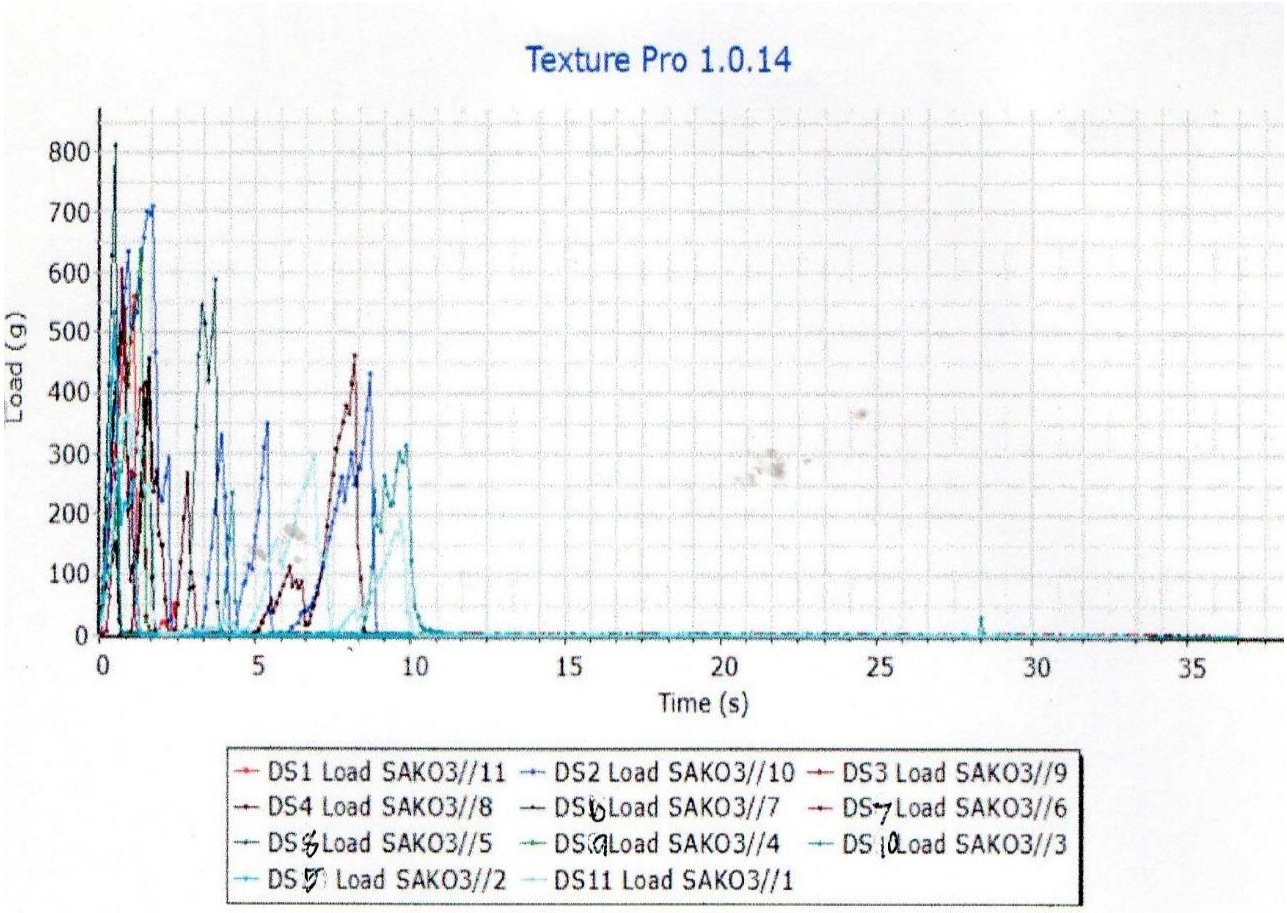
ภาพผนวกที่ 1-22 sago flakes หนาน้อยกว่า 2 mm.

ภาพผนวกที่ 1-23 การทอด sago flakes ด้วยกระทะไฟฟ้าพร้อมตะแกรง

ภาคผนวกที่ 2
ผลการวัดค่าความกรอบผลิตภัณฑ์ sago flakes

	Product	Batch	Sample	Hardness Cycle g	Fracturability g
1	SAKO3		11	561.00	561.00
2	SAKO3		10	710.00	710.00
3	SAKO3		9	541.00	541.00
4	SAKO3		8	463.00	463.00
๖	SAKO3		7	502.00	502.00
๗	SAKO3		6	606.00	606.00
๘	SAKO3		5	809.00	809.00
๙	SAKO3		4	636.00	636.00
๑๐	SAKO3		3	534.00	534.00
๖	SAKO3		2	503.00	503.00
11	SAKO3		1	366.00	366.00
Calculation Settings:			Maximum	809.00	809.00
Fracture Sensitivity: 0% of load			Average	566.00	566.00
			Standard Deviation	121.00	121.00

