



รายงานวิจัย

อัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า และ แป้งถั่วเขียวสำหรับผลิตเส้นพาสต้าโดยใช้ Mixture design

Suitable ratio of Riceberry flour, commercial rice flour and mung bean flour for pasta production by mixture design

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาภัสรา แสงนาค
2. นายทัฬหฬสาร ใจแก้ว
3. นางสาวณัฐฐพร สุบรรณมณี

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
งบประมาณเงินรายได้ ปี พ.ศ. 2559
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จได้ เนื่องจากได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ สาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ประสานเกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัย ขอขอบพระคุณนักวิจัยทุกท่าน วารสารวิชาการทุกฉบับ และหนังสือทุกเล่ม สำหรับความรู้ที่ได้รับสำหรับการอ้างอิงในงานวิจัยนี้ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งที่ได้ให้การวิจัยครั้งนี้

คณะผู้วิจัย



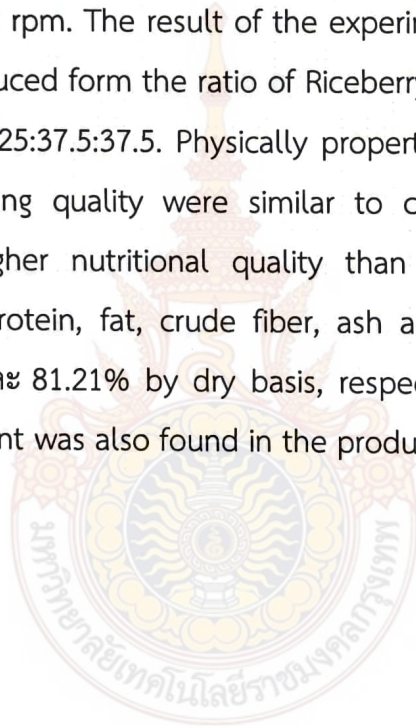
บทคัดย่อภาษาไทย

งานวิจัยนี้นำแป้ง 3 ชนิดคือ แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า และแป้งถั่วเขียว มาผสมตามการออกแบบการทดลองแบบ Mixture design เพื่อเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเส้นพาสต้า โดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน และได้แป้งผสมทั้งหมด 9 หน่วยการทดลอง โดยมีภาวะที่ใช้ในกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันคือ ระดับความชื้นของแป้งผสม 30% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิของบาร์เรลในช่วงแรกเป็น 75-80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของบาร์เรลในช่วงรูเปิดเป็น 85-100 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบของสกรู 100 รอบต่อนาที นำเส้นพาสต้าที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง พบว่า เส้นพาสต้าที่ผลิตจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า และแป้งถั่วเขียวที่มีอัตราส่วน 25:37.5:37.5 ตามลำดับ มีสมบัติทางกายภาพได้แก่ สี ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณภาพการหุงต้มใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าที่ทำจากแป้งสาลี ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป แต่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงกว่าเส้นพาสต้าทางการค้าโดยมีโปรตีน ไขมัน เส้นใยทั้งหมด แร่ และคาร์โบไฮเดรต 14.90, 0.01, 0.08, 3.80 และ 81.21% โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังตรวจพบสมบัติเชิงหน้าที่ของการเป็นสารต้านออกซิเดชันด้วย



บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (abstract)

Three types of flour: Riceberry flour, commercial rice flour and mung bean flour were mixed by mixture design for using as raw materials for extrusion process of this research. As a result, the nine of mixtures were used as experimental units. The conditions of extrusion process were as follows: moisture content of each flour mixture was 30%, barrel and die temperature was 75-80 and 85-100 °C, respectively and screw speed was 100 rpm. The result of the experiment indicated that the best quality of pasta was produced from the ratio of Riceberry flour, commercial rice flour and mung bean flour at 25:37.5:37.5. Physically properties of the pasta in terms of color, texture and cooking quality were similar to commercial pasta. But the produced pasta had higher nutritional quality than commercial pasta. As the following composition: protein, fat, crude fiber, ash and total carbohydrate were 14.90, 0.01, 0.08, 3.80 และ 81.21% by dry basis, respectively. Moreover, functional properties as an antioxidant was also found in the produced pasta.



สารบัญเรื่อง

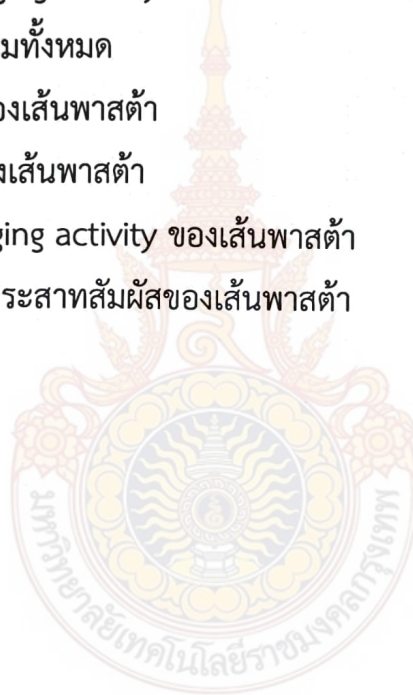
เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	๒
บทคัดย่อภาษาไทย	๓
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (abstract)	๔
สารบัญเรื่อง	๕
สารบัญตาราง	๗
สารบัญภาพ	๘
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	3
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 ข้าวไรซ์เบอร์รี่	4
2.2 แอนติออกซิแดนต์(Antioxidant)	5
2.3 ถั่วเขียว	6
2.4 ข้าวเจ้า	7
2.5 ความรู้เกี่ยวกับพาสต้า	9
2.6 เอ็กซ์ทรูชัน (extrusion)	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	14
3.1 วัสดุดิบ	14
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	14
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	15
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	18
4.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่แป้งข้าวเจ้าทาง- การค้าและแป้งถั่วเขียวสำหรับผลิตเส้นพาสต้าโดยใช้ mixture design	18
4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ	18
4.3 สมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า แป้งถั่ว	19

	เขียว และแบ่งผสมทั้งหมด	
	4.4 สมบัติทางกายภาพของเส้นพาสต้า	24
	4.5 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นพาสต้า	27
	4.6 สมบัติการต้านออกซิเดชันของเส้นพาสต้า	28
	4.7 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นพาสต้า	30
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	31
	บรรณานุกรม	32
	ภาคผนวก	33
	ภาคผนวก ก การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี	34
	ภาคผนวก ข การวิเคราะห์สมบัติการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity	45
	ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	49
	ประวัตินักวิจัย	



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	การออกแบบ mixture design ในผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้า	18
4.2	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า และแป้งถั่วเขียว	19
4.3	ค่าความหนืดของแป้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า แป้งถั่วเขียว และแป้งผสมตาม mixture design	21
4.4	ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแป้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า แป้งถั่วเขียว และแป้งผสมตาม mixture design	22
4.5	DPPH radical-scavenging activity แป้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า แป้งถั่วเขียว และแป้งผสมทั้งหมด	23
4.6	ค่าสีและค่าแรงดึงขาดของเส้นพาสต้า	25
4.7	องค์ประกอบทางเคมีของเส้นพาสต้า	27
4.8	DPPH radical-scavenging activity ของเส้นพาสต้า	28
4.9	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นพาสต้า	30



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	การออกแบบ Mixture design ในผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้า	15
4.1	กราฟแสดงหมู่ฟังก์ชันของสารที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันของแป้งผสม ที่วัดด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)	24
4.2	ลักษณะของเส้นพาสต้าที่ผลิตได้	26
4.3	กราฟแสดงหมู่ฟังก์ชันของสารที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันของเส้นพาสต้า ที่วัดด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)	29



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อาหารอิตาเลียนจัดเป็นอาหารตะวันตกชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นที่นิยมบริโภคมากขึ้น โดยเฉพาะพาสต้า ซึ่งในการผลิตพาสต้าของอิตาลีจะมีการเติมเพียงสี กลิ่น และรสชาติของผักบางชนิด เช่น แครอท ผักโขม มะเขือเทศ ข้าวโพด หมึกจากปลาหมึก และอื่นๆ โดยมีประโยชน์เพียงเพิ่มกลิ่นสี และรสชาติเท่านั้น นอกจากนี้เส้นพาสต้าทำจากแป้งสาลีเซโมลินา ซึ่งมีกลูเตนเป็นองค์ประกอบและส่งผลให้ผู้บริโภคที่เป็นโรคภูมิแพ้กลูเตนไม่สามารถบริโภคได้ แต่ในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้ธัญชาติ เช่น ข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีสมบัติช่วยในการต่อต้านอนุมูลอิสระและลดระดับคอเลสเตอรอลในร่างกาย ส่วนถั่วเขียวอุดมไปด้วยแมกนีเซียม ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่ช่วยในการทำงานของระบบเผาผลาญในร่างกาย ช่วยผลิตโปรตีนและการหดตัวของกล้ามเนื้อ ช่วยลดความดันโลหิต และช่วยทำให้เจริญอาหาร นอกจากนี้ถั่วเขียวยังมีส่วนประกอบของไขมันที่ต่ำมาก ไม่มีคอเลสเตอรอล และยังอุดมไปด้วยโปรตีนกับเส้นใยอาหาร ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ ช่วยในเรื่องการขับถ่าย ป้องกันอาการท้องผูกอีกด้วย คณะผู้วิจัยจึงคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้ส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า และแป้งถั่วเขียว เส้นพาสต้าเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งเป็นที่นิยมบุคคลทั่วไป จึงควรเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และยังช่วยเป็นทางเลือกให้กับคนที่เป็นโรคภูมิแพ้กลูเตนได้ด้วย นอกจากนี้ยังสามารถช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้กับสถานประกอบการที่ผลิตเส้นพาสต้า ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งถั่วเขียว ต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคเส้นพาสต้าโดยใช้ mixture design

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียวที่เหมาะสมในการผลิตเส้นพาสต้าเพื่อส่งเสริมคุณค่าทางโภชนาการ ตรวจสอบสมบัติทางความหนืด และความสามารถใน

การเป็น แอนติออกซิแดนต์ของแป้งผสมดังกล่าว การตรวจสอบคุณภาพของเส้นพาสต้าที่ผลิตได้โดยวิเคราะห์ เนื้อสัมผัส การวัดค่าสี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียวที่เหมาะสมในการพัฒนาเส้นพาสต้า

1.4.2 ตีพิมพ์บทความวิจัยหรือเสนอผลงานวิจัยในงานประชุมวิชาการเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยให้ผู้สนใจได้นำไปใช้ประโยชน์



1.5 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

แผนการดำเนินงานโครงการวิจัยมีระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย 1 ปี ซึ่งมีแผนการดำเนินงานดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลา / เดือน											
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุดิบในการวิจัย	←→											
ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า และแป้งถั่วเขียวในการผลิตเส้นพาสต้า		←→										
วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นพาสต้า			←→									
วิเคราะห์สมบัติการต้านออกซิเดชันของเส้นพาสต้า					←→							
วิเคราะห์ทางด้านกายภาพของเส้นพาสต้า						←→						
ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส							←→					
สรุปผลการวิจัยและจัดทำรายงาน									←→			