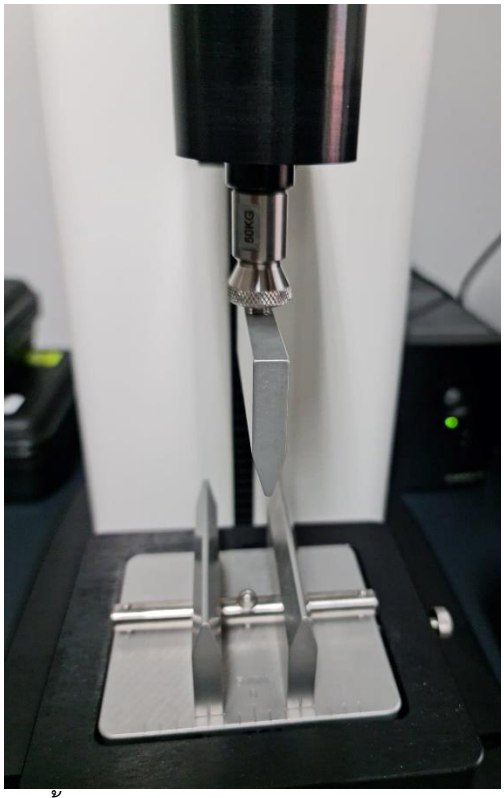
ภาพผนวกที่ 2-1 ตารางผลการวัดเนื้อสัมผัส sago flakes



ภาพผนวกที่ 2-2 ค่าการวัดเนื้อสัมผัส sago flakes

หมายเหตุ DS11 คือตัวอย่างผลิตภัณฑ์ corn flakes

ภาพผนวกที่ 2-3 หัววัดเนื้อสัมผัส sago flakes



ภาพผนวกที่ 2-4 การจัดวางหัววัดเนื้อสัมผัส sago flakes

ภาคผนวกที่ 3

แบบประเมินความพึงพอใจ
โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ: ผลของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากแป้งสาคู “การผลิตข้าวเกรียบจากแป้งสาคู : sago flakes” ของสู่กลุ่มอนุรักษ์ และแปรรูปสาคูบ้านกะโสม อำเภอทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช
ประจำปีงบประมาณ 2563
วันพฤหัสบดีที่ 25 ตุลาคม 2564 เวลา 09.00-16.00 น.

โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านโดยทำเครื่องหมาย √ เพื่อประโยชน์ในการจัดอบรมครั้งต่อไป
ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ
☐ ชาย
☐ หญิง

2. อายุ
☐ 20-29 ปี
☐ 30-39 ปี
☐ 40-49 ปี
☐ 50 ปีขึ้นไป

3. การศึกษา
☐ มัธยมต้น
☐ มัธยมปลาย
☐ ปวส.
☐ ปริญญาตรี
☐ สูงกว่าปริญญาตรี

4. สถานภาพกลุ่ม
☐ ประธาน
☐ สมาชิก
☐ ผู้สนใจ
☐ อื่นๆ.....

ตอนที่ 2 ระดับความคิดเห็นในการฝึกอบรม

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
การจัดกิจกรรมในครั้งนี้มีประโยชน์ต่อท่าน					
ท่านได้มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม					
ท่านได้รับความรู้จากการเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อไปปรับใช้ได้					
รูปแบบ/หัวข้อ ในการจัดกิจกรรมมีความเหมาะสม					
ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมมีความเหมาะสม					
การประสานงาน/ประชาสัมพันธ์การจัดกิจกรรม					
สถานที่จัดกิจกรรมมีความเหมาะสม					
วิทยากรสามารถให้ข้อมูล หรือตอบข้อซักถามได้เป็นอย่างดี					

ภาคผนวกที่ 4
การทำ SAGO FLAKES

ส่วนผสมข้าวเกรียบ

1.	แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	140	กรัม
2.	แป้งสาคู	60	กรัม
3.	น้ำตาล	8	กรัม
4.	เกลือ	3	กรัม
5.	น้ำร้อนประมาณ	250	กรัม

ขั้นตอนทำ

1. เตรียมแป้งสาคู แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และผสมอื่นๆตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ในสูตร คลุกเคล้า ให้เข้ากัน

ภาพผนวกที่ 4-1 การเตรียมส่วนผสม

2.นำแป้งที่ผสมกันเสร็จตามอัตราส่วนที่กำหนดแล้ว ไปนวดโดยใช้น้ำร้อนจัด จากนั้นก็นวดแป้งให้เข้ากันจได้แป้งที่มีปริมาณที่พอดี ดังภาพ

ภาพผนวกที่ 4-2 ส่วนผสมนวดเป็นก้อนเดียวกัน

3.จากนั้นนำแป้งที่นวดจนได้ที่แล้ว มาแบ่งเป็นก้อนในอัตราส่วนที่เท่ากัน และนำไปห่อในตอง ดังภาพ

ภาพผนวกที่ 4-3 การเตรียมก้อน **a:** ชั่งแบ่งส่วนผสมก้อน b: ขึ้นรูปก้อน Sago flakes

ภาพผนวกที่ 4-4 พักก้อนก่อนนำไปห่อ ก้อน Sago flakes

ภาพผนวกที่ 4-5 นำใบตองมาห่อก้อน

3.เมื่อห่อเสร็จแล้ว นำไปนึ่งเป็นเวลา 30 – 40 นาที จนแป้งสุก เมื่อนึ่งเสร็จแล้วนำมาห่อด้วยฟิล์มใสแล้วนำไปแช่ตู้เย็นไว้ รอจนแป้งแข็งตัวได้ที่เหมาะในการสไลด์แผ่นได้

4.นำแป้งที่แข็งตัวจนได้ที่ มาสไลค์เป็นชิ้นบางๆ

5.เมื่อสไลค์เสร็จนำแผ่น Sago flakes ไปเข้าเครื่องอบ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง จะได้แผ่นข้าวเกรียบ

6. จากนั้นนำแผ่นข้าวเกรียบไปทอดในน้ำมัน พร้อมรับประทาน

ภาพผนวกที่ 4-6 ผลิตภัณฑ์ Sago flakes