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ได้จากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลักษณะเป็นข้าวเจ้า สีม่วงเข้ม รูปร่างเมล็ดเรียวยาว ปลุกได้ตลอดทั้งปี ให้ผลผลิตต่อไร่ปานกลาง ต้านทานต่อโรคไหม้ แต่ไม่ต้านทานโรคหาลาว (เป็นโรคที่เกิดจาเชื้อราชนิดหนึ่ง ซึ่งจะส่งผลให้ใบของ ต้นข้าวมีสีเขียวซีด และต้นข้าวจะตายก่อนออกรวงข้าว) จึงควรเปลี่ยนเมล็ดพันธุ์ทุกรอบการปลูก ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีแอนติออกซิแดนต์สูงได้แก่ เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี แทนนิน และยังมีสังกะสี โฟเลตสูง มีดัชนีน้ำตาลต่ำ-ปานกลาง จึงสามารถใช้รับประทานเพื่อเสริมสร้างสุขภาพที่ดี ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งได้อีกด้วย แต่ข้อจำกัดของต้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ เป็นพืชที่ต้องมีการ ดูแลเป็นพิเศษ โดยปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ และต้องมีสภาพอากาศเย็น เพื่อสร้างสีเมล็ด ลักษณะ ประจำพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ความสูง 105-110 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 130 วัน ผลผลิต 300-500 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง (brown rice) 76% ต้นข้าวหรือข้าวเต็มเมล็ด (head rice) 50% ความยาวของเมล็ดข้าวเปลือก 11 มิลลิเมตร สารอาหารสำคัญที่อยู่ในข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ ประกอบด้วย (1) โอเมก้า 3 25.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (2) กรดไขมันจำเป็น มีบทบาทสำคัญต่อ โครงสร้างและการทำงานของสมอง ตับและระบบประสาท ลดระดับคอเลสเตอรอล (3) ธาตุสังกะสี 31.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ช่วยสังเคราะห์โปรตีน สร้างคอลลาเจน รักษาผิว ป้องกันผมร่วง กระตุ้น รากผม (4) ธาตุเหล็ก 13-18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของฮีโมโกลบินในเม็ด เลือดแดง และเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ออกซิเจนในร่างกายและสมอง (5) วิตามินอี 678 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งสามารถช่วยชะลอความแก่ ผิวพรรณสดใส ลดอัตราเสี่ยง ของโรคที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือดสมองและหัวใจ ทำให้ปอดทำงานดีขึ้น (6) วิตามินบี 1 ประมาณ 0.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจำเป็นต่อการทำงานของสมอง ระบบประสาท ระบบย่อยอาหาร ป้องกันโรค เหน็บชา (7) เบต้าแคโรทีน (สารตั้งต้นของวิตามินเอ) 63 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ช่วยชะลอความแก่ ลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง บำรุงสายตา (8) ลูทีน 84 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ช่วยป้องกันจอ ประสาทตาเสื่อม บำรุงการไหลเวียนของเลือดในเส้นเลือดฝอยที่หล่อเลี้ยงตา (9) โพลีฟีนอล 113.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถทำลายฤทธิ์ของอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง (10) แทนนิน 89.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ช่วยแก้ท้องร่วง แก้บิด สมานแผล แผลเปื่อย (11) แกมมาโอไรซานอล 462 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในหลอดเลือด ทำให้ เลือดหมุนเวียนไปเลี้ยงอวัยวะส่วนต่างๆ ได้อย่างเป็นปกติ ลดอัตราเสี่ยงของโรคหัวใจ เบาหวาน

ความดันโลหิตสูง สมองเสื่อม นอกจากนี้ยังมีเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ด้วย ซึ่งช่วยลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอล ป้องกันโรคหัวใจ ช่วยควบคุมน้ำหนัก และช่วยระบบขับถ่ายได้

2.2 แอนติออกซิแดนต์ (antioxidant)

แอนติออกซิแดนต์ หมายถึงสารที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวในอะตอมหรือโมเลกุล เป็นสาเหตุให้เกิดโรคต่างๆ มากมาย ได้แก่โรคชราโรคเมเร็ง โรคหัวใจขาดเลือด โรคความจำเสื่อม โรคข้ออักเสบ โรคภูมิแพ้โรคความดันโลหิต โรคเหงือก โรคเกี่ยวกับสายตา เกิดความผิดปกติของปอด และระบบประสาท เป็นต้นธรรมชาติหรือร่างกายของสิ่งมีชีวิต จึงมีการสร้างแอนติออกซิแดนต์ขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่ในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งกลไกในการต้านอนุมูลอิสระมีหลายรูปแบบ เช่น การดักจับอนุมูลอิสระ การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอนการจับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน การหยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระการเสริมฤทธิ์และการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระสามารถพบได้ในธรรมชาติในอาหารช่วยปกป้องอันตรายจากอนุมูลอิสระ โดยอนุมูลอิสระ(free radical) เป็นสารที่เกิดขึ้นในร่างกายทำให้เกิดความเสื่อมของเซลล์รวมถึงเป็นสาเหตุของโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ โรคเมเร็ง และโรคชรา โดยปกติอนุมูลอิสระจะเกิดขึ้นตลอดเวลาในร่างกาย จากปัจจัยต่างๆ เช่น ขบวนการเผาผลาญอาหารภายในร่างกาย จากความเครียด จากสิ่งแวดล้อม เช่น ควันบุหรี่ ไอเสียของรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม จากยาบางชนิด และรังสีอัลตราไวโอเล็ตในแสงแดด เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถกระตุ้นให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นภายในร่างกาย และทำปฏิกิริยาต่อเซลล์ข้างเคียงทำให้เซลล์เสื่อมสภาพจึงทำให้แก่ก่อนวัย ยิ่งถ้าอนุมูลอิสระสะสมไว้มากๆ ก็จะก่อให้เกิดโรคแห่งความเสื่อมของร่างกายดังที่กล่าวมาแล้ว จึงต้องหาวิธีป้องกันเพื่อลดปริมาณอนุมูลอิสระหรือลดการทำงานของอนุมูลอิสระ โดยการรับประทานอาหารที่มีแอนติออกซิแดนต์เป็นประจำ ซึ่งสารแอนติออกซิแดนต์มีทั้งจากธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ ทั้งนี้การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงคุณภาพและปริมาณมีหลายวิธีด้วยกัน และแต่ละวิธีมีความจำเพาะแตกต่างกันปกติมักใช้หลายวิธีร่วมกันในการตรวจสอบและสรุปผลทั้งนี้เพื่อให้ผลการทดสอบมีความถูกต้องและแม่นยำ วิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงคุณภาพที่นิยม ได้แก่การทำให้เกิดสีโครมาโตกราฟแบบชั้นบาง และเทคนิคโครมาโตกราฟของเหลวสมรรถนะสูง ส่วนวิธีการวิเคราะห์ดีพีพีเอช การฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส และการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของแอนติออกซิแดนต์ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวกรวดเร็วและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับตัวอย่างได้หลายชนิด (จิตรรัตน์ ดาผดุงวิรุฬห์พร, 2552)

แหล่งที่พบแอนติออกซิแดนต์อาหารที่มีวิตามินซี เช่น ผักผลไม้ เช่น ฝรั่ง ส้ม มะขามป้อม ผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ และผลิตภัณฑ์อาหารหรือเครื่องดื่มที่มีวิตามินซี เพราะวิตามินซีมีสมบัติในการ

เป็นแอนติ-ออกซิแดนต์และช่วยเสริมภูมิคุ้มกันของร่างกาย ช่วยป้องกันโรคหัวใจ และบรรเทาอาการภูมิแพ้ นอกจากนี้ ยังช่วยสร้างเนื้อเยื่อคอลลาเจน เพิ่มความยืดหยุ่นให้กับผิวพรรณอีกด้วย อาหารที่มีวิตามินอี เช่น น้ำมันพืช อัลมอนต์ เมล็ดทานตะวัน แคลมอน และพุดนา รวมทั้งผลิตภัณฑ์อาหารหรือเครื่องดื่มที่มีวิตามินอี เนื่องจากวิตามินอีมีสมบัติเป็นแอนติออกซิแดนต์เช่นกัน นอกจากนี้ยังช่วยในเรื่องการบำรุงผิวพรรณ ป้องกันโรคหัวใจและการอุดตันของเส้นเลือดในหัวใจ และช่วยป้องกันการกลายพันธุ์ของเซลล์อันเป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็งต่างๆ ได้ ส่วนชาประกอบด้วยแอนติออกซิแดนต์ ที่มีประโยชน์หลายชนิด มีผลการวิจัยพบว่าชาเขียวสามารถช่วยลดอัตราการเกิดมะเร็งของอวัยวะต่างๆ ได้ดี โดยเฉพาะมะเร็งปอด มะเร็งลำไส้ มะเร็งกระเพาะอาหารและมะเร็งตับ นอกจากนี้ เมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่านการคั่วอุดมไปด้วยแอนติออกซิแดนต์จากธรรมชาติที่ชื่อว่า กรดคลอโรจีนิกซึ่งมีขนาดโมเลกุลเล็ก ทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมและนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี แต่กรดคลอโรจีนิกจะเกิดการสลายตัวเมื่อโดนความร้อนจากการคั่วเมล็ดกาแฟ ทำให้กรดคลอโรจีนิกมีปริมาณน้อยลง ดังนั้น หากเรานำเมล็ดกาแฟที่ยังไม่ผ่านการคั่วมาผสมกับกาแฟที่ผ่านการคั่วแล้วจะทำให้ได้กาแฟที่มีทั้งประโยชน์จากแอนติออกซิแดนต์ และกลิ่นหอมของกาแฟคั่ว สารสกัดจากเมล็ดองุ่นมีสารโพลีฟีนอล ที่ทำหน้าที่เป็นแอนติออกซิแดนต์และช่วยเสริมฤทธิ์การทำงานของวิตามินซีและวิตามินอี นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยระบุว่าสารสกัดจากเมล็ดองุ่นช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดได้อีกด้วย สารสกัดจากใบแปะก๊วยมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบแปะก๊วยเป็นผลมาจากสารในกลุ่ม ฟลาโวกไลโคไซด์ที่มีอยู่กว่า 20 ชนิด ในใบแปะก๊วยซึ่งช่วยต้านอนุมูลอิสระในร่างกายได้ช่วยป้องกันความเสื่อมของเซลล์สมองและช่วยบำรุงสุขภาพสมอง จึงสรุปว่าแหล่งของอาหารที่มีแอนติออกซิแดนต์พบมากในผัก ผลไม้ และธัญพืชต่างๆ พื้นฐานโภชนาการที่สำคัญก็คือการรับประทานผัก ผลไม้ให้หลากหลายเป็นประจำ และรู้จักเลือกผลิตภัณฑ์อาหารหรือเครื่องดื่มที่เป็นแหล่งของแอนติออกซิแดนต์ดังกล่าว (วาริน แสงกิตติโกมล, 2543)

2.3 ถั่วเขียว

ถั่วเขียวมีชื่อสามัญในภาษาอังกฤษเป็น Mung bean, Mung, Moong bean, Green bean ถั่วเขียวชื่อวิทยาศาสตร์ *Vigna radiata* จัดอยู่ในวงศ์ Fabaceae เช่นเดียวกับถั่วเหลือง ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วลันเตา ถั่วลิสง ถั่วพู และถั่วฝักยาว การเก็บเมล็ดถั่วเขียว ที่นิยมก็คือเก็บมาทั้งฝักด้วยมือ แล้วนำมาตากแห้งจากนั้น จึงสีเอาเมล็ดออกจากฝักด้วยเครื่องหรือใช้วิธีการเขย่าผ่านรูดะแกรง โดยเมล็ดนอกจากจะมาปรุงอาหารแล้ว

ถั่วเขียว เป็นพืชล้มลุก มีลำต้นตั้งตรง เป็นพุ่ม มีความสูงประมาณ 30-120 เซนติเมตร ลำต้นแตกแขนงที่บริเวณโคนโดยถั่วเขียวเป็นพืชอายุสั้นประมาณ 65-70 วัน สามารถปลูกได้ตลอดปี ใช้น้ำ

น้อย และทนแล้งได้ดี ฝักถั่วเขียวลักษณะของฝักมีรูปร่างกลมยาว อาจมีความยาวถึง 15 เซนติเมตร ปลายฝักอาจโค้งงอเล็กน้อย เมื่อฝักแก่จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีขาวนวล สีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลเข้ม หรือสีดำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์นั้น โดยในฝักหนึ่งๆ จะมีเมล็ดอยู่ประมาณ 10-15 เมล็ด เมล็ดถั่วเขียวมีตาเมล็ดหรือรอยแผลเป็นทางด้านเว้าของเมล็ดถั่วเขียวเรียกไฮลัม (hilum) ซึ่งมีสีขาว และสีเขียวมีตาเมล็ดมีหลายสีด้วยกัน เช่น สีเขียว เหลือง น้ำตาล ดำ หรือแดง ส่วนผิวของเมล็ดอาจจะมีมันหรือด้านก็ได้ โดยเมล็ด 100 เมล็ดจะมีน้ำหนักประมาณ 2-8 กรัม ถั่วเขียวอุดมไปด้วยแมกนีเซียม ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่ช่วยในการทำงานของระบบเผาผลาญในร่างกายช่วยผลิตโปรตีนและการหดตัวของกล้ามเนื้อ ช่วยลดความดันโลหิต ช่วยทำให้เจริญอาหาร ช่วยลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอล ช่วยควบคุมระดับไขมันในเลือด ควบคุมน้ำหนักได้ เพราะถั่วเขียวมีส่วนประกอบของไขมันที่ต่ำมาก ไม่มีคอเลสเตอรอล และยังอุดมไปด้วย (1) โปรตีนกับเส้นใยอาหาร ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ และช่วยในการขับถ่าย ป้องกันอาการท้องผูก (2) ธาตุเหล็กซึ่งจำเป็นสำหรับการสร้างเม็ดเลือดแดงในร่างกาย ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดและเบาหวานได้ (3) แคลเซียมและฟอสฟอรัส ที่ช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง และยังช่วยป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนได้อีกด้วย (4) ธาตุโบรอน (boron) ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการส่งกระแสประสาทของสมองทำให้ช่วยสมองทำงานได้ฉับไวมากขึ้น (5) ฟอสฟอรัสซึ่งช่วยบำรุงเซลล์ประสาทและสมอง ช่วยบำรุงสายตาทำให้ตาสว่าง และรักษาตาอักเสบ และ (6) โพลีเทตสูง ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากสำหรับหญิงตั้งครรภ์ เพราะช่วยป้องกันการพิการแต่กำเนิดของทารกได้ (เดชา ศิริภัทร, 2540)

2.4 ข้าวเจ้า

ข้าว มีชื่อวิทยาศาสตร์เป็น *Oryza sativa* ข้าวเป็นธัญชาติ ซึ่งประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย พันธุ์ของข้าวแบ่งได้เป็น (1) Indica ปลูกมากในเขตร้อน (2) Japonica ปลูกมากในเขตอบอุ่น และ (3) Javanica ประเทศไทยบริโภคข้าว 2 ประเภทคือ ข้าวเจ้า และ ข้าวเหนียว เมล็ดเมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยอะไมโลส (amylose) ประมาณ 15-30% ส่วนเมล็ดข้าวเหนียวประกอบด้วยอะไมโลเพกทิน (amylopectin) เป็นส่วนใหญ่ และมีอะไมโลสประมาณ 5-7% ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยมีการจำหน่ายในรูปของข้าวสารเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ และเส้นขนมจีน สำหรับบริโภคภายในประเทศและการส่งออก ในด้านการจำหน่ายข้าวในรูปของข้าวสารที่นิยมมากที่สุดคือ ข้าวหอมมะลิ (ขาวดอกมะลิ 105) ซึ่งจัดเป็นข้าวในกลุ่มที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ จึงมีลักษณะนุ่มและเหนียว นอกจากนี้ยังมีกลิ่นหอมน่ารับประทานจึงมีราคาค่อนข้างสูงและเป็นที่นิยมมากในต่างประเทศ ในขณะที่ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะให้ข้าวหุงสุกที่ร่วน แฉง ไม่มีกลิ่นหอมจึงมีราคาต่ำ และบริโภค

เพียงในประเทศ แต่อย่างไรก็ตามข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงเหมาะที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นหมี่และเส้นก๋วยเตี๋ยว เนื่องจากมีสมบัติในการจับตัวกันเป็นเจลที่แข็งแรงไม่เปราะหรือหักง่ายในระหว่างการผลิต ขณะเดียวกันเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปลวกให้สุกก็จะมีคามเหนียวนุ่มพอเหมาะแก่การรับประทาน (งามชื่น คงศรี, 2540) ข้าวที่ปลูกกันทั่วไปหากแบ่งตามปริมาณอะไมโลส สามารถแบ่งได้ดังนี้คือ

1. อะไมโลสสูงได้แก่ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสไม่น้อยกว่า 27%โดยน้ำหนัก เช่น ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 60 และเหลืองประทิว 123 เป็นต้น
2. ข้าวอะไมโลสปานกลาง ได้แก่ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสระหว่าง 21-26% โดยน้ำหนัก เช่น กข 7 สุพรรณบุรี 60 และข้าวตาแห้ง เป็นต้น
3. ข้าวอะไมโลสต่ำ ได้แก่ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสน้อยกว่า 20% โยน้ำหนัก เช่น ปทุมธานี 1 กข 15 ขาวดอกมะลิ 105 และหอมคลองหลวง 1 เป็นต้น

2.4.1 โครงสร้างหลักของข้าว

เมล็ดข้าวประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ เปลือกและเนื้อในเมล็ด ส่วนเปลือกประกอบด้วยกลีบดอกที่มีลักษณะแข็งเรียกว่า แกลบ (hull หรือ husk) อยู่ชั้นนอกสุด ชั้นถัดมาเป็นเยื่อหุ้มผล (pericarp) และเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) ส่วนเนื้อในเมล็ดชั้นในเมล็ดชั้นนอกสุดเป็นชั้นแอลลูโรน (aleurone layer) ห่อหุ้มเนื้อเมล็ดและคัพภะ (embryo) ไว้ข้างใน โดยมีสัดส่วนของเปลือกและเนื้อในเมล็ด 28 และ 72% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เมื่อขัดสีเป็นข้าวสารจะเหลือ เฉพาะสัดส่วนของเนื้อในเมล็ด (starchy endosperm) ซึ่งประกอบด้วยเม็ดสตาร์ชมีลักษณะห้ำเหลื่อมขนาดประมาณ 2-10 ไมครอน จับเป็นกลุ่มแน่น ส่วนโปรตีนมีลักษณะเป็นก้อนกลมขนาด 1-4 ไมครอน แทรกอยู่กับเม็ดสตาร์ชที่กระจายตัวอย่างอิสระโดยมีเม็ดไขมันอยู่ใกล้ๆ แต่ในปริมาณน้อยกว่าโปรตีน (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

2.4.2 องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อในเมล็ดข้าวส่วนใหญ่ส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ 90% โดยน้ำหนัก นอกนั้นเป็นโปรตีน ไขมัน และสารอาหารอื่นๆ 7, 1.5 และ 1.5% โดยน้ำหนักตามลำดับ คาร์โบไฮเดรตที่มีในเนื้อเมล็ดเป็นสตาร์ชทั้งหมด ซึ่งโมเลกุลของสตาร์ชประกอบด้วยสารประกอบเคมี 2 ชนิด คือ อะไมโลสและอะไมโลเพกทินโดยอะไมโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย ต่อกันเป็นสายโซ่แบบขดเป็นเกลียว (helix) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4-glycosidic bond และส่วนน้อยเป็น α -1,6-glycosidic bond ในขณะที่อะไมโลเพกทินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส โดยส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -

1,4-glycosidic bond ในขณะที่ส่วนที่เป็นกิ่งก้านสาขาซึ่งเป็นโพลิเมอร์กลูโคสสายสั้น เชื่อมต่อกับพันธะ α -1,6-glycosidic bond โดยสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของสตาร์ช เช่น สตาร์ช จากข้าวเหนียวประกอบด้วยอะไมโลเพกตินเกือบทั้งหมด ส่วนสตาร์ชจากข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลสอยู่ระหว่าง 15-35% โดยน้ำหนัก (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

2.4.3 สมบัติของสตาร์ชในข้าว

เมื่อน้ำสตาร์ชจากข้าวมาผสมกับน้ำแล้วให้ความร้อนจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของส่วนผสมคือ เติมน้ำกับสตาร์ชจากข้าวไม่รวมตัวกันแต่เมื่อให้ความร้อนถึงอุณหภูมิประมาณ 68°C ส่วนผสมจะเริ่มข้นเหนียวเปลี่ยนจากสีขาวทึบเป็นสีขาวใส จนถึงอุณหภูมิประมาณ 68°C จะเกิดเป็นเจลใสจนหมดเรียกช่วงนี้ว่า ช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization temperature range) ซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะของสตาร์ชจากพืชแต่ละชนิด อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน จะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินในสตาร์ชของพืชนั้นๆ ถ้าดูการเปลี่ยนแปลงนี้ผ่านกล้องจุลทรรศน์จะพบว่าเมื่อยังไม่ให้ความร้อนเม็ดสตาร์ชจะกระจายตัวอยู่ในน้ำสามารถมองเห็นรูปร่างไม่ชัดเจนโดยเม็ดสตาร์ชจะอมน้ำได้น้อยมาก แต่ถ้าให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 68°C เม็ดสตาร์ชจะพองตัวจากการอมน้ำหรือน้ำเข้าไปรวมตัวกับโมเลกุลของกลูโคสในโครงสร้างทั้งอะไมโลสและอะไมโลเพกตินทำให้มีความข้นเหนียวของส่วนผสมมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 78°C เม็ดสตาร์ชจะพองตัวเต็มที่ ถ้ามีน้ำมากและมีการเพิ่มอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องโครงสร้างของเม็ดจะสลายตัวโมเลกุลของสตาร์ชเริ่มกระจายตัวในน้ำ เมื่อหยุดให้ความร้อนส่วนผสมเริ่มเย็นลงมีผลให้พลังงานจากความร้อนลดลงทำให้พันธะไฮโดรเจนภายในและระหว่างโมเลกุลของสตาร์ชแข็งแรงขึ้น ความข้นเหนียวจึงเพิ่มขึ้นอีกครั้งมีลักษณะเป็นเจล เมื่อทิ้งให้เย็นลงและระยะเวลาเพิ่มขึ้นจะเกิดการรวมตัวของโมเลกุลสตาร์ช มากขึ้น โดยเฉพาะในส่วนของอะไมโลสเพราะขนาดของโมเลกุลเล็กและเป็นเส้นตรงกว่าอะไมโลเพกตินจึงเคลื่อนที่และเกิดพันธะเชื่อมอย่างต่อเนื่องจากการจัดเรียงตัวใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนของโมเลกุลได้โครงข่ายสามมิติที่สามารถอมน้ำได้ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

2.5 ความรู้เกี่ยวกับพาสต้า

พาสต้าเป็นอาหารอิตาลีเส้นประเภทเส้นที่มีส่วนประกอบหลัก คือ แป้งสาลี ไข่ เกลือ และน้ำ โดยจะใช้แป้งสาลีที่มีกลูเตน (gluten) สูง เป็นวัตถุดิบในการผลิต เส้นพาสต้ามีรูปร่างต่างๆ นอกจากนี้เส้นพาสต้าแต่ละชนิดมี กลิ่น สี และรสชาติที่แตกต่างกัน เช่น สีเขียว ได้จากผักโขมสีส้มได้จากแครอทหรือมะเขือเทศ สีดำได้จากน้ำหมึกของปลาหมึก สีแดงได้จากบัตูท ส่วนรูปร่างที่ต่างกันขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการผลิต ซึ่งบางชนิดจะเป็นเกลียว บางชนิดเป็นเส้นแบน เส้นเล็กยาว เส้นกลม

สั้น และยาว เป็นรูปหอย รูปโบว์ เป็นต้น พาสต้าบางชนิดจะมีการใส่ไส้เพื่อเพิ่มรสชาติ ส่วนใหญ่จะเป็นเนื้อสัตว์บด เช่น ไส้ไก่ ไส้เนื้อ เป็นต้น การประกอบอาหารประเภทพาสต้าจะต้องจะนำมาปรุงรสด้วยซอสและเครื่องเทศทุกชนิดต่างๆ เพื่อให้ได้รสชาติ

2.5.1 การพัฒนาเส้นพาสต้า

ในปัจจุบันมีกรรมวิธีที่ทันสมัยคือ การใช้ระบบพลังงานคลื่นจุลภาค (microwave energy) ในการทำแห้ง ซึ่งได้ผลดีในด้านการประหยัดเวลา ประหยัดเนื้อที่ตู้อบและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในด้านคุณภาพการหุงต้มและสีให้ดีขึ้น มีปริมาณจุลินทรีย์น้อยลงและเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตลดลงด้วยอีกวิธีหนึ่งที่กำลังอยู่ในขั้นการทดลอง เพื่อประหยัดเวลาในการทำแห้งได้ดีกว่าระบบคลื่นจุลภาค คือ การใช้รังสีอินฟราเรด (infrared radiation) สามารถแบ่งพาสต้าตามกระบวนการผลิตได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. พาสต้าสดทำมาจากการผสมแป้งสาลีกับน้ำและส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ ไข่ เกลือ ไขมัน ผสมจนเป็นโดเรียบเนียน ตัดเป็นเส้นกลมหรือแบน ขนาดเล็กหรือใหญ่ หรืออาจจะทำเป็นแผ่นบางๆ พับเป็นรูปร่างต่างๆ พาสต้าสดมักเป็นที่นิยมเพราะทำง่ายและสามารถบริโภคได้ทันทีหรือภายใน 1-2 วัน เส้นพาสต้าสดที่ดี เมื่อเวลาลวกเสร็จต้องมียกขึ้นและเส้นที่มีความยืดหยุ่นตัวได้ดีและจะต้องมีความเหนียวนุ่มไม่ขาดง่าย ไม่หนามากเกินไป รสชาติโดยทั่วไปจะมีแต่รสชาติของแป้งสดและแป้งหมัก แต่ถ้าเป็นพาสต้าไข่จะมีกลิ่นและรสของไข่รวมอยู่ด้วย ส่วนเรื่องของสีนั้นถ้าเป็น พาสต้าสดทั่วไปก็จะมีสีขาวขุ่นเพราะเป็นสีธรรมชาติของแป้ง แต่ถ้าเป็นพาสต้าไข่ก็จะมีสีของไข่แดงที่ใช้

2. พาสต้าแห้ง เป็นการทำให้เส้นพาสต้าสดเก็บไว้ได้นานขึ้น จึงได้พัฒนากรรมวิธีโดยนำพาสต้าสดมาทำแห้งด้วยการตากแห้งอย่างช้าๆ หรือการนำเข้าตู้อบควบคุมความร้อนให้ค่อยๆ สูงขึ้นอย่างเหมาะสม เพื่อให้เส้นค่อยๆ แห้งลง

2.5.2 กระบวนการผลิตพาสต้า

พาสต้าที่ผลิตตามแบบของชาวยุโรป มีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือการผสม การอัดด้วยความดันออกมาเป็นเส้น และการทำแห้ง กระบวนการผลิตพาสต้ามีดังนี้คือ

1. ขั้นตอนแรก การผสมเซโมลินา (100%) กับน้ำ 25-35% ที่อุณหภูมิ 32-38 °C จนเป็นโดที่เหนียวอย่างเหมาะสมเป็นเวลา 10-15 นาที หลังจากพักโดในระยะเวลาหนึ่งจึงนำโดมานวดในเครื่องนวดที่อุณหภูมิ 30 °C โดยอยู่ภายใต้ระบบสุญญากาศเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดฟองอากาศขึ้นในโด ซึ่งจะมีผลให้เส้นพาสต้าสีไม่สวย และเป็นจุดต่างได้ ซึ่งจะทำให้การนวดโดนาน 15 นาที

2. ขั้นตอนที่สอง เป็นการผ่านโดที่เนียนแล้วเข้าเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ (extruder) ซึ่งมีหน้าแปลนที่แตกต่างกัน ส่งผลให้พาสต้าที่ได้มีรูปร่างที่ต่างกันไปตามความนิยมของผู้บริโภค เส้น

พาสต้าที่ได้จะมีลักษณะสีเหลืองใส ไม่มีฟองอากาศในเส้น จากนั้นก็ผ่านเข้าเครื่องตัดเส้นให้ได้ขนาดความยาวที่ต้องการ

3. ขั้นตอนที่สาม คือการทำให้แห้ง ผลผลิตพาสต้าทั้งหมดที่มีขายตามท้องตลาดจะอยู่ในลักษณะแห้ง ขั้นตอนนี้จึงสำคัญที่สุดต่อคุณภาพของพาสต้าในการคินตัวก่อนบริโภค วิธีการทำแห้งดั้งเดิมคือการตากแดด ซึ่งยังคงใช้กันอยู่ในประเทศอิตาลี แต่ปัจจุบันนิยมใช้ระบบการทำแห้งที่ทันสมัย มีการใช้อุปกรณ์ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของตู้อบเป็นลำดับขั้น เพื่อให้สามารถลดความชื้นของเส้นพาสต้าจาก 30% เหลือ 12.5% โดยมีลักษณะเส้นดี สี สวย มีเส้นตรงสม่ำเสมอไม่มีรอยแตกร้าว หรือเป็นจุดภายในเส้น ระบบการทำแห้งที่ใช้ลมร้อนแบบทันสมัย จะมี 3 ลำดับ คือ การทำแห้งขั้นต้น (pre-drying) การกระจายความชื้น (sweating) และการทำแห้ง (drying) ในการทำแห้งขั้นต้นจะควบคุมอากาศให้มีอุณหภูมิ 55-90 °C ไหลเวียนรอบเส้นพาสต้าเพื่อลดความชื้นภายในเส้นลงให้เหลือ 17-18 % ภายใน 1 ชั่วโมง ทำให้ความชื้นจากภายในเส้นระเหยออกมาสู่ภายนอกเส้นพาสต้า ส่งผลให้ความชื้นภายในและที่ผิวใกล้เคียงกัน ในขั้นสุดท้ายควบคุมความร้อนที่หมุนเวียนให้มีอุณหภูมิ 45-70 °C เพื่อให้เส้นพาสต้าคลายความชื้นอย่างช้าและสม่ำเสมอใช้เวลาประมาณ 6-28 ชั่วโมง จึงได้พาสต้าที่แห้งและคุณภาพดี (ฉัตรบรร สุภกรช่วงศ์, 2548)

2.6 กระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน (extrusion)

เอ็กซ์ทรูชันหรือการอัดผ่านเกลียวหรือการอัดพองเป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อการแปรรูปอาหาร โดยใช้อุปกรณ์เรียกว่าเอ็กซ์ทรูเดอร์ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยปฏิบัติการหลายหน่วยเข้าด้วยกัน ได้แก่ การผสม (mixing) การทำให้สุก (cooking) การนวด (kneading) การฉีก และ การขึ้นรูป ทำให้เกิดรูปร่างและโครงสร้างของอาหารแตกต่างกันเอ็กซ์ทรูชันมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร สามารถผลิตอาหารที่มีรูปร่าง เนื้อสัมผัส ได้หลากหลายได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าจากธัญชาติ (breakfast cereal) ขนมขบเคี้ยวอาหารสัตว์ พาสต้า เช่น มักโรนี สปาเกตตี โปรตีนเกษตร หรือเนื้อเทียม (textured vegetable protein) เป็นต้น วัตถุดิบหลักสำหรับการแปรรูปด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน ได้แก่ แป้งจากเมล็ดธัญชาติ เช่น แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวสาลี เป็นต้น

2.6.1 หลักการของเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน

วัตถุดิบและส่วนผสมต่างๆ จะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แล้วลำเลียงผ่านสกรูลำเลียง (screw conveyor) โดยสกรูจะทำหน้าที่ลำเลียงส่วนผสม ตามแนวยาวของสกรูโดยอยู่ในช่องว่างระหว่างเกลียวสกรู ระหว่างการลำเลียงจะเกิดการผสม และการนวด ให้เป็นเนื้อเดียวกัน และทำให้ส่วนผสมเกิดความร้อน ขณะที่ส่วนผสมเคลื่อนที่จะมีแรงอัดเพิ่มขึ้น ผ่านหน้าแปลน จะได้

ผลิตภัณฑ์ที่ออกจากเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ ซึ่งเรียกว่า เอ็กซ์ทรูเดต (extrudate) ที่มีรูปร่างและเนื้อสัมผัสแบบต่างๆ จากนั้นอาจนำไปอบ (baking) หรือทอด (frying) ให้สุก

2.6.2 ข้อดีของการแปรรูปอาหารด้วยเอ็กซ์ทรูชัน

การแปรรูปอาหารด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน มีข้อดีหลายประการ กล่าวคือทำให้เกิดผลิตภัณฑ์หลากหลาย การปรับเปลี่ยนสูตรและรูปร่าง เนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ทำได้ง่ายและสะดวกใช้แรงงานน้อย มีกำลังการผลิตสูง เป็นการผลิตแบบต่อเนื่องได้ผลผลิตสูง และมีของเสีย (waste) น้อย

2.6.3 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์

ส่วนประกอบหลักของเอ็กซ์ทรูเดอร์ ได้แก่ บาเรล (barrel) เกลียว (screw) หน้าแปลน (die) ใบมีดตัด (face cutter) บาเรล (barrel) เป็นทรงกระบอกกลวงที่วางตัวตามแนวนอนภายในมีสกรู (screw) ซึ่งจะถูกหมุนด้วยมอเตอร์ที่ปรับความเร็วรอบได้ อาจเป็นสกรูเดี่ยว (single screw extruder) หรือเกลียวคู่ (twin screw extruder) ครีบกวาดของสกรู (flight) อาจถูกออกแบบให้มีความสูงลดลงตามแนวยาวของสกรู อยู่ภายในกระบอกที่มีรัศมีลดลง ทำให้เกิดหน้าที่แตกต่างกัน ช่วงต้นของสกรูที่มีความสูงของครีบกวาดมากจะทำหน้าที่ลำเลียงวัตถุดิบป้อนเข้าสู่ภายใน และจะถูกคลุกเคล้าให้ผสมกันในช่องว่างระหว่างครีบกวาดกับกระบอก เมื่ออาหารลำเลียงมาถึงช่วงที่ระยะครีบกวาดสั้นลงจะถูกบีบให้เคลื่อนที่อยู่ที่ว่างลดลง ความดันเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดแรงเฉือน (shear force) ระหว่างวัตถุดิบเอง และระหว่างวัตถุดิบกับพื้นผิวของกระบอกและสกรู เกิดการนวดให้ผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน และอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นจากแรง และความดันที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้โครงสร้างของอาหารเปลี่ยนแปลงไป เช่น สตาร์ชเกิดเจลาติไนซ์ (gelatinization) เม็ดสตาร์ชพองตัวขึ้น โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) ทำให้โมเลกุลคลายตัว (unfolding) กลูเตน รวมกับน้ำ เกิดเป็นโด (dough) ในช่วงนี้อาจมีการให้ความร้อนจากภายนอกพร้อมด้วยเพื่อให้อาหารสุกอย่างสมบูรณ์ เรียกว่า cooking extruder ซึ่งเป็นกระบวนการให้ความร้อนสูงภายในระยะเวลาสั้น (high temperature short time) ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำลายจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ หรือ รา เอนไซม์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย (food spoilage) และสารที่ไม่พึงประสงค์ในวัตถุดิบ เช่น สารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน (trypsin inhibitor) กระบวนการผลิตพาสต้าสกรูของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ไม่ได้ทำให้อุณหภูมิของอาหารเพิ่มสูงขึ้นมาก เพราะระยะครีบกวาดไม่ได้เปลี่ยนแปลงมาก จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพียงแค่ผสมและขึ้นรูป (forming) เรียกว่า non thermal extruder อาจเรียกว่า pasta extruder เมื่ออาหารถูกลำเลียงมาถึงปลายสกรู จะถูกบังคับให้เคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดเล็กๆ ซึ่งอยู่ด้านทางออก เอ็กซ์ทรูเดตมีรูปร่างที่แตกต่างกันตามขนาดและรูปร่างของรูเปิด และมีใบมีดตัดให้

เป็นเม็ด เป็นท่อน หรือเป็นเส้น หากมีความดันสูงมากภายในเอ็กซ์ทราเตอร์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงความดันกะทันหัน ทำให้อากาศภายในอาหารขยายตัว น้ำในอาหารระเหยออกไป ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดโครงสร้างภายในอาหาร ทำให้เนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป เช่น กรอบพอง หากความชื้นในอาหารยังไม่ลดลงจนถึงระดับที่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ อาหารจะถูกทำให้แห้ง (dehydration) เพื่อลดความชื้นก่อนการบรรจุ (อภิญา เจริญพร, 2541)



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

- ข้าวไรซ์เบอร์รี่
- ถั่วเขียว
- แป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป ตราราชสามเศียร

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

- กรดซัลฟิวริก 96 เปอร์เซ็นต์ (sulfuric acid; H_2SO_4)
- สารเร่งปฏิกิริยาในการย่อยโปรตีน (selenium reagent mixture)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide; NaOH)
- สารละลายกรดบอริก
- เซียร์อินดิเคเตอร์ (methyl red และ methylene blue)
- สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล
- ปีโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether b.p. 40-60 °C)
- ซีไลต์ (celite)
- ซีแซนด์ (seasand)
- แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ (ethanol และ methanol)
- กรดเบนโซอิก (pure dry benzoic acid)
- แบเรียมไฮดรอกไซด์ (barium hydroxide)
- โซเดียมคาร์บอเนต 0.1 นอร์มัล (sodium carbonate)
- เมทิลออเรนจ์ (methyl orange)
- ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein)
- ปีโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)
- 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)
- Folin-Ciocalteu reagent
- กรดแกลลิก (gallic acid)

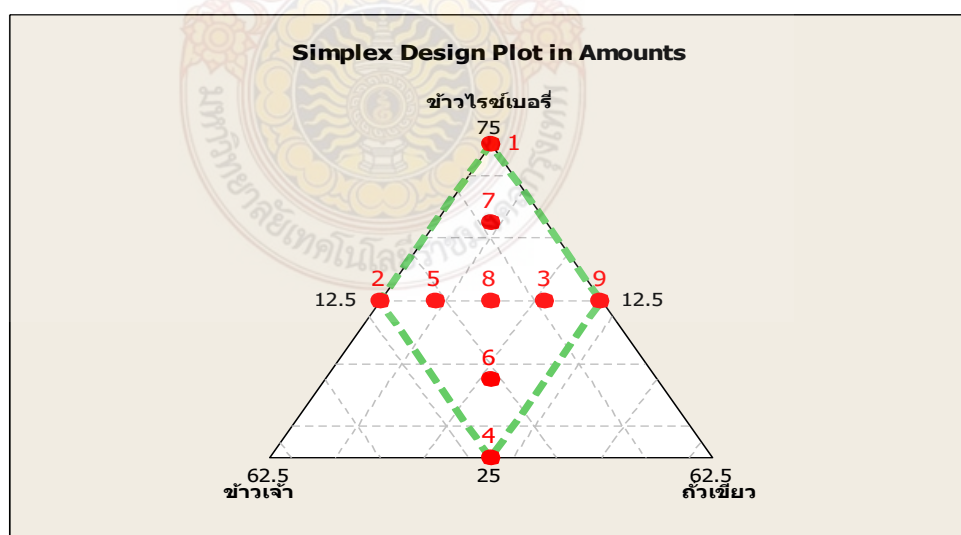
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 วัตถุดิบและการเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งถั่วเขียว โดยนำข้าวไรซ์เบอร์รี่ และถั่วเขียว 100% บดด้วยเครื่องบดหยาบ Fitzmill Comminutor (รุ่น M 5 Service 1871, ประเทศสหรัฐอเมริกา) และบดละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด Pin mill (รุ่น 160Z, ประเทศญี่ปุ่น) จากนั้นนำไปบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์โดยการดูดอากาศออกแล้วปิดผนึก และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อรอการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3.3.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า และแป้งถั่วเขียว สำหรับผลิตเส้นพาสต้าโดยใช้ mixture design (Cochran and Cox, 1992)

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียว สำหรับผลิตเส้นพาสต้าโดยใช้ mixture design โดยในการออกแบบหน่วยทดลองเส้นพาสต้าโดยใช้ mixture design นั้น มีหน่วยทดลองที่เป็นไปได้จำนวนมาก เราจึงเลือกหน่วยทดลองที่ปรากฏบนแกนทั้ง 3 แกนและหน่วยทดลองที่จุดกึ่งกลางมาใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ซึ่งหน่วยทดลองทั้ง 9 หน่วยทดลองที่ทำการเลือกมีดังนี้แสดงได้ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 การออกแบบ mixture design ในผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้า

3.3.3 วิธีการผลิตเส้นพาสต้า

ปรับความชื้นเส้นเป็น 30% วัดความชื้นของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า และ แป้งถั่วเขียว ปรับความชื้นให้เป็น 30% จากนั้นนำแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้าและแป้ง ถั่วเขียวมาร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้งแล้วตวงแป้งตามอัตราส่วนผสมตามที่ได้จาก mixture design และใช้ตะแกรงร่อนแป้งทั้ง 3 อีกครั้ง จากนั้นนำไปใส่ลงในเครื่องผสม ปั่นผสมด้วยหัวตีใบไม้พร้อมกับ ค่อยๆ เติมน้ำตามปริมาณที่คำนวณไว้ด้วยฟ็อกกี้ ระวังอย่าให้โดนขอบอ่าง ปั่นผสมด้วยความเร็ว ระดับต่ำ เบอร์ 1 เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเปลี่ยนหัวตีเป็นหัวตะกร้อ ตะล่อมแป้งให้เข้ากัน ปั่นต่อ 5 นาที แล้วนำมาผ่านตะแกรงร่อนแป้งเป็นครั้งสุดท้าย เมื่อได้ความชื้นที่ต้องการคือ 30% แล้ว นำแป้ง ที่ได้จากการผสมตามอัตราส่วนทั้ง 9 หน่วยทดลองไปเก็บไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยเก็บไว้ในที่อุณหภูมิ ต่ำอยู่ในช่องแช่ธรรมดา จึงสามารถนำไปใช้กับเครื่องเอ็กซ์ทรูชันได้โดยเครื่องเอ็กซ์ทรูชันจะมี transition temperature เท่ากับ 80°C die temperature เท่ากับ 70°C และ Screw speed อยู่ที่ 80-100 rpm เมื่อได้เส้นพาสต้าออกมาแล้วปล่อยให้เส้นยาวแล้วแขวนผึ่งไว้ก่อนจนหมด ตัดเส้น พาสต้าให้มีความยาวประมาณ 25 เซนติเมตร และนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้นลงให้เหลือประมาณ 12.5% จากนั้นนำเส้นที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางด้านกายภาพ

3.3.4 วิเคราะห์สมบัติของแป้ง

1. การวิเคราะห์ความหนืดของแป้งทั้งสามชนิด และแป้งผสมทั้งหมดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) เป็นเครื่องวัดความหนืดของพอลิแซ็กคาไรด์ เช่น น้ำแป้ง สตาร์ชและ สารให้ความหนืดโดยจำลองอุณหภูมิและเวลาการทำให้แป้งร้อนและเย็น การเกิดเจลของแป้ง เพื่อ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งระหว่างการหุงต้ม
2. การตรวจสอบเนื้อสัมผัสของเจลแป้ง การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแป้งที่ผสม ระหว่างแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า และแป้งถั่วเขียว โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA.XT Plus, ประเทศอังกฤษ)
3. วิเคราะห์สมบัติการต้านออกซิเดชันของแป้งทั้งสามชนิด และแป้งผสมทั้งหมด ด้วยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity (Wu and Ng, 2008) และวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของสารที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน โดยเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)

3.3.5 การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพของเส้นพาสต้า

1. การวัดแรงดึงขาด

การวัดแรงดึงขาดของเส้นพาสต้าที่ทำจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า และแป้งถั่วเขียวมาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 6 นาที จากนั้นนำเส้นที่ต้มแช่ลงในน้ำเย็นทันทีแล้วนำไปวัดแรงดึงขาดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA.XT Plus, ประเทศอังกฤษ) ใช้หัววัด Spaghetti tensile grips (A/SPR)

2. การวัดสี

วัดค่าสีของเส้นพาสต้าโดยใช้เครื่อง (Hunter Color Lab) นำตัวอย่างปริมาณ 10 กรัม เรียงใส่ลงในถ้วยใส่ตัวอย่าง จากนั้นวัดค่าโดยใช้ระบบ CIE Lab วัดค่า L^* = 100 (สีขาว), L^* = 0 (สีดำ), $+a^*$ = สีแดง, $-a^*$ = สีเขียว, $+b^*$ = สีเหลือง และ $-b^*$ = สีนํ้าเงิน

3.3.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นพาสต้า

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของเส้นพาสต้าตามวิธีของ AOAC (2006) โดยวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ภาคผนวก ก

3.3.7 การวิเคราะห์สมบัติการต้านออกซิเดชันของเส้นพาสต้า

วิเคราะห์สมบัติการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity (Wu และ Ng, 2008) ภาคผนวก ข และวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของสารที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Antioxidation) โดยเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)

3.3.8 ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นพาสต้าที่ผลิตได้โดยวิธี 9- point hedonic scale

โดยคะแนน 1 หมายถึงไม่ยอมรับมากที่สุด และ คะแนน 9 หมายถึงยอมรับมากที่สุด

บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า และ แป้งถั่วเขียวสำหรับผลิตเส้นพาสต้าโดยใช้ mixture design

ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียวโดยใช้ mixture design (Cochran and Cox, 1992) นั้น ส่งผลให้ในการผลิตเส้นพาสต้ามีหน่วยทดลองที่เป็นไปได้จำนวนมาก จึงเลือกหน่วยทดลองที่ปรากฏบนแกนทั้ง 3 แกน และหน่วยทดลองที่จุดกึ่งกลางมาใช้เป็นตัวแทนในการดำเนินงานวิจัยนี้ซึ่งหน่วยทดลองทั้ง 9 หน่วยทดลอง (ตารางที่ 4.1) มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ตั้งแต่ 25-75% แป้งข้าวเจ้า 12.5-37.5% และ แป้งถั่วเขียว 12.5-31.25% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 การออกแบบ mixture design ในผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้า

หน่วยทดลอง	แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (%)	แป้งข้าวเจ้า (%)	แป้งถั่วเขียว (%)	น้ำ (%)
1	75	12.5	12.5	28.46
2	62.5	18.75	18.75	28.63
3	50	37.5	12.5	28.66
4	50	31.25	18.75	28.73
5	50	25	25	28.80
6	50	18.75	31.25	28.86
7	50	12.5	37.5	28.93
8	37.5	31.25	31.25	29
9	25	37.5	37.5	29.14

4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ พบว่า แป้งถั่วเขียวมีโปรตีนมากที่สุดถึง 26.0% โดยน้ำหนักแห้ง ส่วนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และแป้งข้าวเจ้าทางการค้ามีโปรตีนประมาณ 9.9

และ 9.3% โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ นอกจากนี้แป้งถั่วเขียวยังมีปริมาณเส้นใยทั้งหมดถึง 4.8% โดยน้ำหนักแห้ง ในขณะที่แป้งข้าวเจ้าทางการค้าปริมาณเส้นใยทั้งหมดเพียง 0.02% โดยน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า และแป้งถั่วเขียว

ตัวอย่าง	องค์ประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนักแห้ง)				
	โปรตีน	ไขมัน	เส้นใยทั้งหมด	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	9.85±0.02 ^b	0.01±0.01 ^c	2.16±0.01 ^b	1.77±0.02 ^b	86.20±0.01 ^b
แป้งข้าวเจ้าทางการค้า	9.33±0.01 ^c	1.03±0.01 ^a	0.02±0.01 ^c	1.38±0.01 ^c	88.24±0.07 ^a
แป้งถั่วเขียว	25.91±0.01 ^a	0.22±0.01 ^b	4.81±0.01 ^a	6.48±0.01 ^a	62.58±0.01 ^c

^{a,b,c} หมายถึง อักษรในแนวดังเดียวกันที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.3 สมบัติทางกายภาพของแป้ง

4.3.1 ความหนืดของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า แป้งถั่วเขียว และแป้งผสมทั้งหมด

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งระหว่างการหุงต้มของแป้งผสมระหว่างแป้งข้าว ไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า และแป้งถั่วเขียวที่อัตราส่วนต่างๆ ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid visco amylograph (RVA) พบว่าแป้งข้าวเจ้าทางการค้ามีความหนืดที่ภาวะต่างๆ สูงสุด คือมีค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ในช่วงการให้ความร้อนซึ่งเป็นจุดที่เกิดเจลในเซชันสมบูรณ์สูงสุดคือ 149.75 RVU ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำให้เย็น (Trough) 122.50 RVU ค่าความหนืดสุดท้ายของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 212.16 RVU และค่าความเหนียว (Break down) 27.25 RVU (ตารางที่ 4.3) ในขณะที่แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 100% ความหนืดสูงสุดมีค่า 63.56 RVU ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำให้เย็น 51.11 RVU ความหนืดสุดท้ายของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 110.86 RVU ความเหนียว 12.44 RVU ความเหนียวของแป้ง 59.75 RVU ระยะเวลาที่แป้งสุกทั้งหมด (Peak time) 5.87 นาที และอุณหภูมิที่แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เริ่มสุก (Pasting Temperature) ที่ 87.52 °C นอกจากนี้ แป้งถั่วเขียวมีค่าความหนืดทุกค่าต่ำที่สุด เช่น ความหนืดสูงสุดมีค่า 30.31 RVU ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำให้เย็น 25.83 RVU ความหนืดสุดท้ายของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 52.25 RVU และความเหนียว 4.47 RVU แป้งผสมทั้ง 9 หน่วยทดลอง เมื่อทำการลดปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ลง ทำให้ Peak viscosity ลดลงเนื่องจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต้องได้รับความร้อนในระดับที่สูงเพื่อที่จะทำให้เม็ดแป้งมีการดูดซับน้ำ

พองตัว และเริ่มมีความหนืดเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีโปรตีนจึงดูดซับน้ำได้น้อยกว่า (Hung et al, 2007)

จากผลพบว่าแป้งหน่วยทดลองที่ 6 มีค่าความหนืดต่างๆ ต่ำที่สุด เนื่องจาก แป้งผสมหน่วยทดลองนี้มีปริมาณกล้วยในอัตราส่วนมากที่สุด 37.5% และมีปริมาณแป้งข้าวเจ้าน้อยที่สุดคือ 18.75% เนื่องจากแป้งกล้วยมีปริมาณโปรตีนมากกว่าแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ในขณะที่น้ำแป้งหน่วยทดลองที่ 3 มีค่าความหนืดต่างๆ สูงที่สุด เนื่องจากแป้งผสมหน่วยทดลองนี้มีปริมาณกล้วยในอัตราส่วนน้อยที่สุด 12.5% และมีปริมาณแป้งข้าวเจ้ามากที่สุดคือ 37.5%



ตารางที่ 4.3 ค่าความหนืดของแป้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า แป้งถั่วเขียว และแป้งผสมตาม mixture design

หน่วยทดลอง	Pasting temperature (°C)	Peak time (min)	Peak viscosity (RVU)	Trough (RVU)	Final viscosity (RVU)	Breakdown (RVU)	Setback (RVU)	ปริมาณอะไมโลส (%น้ำหนักแห้ง)
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	87.52±3.69 ^{abc}	5.87±0.18 ^{bcd}	63.56±10.94 ^b	51.11±5.86 ^b	110.86±14.80 ^b	12.44±5.12 ^a	59.75±8.99 ^{bc}	11.58±0.20 ^{ef}
แป้งข้าวเจ้าทางการค้า	90.78±1.17 ^a	6.49±0.08 ^a	149.75±15.78 ^a	122.50±11.85 ^a	212.16±22.59 ^a	27.25±4.16 ^b	89.67±11.09 ^a	26.14±0.39 ^a
แป้งถั่วเขียว	81.33±0.92 ^d	4.54±0.12 ^f	30.31±0.24 ^d	25.83±0.14 ^d	52.25±0.14 ^e	4.47±0.09 ^c	26.41±0.29 ^e	10.78±0.01 ^f
1	91.28±0.75 ^a	6.07±0.00 ^b	40.25±8.74 ^{cd}	37.03±7.87 ^{cd}	75.17±10.60 ^{cde}	3.22±1.04 ^c	38.14±3.39 ^{de}	13.34±0.23 ^d
2	89.65±2.20 ^{ab}	6.00±0.20 ^{bc}	41.78±12.85 ^{cd}	38.00±10.17 ^{cd}	86.91±26.43 ^{bcd}	3.78±2.73 ^c	48.92±16.46 ^{bcd}	14.09±0.20 ^d
3	86.38±3.57 ^{bc}	6.04±0.32 ^b	48.19±3.72 ^c	42.14±2.71 ^{bc}	92.42±2.32 ^{bc}	6.06±3.85 ^c	50.28±5.02 ^{bcd}	17.64±0.38 ^b
4	91.28±0.81 ^a	5.98±0.40 ^{bc}	34.47±2.36 ^{cd}	31.78±2.63 ^{cd}	75.03±1.97 ^{cde}	2.70±0.29 ^c	43.25±0.96 ^{cde}	16.31±0.28 ^c
5	88.28±1.92 ^{abc}	5.76±0.10 ^{bcde}	47.83±15.03 ^c	42.28±11.76 ^{bc}	104.75±33.39 ^b	5.56±3.46 ^c	62.47±21.67 ^b	16.21±0.11 ^c
6	89.97±0.42 ^{ab}	5.69±0.28 ^{cde}	26.89±1.83 ^d	24.78±2.07 ^d	60.89±9.09 ^{de}	2.11±0.26 ^c	36.11±7.03 ^{de}	13.39±0.91 ^d
7	88.13±0.83 ^{abc}	5.56±0.08 ^{de}	31.59±0.63 ^{cd}	28.64±0.49 ^d	68.67±1.45 ^{cde}	2.94±0.34 ^c	40.03±1.84 ^{de}	11.46±0.27 ^{ef}
8	88.90±0.78 ^{abc}	5.87±0.24 ^{bcd}	31.44±5.92 ^{cd}	28.89±5.74 ^d	67.72±10.79 ^{cde}	2.56±0.27 ^c	38.83±5.77 ^{de}	12.30±0.85 ^e
9	85.38±2.66 ^c	5.53±0.12 ^e	35.61±6.90 ^{cd}	32.22±6.76 ^{cd}	71.86±5.46 ^{cde}	3.39±0.21 ^c	39.64±1.91 ^{de}	13.62±0.97 ^d

a,b,c,... หมายถึง อักษรในแนวตั้งเดียวกันที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

4.3.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า แป้งถั่วเขียว และแป้งผสมทั้งหมด

การตรวจสอบเนื้อสัมผัสของเจลแป้งด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) พบว่า เจลของแป้งข้าวเจ้าทางการค้าและแป้งถั่วเขียวมีค่าความแข็ง (Hardness) สูงที่สุด คือ 161.76 และ 158.60 g (force) ตามลำดับ ในขณะที่เจลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าความแข็งต่ำที่สุดคือ 22.70 g (force) ส่วนแป้งผสมหน่วยทดลองที่ 5 เป็นหน่วยทดลองที่สัดส่วนของแป้งข้าวเจ้าทางการค้าและแป้งถั่วเขียว รวมกันถึง 50% และ แป้งผสมหน่วยทดลองที่ 9 เป็นหน่วยทดลองที่สัดส่วนของแป้งถั่วเขียวที่รวมกันถึง 75% มีค่าความแข็งของเจลสูงที่สุดที่ 33.82- 37.5 g (force) ตามลำดับ เจลให้ค่าความแข็งสูงที่สุด รองลงมาคือหน่วยทดลองที่ 5 (ตารางที่ 4.4) แป้งผสมหน่วยทดลองที่ 3 มีสัดส่วนของแป้งข้าวเจ้า 37.5% จะมีค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ที่สูงกว่าหน่วยทดลองอื่นๆ และค่า Cohesiveness ของเจลพบว่าหน่วยทดลองควบคุมมีค่า Cohesiveness สูงสุด และการเกาะติดจะลดลงเมื่อสัดส่วนของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดลง

ตารางที่ 4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแป้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า แป้งถั่วเขียว และแป้งผสมตาม mixture design

หน่วยทดลอง	ผลทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส					
	Hardness (g force)	Adhesiveness (g force. cm)	Springiness	Cohesiveness (g force)	Gumminess (g force)	Chewiness (g force)
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	22.66±2.70 ^{bc}	-45.18±11.16 ^{ab}	0.87±0.02 ^{cde}	0.49±0.02 ^{ab}	11.04±0.91 ^b	9.58±0.97 ^b
แป้งข้าวเจ้าทางการค้า	161.76±13.83 ^a	-87.26±23.96 ^c	0.95±0.02 ^a	0.36±0.07 ^{de}	57.75±9.38 ^a	54.86±9.61 ^a
แป้งถั่วเขียว	158.59±27.35 ^a	-48.86±30.10 ^{ab}	0.93±0.03 ^{ab}	0.33±0.03 ^e	52.28±7.83 ^a	48.47±7.42 ^a
1	15.81±1.72 ^c	-38.40±8.86 ^a	0.83±0.01 ^e	0.53±0.03 ^a	8.33±0.98 ^b	6.90±0.79 ^b
2	20.51±5.29 ^{bc}	-47.76±10.50 ^{ab}	0.86±0.03 ^{cde}	0.49±0.03 ^{ab}	9.94±1.94 ^b	8.60±1.93 ^b
3	26.29±0.54 ^{bc}	-49.46±11.01 ^{ab}	0.87±0.03 ^{cde}	0.45±0.04 ^{bc}	11.89±1.31 ^b	10.35±1.07 ^b
4	22.73±1.43 ^{bc}	-43.74±14.23 ^a	0.83±0.04 ^{de}	0.43±0.06 ^{bc}	9.83±1.68 ^b	8.22±1.75 ^b
5	33.82±10.20 ^{bc}	-73.01±19.78 ^{bc}	0.85±0.04 ^{de}	0.45±0.01 ^{bc}	15.31±4.29 ^b	13.10±4.11 ^b
6	23.97±3.63 ^{bc}	-54.94±7.73 ^{ab}	0.84±0.02 ^{de}	0.46±0.01 ^{bc}	11.04±1.41 ^b	9.24±1.03 ^b
7	22.50±1.70 ^{bc}	-47.91±4.75 ^{ab}	0.82±0.00 ^e	0.46±0.01 ^{bc}	10.28±0.68 ^b	8.47±0.58 ^b
8	27.19±3.56 ^{bc}	-48.22±5.39 ^{ab}	0.88±0.02 ^{cd}	0.43±0.03 ^{bc}	11.76±1.38 ^b	10.33±1.38 ^b
9	37.33±5.94 ^b	-52.93±1.47 ^{ab}	0.90±0.01 ^{bc}	0.41±0.04 ^{cd}	15.33±1.66 ^b	13.81±1.68 ^b

^{a,b,c,...} หมายถึง อักษรในแนวดังเดียวกันที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

4.3.3 สมบัติการต้านออกซิเดชันของแป้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า แป้งถั่วเขียว และแป้งผสมทั้งหมด

แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และแป้งถั่วเขียว มีความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันค่อนข้างสูง โดยสังเกตจากค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่มีค่ามากถึง 85% ในขณะที่แป้งข้าวเจ้าทางการค้ามีความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพียง 19% เท่านั้น (ตารางที่ 4.5) ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาผลิตแป้งข้าวเจ้าทางการค้ามักเป็นข้าวขาวที่ผ่านกระบวนการขัดสี และการผลิตแป้งข้าวเจ้าทางการค้าต้องผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น การกำจัดโปรตีน และการบดละเอียด ซึ่งส่งผลให้สารต้านออกซิเดชันสูญเสียไปได้ ส่วนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และแป้งถั่วเขียวที่ใช้ในการทดลองนี้ได้จากการบดข้าวไรซ์เบอร์รี่ซึ่งมีสีม่วงเข้มและถั่วเขียวทั้งเมล็ด จึงทำให้ยังคงมีสารซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันอยู่ในปริมาณสูง จึงส่งผลให้แป้งผสมที่มีปริมาณของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และแป้งถั่วเขียวอยู่สูงมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงไปด้วย

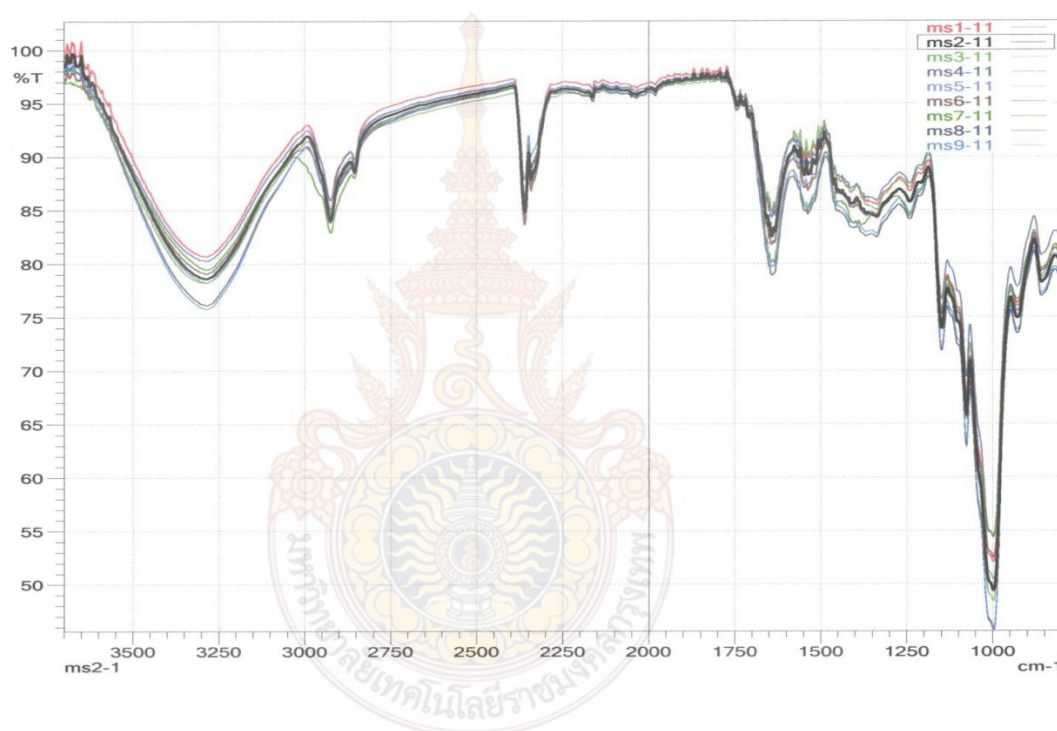
ตารางที่ 4.5 DPPH radical-scavenging activity แป้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้า แป้งถั่วเขียว และแป้งผสมทั้งหมด

หน่วยทดลอง	DPPH radical-scavenging activity (%)
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	84.71±1.13 ^a
แป้งข้าวเจ้าทางการค้า	19.44±1.43 ^b
แป้งถั่วเขียว	84.87±1.46 ^a
1	18.89±5.70 ^b
2	18.21±2.48 ^b
3	23.32±9.23 ^b
4	17.59±2.95 ^b
5	84.84±1.78 ^a
6	85.46±0.54 ^a
7	84.78±0.71 ^a
8	85.91±0.58 ^a
9	86.26±0.57 ^a

^{a,b,c,...} หมายถึง อักษรในแนวตั้งเดียวกันที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.3.4 หมู่ฟังก์ชันของสารที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันของแป้งผสม

Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทำนายพันธะเคมีของหมู่ฟังก์ชัน เช่น C-C, C-H, O-H, C=O และ N-H ของสารอินทรีย์ทุกประเภทที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วง mid-infrared โดยปกติจะจำกัดการใช้งานในช่วงคลื่นความถี่ 4000 to 400 cm^{-1} จากการวิเคราะห์แป้งผสมทั้ง 9 ตัวอย่างพบว่า แป้งผสมทุกหน่วยทดลองมีรูปแบบของกราฟ FTIR ที่เหมือนกัน โดยมีหมู่ -OH ของสารประกอบฟีนอลิกที่ 3350-3200 cm^{-1} และมีหมู่ C-O ที่ 1260-1180 cm^{-1} (ภาพที่ 4.1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแป้งผสมทั้ง 9 หน่วยการทดลองมีสารประกอบฟีนอลิกซึ่งความสามารถในการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันได้



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงหมู่ฟังก์ชันของสารที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันของแป้งผสม ที่วัดด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)

4.4 สมบัติทางกายภาพของเส้นพาสต้า

4.4.1 ค่าสีของเส้นพาสต้า

จากผลการวัดสีของผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าทั้งหมด 9 หน่วยทดลอง พบว่า มีค่า L^* a^* b^* แสดงได้ดังตารางที่ 4.6 ซึ่งค่า L^* ลดลงเนื่องจากเส้นพาสต้าที่ผลิตได้มีสีที่แตกต่างจากเส้นพาสต้าทางการค้า และพาสต้าที่ทำจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 100% มีค่า L^* ต่ำที่สุดเนื่องจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มี

สีม่วงเข้ม โดยทั่วไปแล้วเส้นพาสต้ามีลักษณะเป็นสีเหลือง จึงพิจารณาจากค่า b^* ที่มากที่สุด เนื่องจากเส้นพาสต้าทั้ง 9 หน่วยทดลองมีอัตราส่วนผสมที่เป็นข้าวไรซ์เบอร์รี่จึงให้ค่า b^* ต่ำกว่าเส้นพาสต้าทางการค้ามาก เส้นพาสต้าทั้ง 9 หน่วยทดลองจึงมีค่า b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเส้นพาสต้าหน่วยทดลองที่ 9 มีค่า L^* a^* b^* ดังนี้ 46.34, 2.93 และ 5.03 ตามลำดับ โดยมีค่า L^* ใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าทางการค้ามากที่สุด โดยลักษณะของเส้นพาสต้าทั้ง 9 หน่วยทดลองแสดงดังภาพที่ 4.2

4.4.2 แรงดึงขาดของเส้นพาสต้า

จากผลการวิเคราะห์แรงดึงขาดของผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าพบว่า ค่าแรงดึงขาดของเส้นพาสต้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงได้ดังตารางที่ 4.6 และเส้นพาสต้าหน่วยทดลองที่ 7 8 และ 9 มีค่าแรงดึงขาดไม่แตกต่างจากเส้นพาสต้าทางการค้า โดยเส้นพาสต้าทางการค้าและเส้นพาสต้าหน่วยทดลองที่ 7, 8 และ 9 มีค่าแรงดึงขาดดังนี้คือ 25.31, 24.27, 24.03 และ 24.14 g (force) ตามลำดับ ในขณะที่พาสต้าที่ผลิตจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 100% มีค่าแรงดึงขาดต่ำสุดเพียง 9.33 g (force) เท่านั้น

ตารางที่ 4.6 ค่าสีและค่าแรงดึงขาดของเส้นพาสต้า

เส้นพาสต้าจากหน่วยทดลองที่	ค่าสี			แรงดึงขาด (g force)
	L^*	a^*	b^*	
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 100%	37.66 ± 0.65^e	4.24 ± 0.05^{ab}	0.55 ± 0.00^f	9.33 ± 0.07^j
1	37.36 ± 0.13^e	4.32 ± 0.18^a	0.51 ± 0.05^f	13.88 ± 0.10^i
2	45.1 ± 0.86^{bc}	3.90 ± 0.03^c	2.34 ± 0.19^d	14.93 ± 0.22^g
3	44.76 ± 0.95^{cd}	3.26 ± 0.12^e	1.78 ± 0.13^e	14.27 ± 0.09^h
4	44.00 ± 0.30^{cd}	2.70 ± 0.08^{gh}	1.56 ± 0.15^e	17.08 ± 0.06^f
5	44.51 ± 1.15^{cd}	4.07 ± 0.21^{bc}	3.07 ± 0.08^c	20.40 ± 0.07^e
6	43.35 ± 0.62^d	2.5 ± 0.22^{hi}	1.46 ± 0.22^e	21.87 ± 0.09^d
7	44.1 ± 1.33^{cd}	3.62 ± 0.17^d	2.64 ± 0.24^d	24.27 ± 0.21^b
8	46.34 ± 0.93^{cd}	3.05 ± 0.11^{ef}	3.37 ± 0.44^c	24.03 ± 0.15^c
9	46.34 ± 0.44^b	2.93 ± 0.07^{fg}	5.03 ± 0.12^b	24.14 ± 0.04^{bc}
ยี่ห้อ Vermicelli	57.71 ± 0.03^a	2.30 ± 0.03^i	24.11 ± 0.44^a	25.31 ± 0.04^a

a,b,c,... หมายถึง อักษรในแนวตั้งเดียวกันที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่ 3



ตัวอย่างที่ 4

ตัวอย่างที่ 5

ตัวอย่างที่ 6



ตัวอย่างที่ 7

ตัวอย่างที่ 8

ตัวอย่างที่ 9

ภาพที่ 4.2 ลักษณะของเส้นพาสต้าที่ผลิตได้

4.5 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นพาสต้า

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นพาสต้าทั้ง 9 หน่วยทดลอง พบว่า เส้นพาสต้าที่มีปริมาณแป้งข้าวเหนียวมากจะมีปริมาณโปรตีนมากกว่าเส้นพาสต้าที่มีแป้งข้าวเหนียน้อย และเส้นพาสต้าที่ผลิตจากหน่วยทดลองที่ 9 เป็นหน่วยทดลองที่มีปริมาณโปรตีนสูงสุด คือ 14.90% โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งใกล้เคียงกับพาสต้าทางการค้า ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของเส้นพาสต้าทางการค้าประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน เส้นใยทั้งหมด เถ้า และคาร์โบไฮเดรต 17.44, 0.44, 0.09, 0.60 และ 81.43% โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (สุนทรี สุวรรณสีชนน์ และบุศราภา ลิมานนท์, 2552) แสดงได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นพาสต้า

หน่วยทดลอง	องค์ประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนักแห้ง)				
	โปรตีน	ไขมัน	เส้นใยทั้งหมด	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
1	11.67±0.03 ^f	0.03±0.01 ^{bc}	0.11±0.01 ^b	3.47±0.19 ^{cd}	84.71±0.21 ^b
2	12.05±0.36 ^e	0.02±0.01 ^c	0.09±0.01 ^c	3.79±0.03 ^{bc}	83.82±0.18 ^c
3	10.59±0.02 ^g	0.03±0.01 ^{bc}	0.05±0.01 ^e	2.91±0.18 ^e	86.42±0.17 ^a
4	11.70±0.07 ^f	0.03±0.01 ^{bc}	0.07±0.01 ^{cde}	3.21±0.14 ^{de}	84.98±0.18 ^b
5	13.09±0.13 ^d	0.05±0.01 ^a	0.07±0.01 ^{cd}	3.93±0.13 ^{bc}	82.86±0.04 ^d
6	14.11±0.01 ^b	0.04±0.01 ^b	0.08±0.01 ^c	4.04±0.32 ^b	81.74±0.32 ^e
7	14.92±0.32 ^a	0.03±0.01 ^{bc}	0.08±0.01 ^c	4.76±0.08 ^a	80.20±0.26 ^g
8	13.64±0.19 ^c	0.02±0.01 ^c	0.07±0.01 ^{cde}	3.59±0.35 ^{bcd}	82.68±0.42 ^d
9	14.89±0.03 ^a	0.01±0.01 ^d	0.08±0.01 ^c	3.80±0.52 ^{bc}	81.21±0.50 ^f

^{a,b,c,...} หมายถึง อักษรในแนวตั้งเดียวกันที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

4.6 สมบัติการต้านออกซิเดชันของเส้นพาสต้า

4.6.1 สมบัติการต้านออกซิเดชันของเส้นพาสต้า

เส้นพาสต้าที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และแป้งถั่วเขียวปริมาณสูง (หน่วยทดลองที่ 6 และ 9) จะมีความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันค่อนข้างสูง โดยสังเกตจากค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่มีค่า 23-25% ในขณะที่เส้นพาสต้าที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าทางการค้าปริมาณสูง (หน่วยทดลองที่ 3) มีความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพียง 8.66% เท่านั้น (ตารางที่ 4.8) อย่างไรก็ตามเส้นพาสต้าที่ผลิตได้มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH น้อยกว่าแป้งผสมที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ค่อนข้างมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการแปรรูปด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันเป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนประมาณ 80-100 องศาเซลเซียสเพื่อให้แป้งผสมเกิดเจลลาติไนท์เซชันอย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้แอนติออกซิแดนต์ถูกทำลายหรือมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระน้อยลง

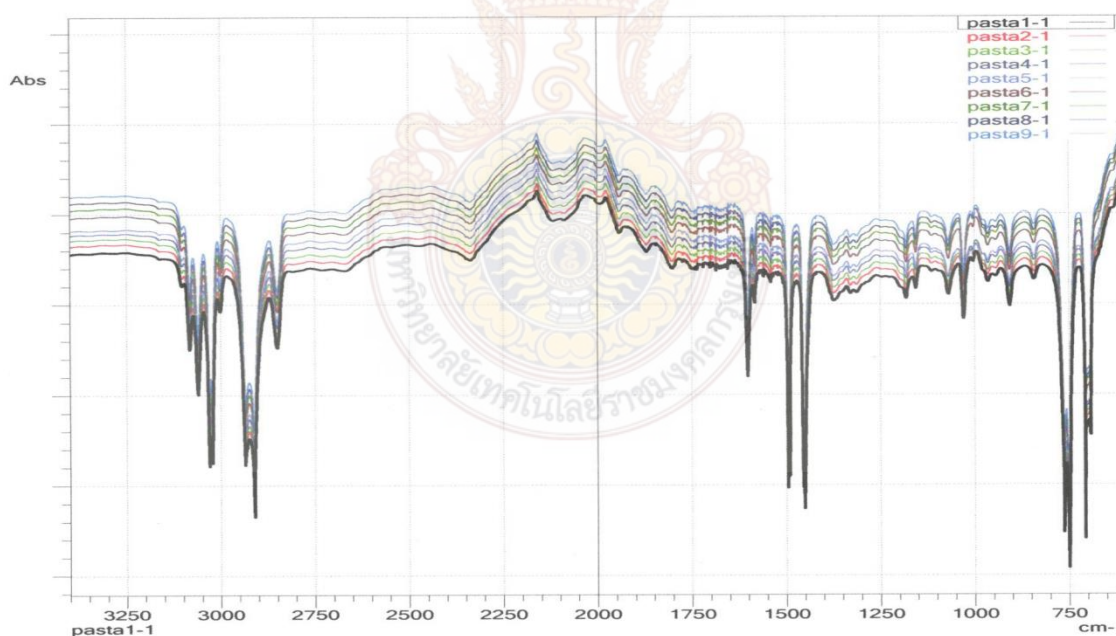
ตารางที่ 4.8 DPPH radical-scavenging activity ของเส้นพาสต้า

เส้นพาสต้าจากหน่วยทดลองที่	DPPH radical-scavenging activity (%)
1	17.63±2.75 ^b
2	12.00±0.56 ^c
3	8.66±1.40 ^c
4	19.79±0.35 ^{ab}
5	18.15±0.51 ^b
6	23.78±7.70 ^a
7	19.47±2.30 ^{ab}
8	17.79±1.22 ^b
9	25.03±2.33 ^a

^{a,b,c,...} หมายถึง อักษรในแนวตั้งเดียวกันที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.6.2 หมู่ฟังก์ชันของสารที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน

จากการวิเคราะห์เส้นพาสต้าซึ่งผลิตจากแป้งผสมทั้ง 9 หน่วยการทดลอง พบว่า เส้นพาสต้าทุกตัวอย่างพบว่ามีรูปแบบของกราฟ FTIR ที่เหมือนกัน คือมี (1) หมู่ ketones ($\text{C}=\text{O}$) ที่สร้างพันธะกับสารประกอบฟีนอลิกที่ $1700\text{-}1680\text{ cm}^{-1}$ (2) หมู่ ketones ของสายโซ่เปิด (unsaturated open chain) ที่ $1725\text{-}1705\text{ cm}^{-1}$ (3) หมู่ ether (C-O-C) ที่สร้างพันธะกับสารประกอบฟีนอลิกที่ $1310\text{-}1210$, $1050\text{-}1010$ และ $850\text{-}810\text{ cm}^{-1}$ (3) หมู่ carboxylic acids (C-C-COOH) ของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่เป็นกรด (Carbo-acids) ที่ $3100\text{-}2900$ (O-H), $1725\text{-}1700$ ($\text{C}=\text{O}$), $1440\text{-}1395$ (O-H), $1320\text{-}1211$ (C-O) และ $960\text{-}875\text{ cm}^{-1}$ (O-H) และ (4) หมู่ alcohols (-OH) ที่สร้างพันธะกับสารประกอบฟีนอลิกที่ $3350\text{-}3200$ (OH), $1390\text{-}1330$ (OH) และ $1260\text{-}1180$ (C-O) cm^{-1} (ภาพที่ 4.1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเส้นพาสต้าที่ผลิตจากแป้งผสมทั้ง 9 หน่วยการทดลองยังคงมีสารประกอบฟีนอลิกซึ่งความสามารถในการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันได้



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงหมู่ฟังก์ชันของสารที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันของเส้นพาสต้าที่วัดด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)

4.7 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นพาสต้า

ผลจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเส้นพาสต้าทั้ง 9 หน่วยการทดลอง เปรียบเทียบกับเส้นพาสต้าที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าทางการค้าในด้านต่างๆ พบว่า ผู้บริโภคยอมรับพาสต้าที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าทางการค้ามากที่สุดในทุกๆ ด้านโดยมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับขอบปานกลาง (6.90 คะแนน) ในขณะที่พาสต้าที่ผลิตจากแป้งผสมหน่วยทดลองที่ 1 3 4 5 8 และ 9 ได้รับคะแนนการยอมรับรวมจากผู้บริโภคครองลงมา อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบพาสต้าที่ผลิตจากแป้งผสม พบว่า พาสต้าที่ผลิตจากแป้งผสมหน่วยทดลองที่ 3 5 และ 9 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมมากที่สุด

ตารางที่ 4.9 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นพาสต้า

ตัวอย่างเส้นพาสต้า	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	5.70±1.78 ^c	5.95±1.73 ^a	6.00±1.56 ^a	5.30±1.81 ^{ab}	4.85±1.95 ^b	5.30±1.84 ^{bc}
2	5.20±2.04 ^c	5.15±1.72 ^a	5.40±1.70 ^a	4.45±2.16 ^{bc}	4.55±2.25 ^b	4.45±1.82 ^{bc}
3	5.70±1.56 ^c	5.85±1.75 ^a	5.50±1.32 ^a	5.50±1.43 ^{ab}	5.40±1.78 ^b	5.50±1.60 ^b
4	5.55±1.61 ^c	5.50±1.96 ^a	5.25±1.68 ^a	5.00±2.07 ^{ab}	4.90±2.22 ^b	5.30±2.08 ^{bc}
5	5.40±1.01 ^c	5.60±1.53 ^a	5.35±1.46 ^a	5.40±1.31 ^{ab}	5.20±1.70 ^b	5.50±1.43 ^b
6	5.00±1.37 ^c	5.25±1.29 ^a	5.35±1.60 ^a	3.55±1.57 ^c	3.30±1.86 ^c	4.25±1.65 ^c
7	5.00±1.71 ^c	5.60±1.67 ^a	5.30±1.62 ^a	4.55±1.47 ^{bc}	4.20±1.40 ^{bc}	4.80±1.47 ^{bc}
8	5.95±1.57 ^{ab}	6.25±1.77 ^a	5.70±1.83 ^a	4.35±1.93 ^{bc}	4.55±2.04 ^b	5.10±1.71 ^{bc}
9	6.00±1.12 ^{ab}	6.10±1.11 ^a	5.20±0.95 ^a	5.05±1.39 ^{ab}	5.35±1.56 ^b	5.50±1.23 ^b
แป้งข้าวเจ้าทางการค้า	6.90±1.12 ^a	6.40±2.23 ^a	5.85±1.34 ^a	6.15±1.66 ^a	6.95±1.19 ^a	6.90±1.33 ^a

^{a,b,c,...} หมายถึง อักษรในแนวตั้งเดียวกันที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้าและแป้งถั่วเขียว สำหรับผลิตเส้นพาสต้าโดยใช้ mixture design พบว่า อัตราส่วนที่มีความเหมาะสมที่สามารถนำมาผลิตเป็นเส้นพาสต้าคือหน่วยทดลองที่ 9 (แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 25% แป้งข้าวเจ้า 37.5% และแป้งถั่วเขียว 37.5%) ซึ่งค่าสีของพาสต้าดังกล่าวที่มีสีม่วงอมเขียวแตกต่างจากผลิตภัณฑ์พาสต้าตามท้องตลาดทั่วไป และมีค่าความสว่างต่ำกว่าพาสต้าทางการค้า อย่างไรก็ตามแรงดึงขาดของผลิตภัณฑ์พาสต้าหน่วยทดลองที่ 9 มีค่าแรงดึงขาด 24.14 g (force) ที่ดีที่สุดและใกล้เคียงกับพาสต้าทางการค้า ยี่ห้อยี่ห้อVermicelliโดยมีค่าแรงดึงขาด 25.31 g (force) และมีคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ค่อนข้างมาก โดยพบว่า Pasting Temperature ที่เหมาะสมของเจลแป้งของหน่วยทดลองที่ 9 คือ 78-80°C และองค์ประกอบทางเคมีของพาสต้าทั้ง 9 หน่วยทดลองมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าพาสต้าทางการค้า



บรรณานุกรม

AOAC. 2006. Cereal Foods. In W. Horwitz (ed.), **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18th edition. Gaithersburg: AOAC International. pp. 1-61.

Cochran, W. G. and Cox, G. M. 1992. *Experimental Designs*. 2nd edition. New York: John Wiley and Sons. 611 p.

Wu, S. J. and Ng, L. T. 2008. Antioxidant and free radical scavenging activities of wild bitter melon (*Momordica charantia* Linn. var. *abbreviata* Ser.) in Taiwan. **LWT - Food Science and Technology**. 41(2): 323-330.

งามชื่น คงเสรี. 2540. การทำผลิตภัณฑ์ข้าว. **วารสารจารย์พา**. 39: 25.

จิตรรัตน์ ดาผดุงวิรุฬห์พร. 2552. เส้นพาสต้า. สืบค้นจาก [ออนไลน์].

<http://www.foodietaste.com> (วันที่สืบค้น 1 พฤศจิกายน 2557)

ฉัตรบวร ศุภกรช่วงศ์. 2548. การศึกษาทัศนคติและความเชื่อเกี่ยวกับข้าวเปรียบเทียบกับมันฝรั่ง และพาสต้าในผู้บริโภคชาวอังกฤษ ฝรั่งเศส เบลเยียม และเนเธอร์แลนด์. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เดชา ศิริภัทร. 2540. ถั่วเขียวคุณค่าสีเขียวยจากธรรมชาติ. **หมอบ้าน**. 19: 53-54.

วาริน แสงกิตติโกมล. 2543. ปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระในผักผลไม้และสมุนไพร. **วารสารสหเวชศาสตร์**. 1: 11-18.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ

ภาคผนวก



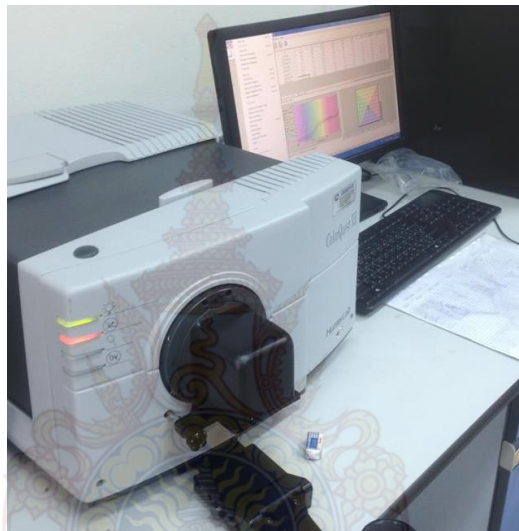
ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

ภาคผนวก ก.1

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1. การใช้เครื่องวัดสีพร้อมโปรแกรม



ภาคผนวกที่ ก.1.1 เครื่องวัดสี (Hunter Lab รุ่น Color Quest XE)

1.1 เปิดเครื่องวัดสี พร้อมทั้งเปิดคอมพิวเตอร์ที่หน้าจอ windows เลือก Double Click ที่ Icon EasyMatchQC

1.2 ที่หน้าจอของโปรแกรม EasyMatchQC เข้า Menu Sensor แล้วเลือก Set Modes ทำการเลือก Mode ที่จะใช้งานแล้วกด Click ที่ Standardize

1.3 การทำ Standardize ใน Mode RSIN และ RSEX (วัดตัวอย่างใน Mode Transmission)

1.3.1 เมื่อเลือก Mode Type RSIN, RSEX พร้อม Set ค่าอย่างอื่นตามต้องการแล้วกด Standardize

1.3.2 โปรแกรมจะถามหา Light Trap ให้วาง Light Trap ที่ Reflectance Port กด

Next

1.3.3 โปรแกรมจะถามหาแผ่น White tile ให้วางแผ่น White tile ที่ Reflectance Port กด Next

1.4 การทำ Standardize ใน Mode TTRAN, RTRAN

1.4.1 เลือก Mode Type TTRAN, RTRAN กด Standardize

1.4.2 TTRAN โปรแกรมจะถามหา Black card ให้วาง Black card ปิด Transmission Port ด้านที่ติดกับ Sphere กด Next

1.4.3 RTRAN โปรแกรมจะถามหา Black card ให้วาง Black card ปิด Transmission Port ด้านที่ติดกับ Len กด Next

1.4.4 ให้เอา Black card ออกจาก Transmission Port

1.4.5 TTRAN วาง Cell Blank ที่ Transmission Port ด้านที่ติดกับ Sphere ปิดฝา วาง White tile ปิดที่ Reflectance Port กด Next

1.4.6 RTRAN วาง Cell Blank ที่ Transmission Port ด้านที่ติดกับ Len ปิดฝา วาง White tile ปิดที่ Reflectance Port กด Next

1.4.7 เสร็จสิ้นขั้นตอนการทำ Standardize กด Finish แล้วกด OK พร้อมสำหรับวัด ตัวอย่างในส่วนของการ Transmission

1.5 ทำการกำหนด JOB โดยเข้า Menu File เลือก JOB โดยถ้า JOB ใหม่กด New Job, JOB เก่ากด Open Job

1.6 การวัดตัวอย่างที่เป็น Standard เลือกกดที่ ICON ที่ Toolbar หรือกด F2

1.7 การวัดตัวอย่างที่เป็น Sample เลือกกดที่ ICON ที่ Toolbar หรือกด F3

1.8 หน้าจอหลักที่ใช้ดูค่า Scale สี คือ หน้าจอ Color Data Table

2. วิธีใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser)



ภาพภาคผนวกที่ ก.1.2 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyser)

2.1 เริ่มทำงาน

2.1.1 เปิดคอมพิวเตอร์และเครื่อง Texture analyzer

2.1.2 คลิกที่ Start → Program → Texture Expert →

Texture Expert U.S. English จะปรากฏหน้าต่าง User selection คลิก OK

2.1.3 จากนั้นไปที่ไฟล์ เลือก New Project จะปรากฏหน้าต่างของ Project (ถ้าใช้เป็นครั้งแรก) หรือถ้าไม่ต้องการจะตั้ง Project เลือก Restart จะปรากฏหน้าต่างของกราฟ

2.1.4 กรณีมีข้อมูลแล้ว ให้คลิกที่ Open icon จะปรากฏหน้าต่างของ Open ให้เลือก ชื่อไฟล์ตามต้องการ โดยเปลี่ยนชนิดของไฟล์ได้ที่ List Files of Type โดย *.ART คือไฟล์ที่เป็นกราฟ *.RES คือไฟล์ที่เป็นตารางข้อมูล *.PRJ คือไฟล์ที่เป็น Project Document *.MAC คือ ไฟล์ที่เป็น Macro และ *.LIS คือไฟล์ที่เป็นข้อมูลดิบ

2.2 การปรับเทียบ (calibration)

2.2.1 จะต้องทำการ calibration Force ทุกครั้งที่ทำการทดสอบ โดยไปที่ T.A. บน Menu bar เลือก Calibration Force จะปรากฏหน้าต่างของ Force calibration ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีหัววัดติดอยู่ที่ Calibration platform จากนั้นให้คลิก OK

2.2.2 เมื่อปฏิบัติตามข้อ 2.2.1 แล้วจะปรากฏหน้าต่างใหม่ของ Force calibration ต่อไปให้วางตุ้มน้ำหนัก 2 กิโลกรัม บน calibration platform จากนั้นให้คลิก OK

2.2.3 เมื่อปรากฏข้อความว่า “Calibration Successful” ให้ยกตุ้มน้ำหนักลง แล้วคลิก OK

2.3 การทำ T.A. Setting

2.3.1 ไปที่ T.A. เลือก T.A. Setting (หรือ F4) จะปรากฏหน้าต่างของ Texture Analyzer Setting ตั้งค่าพารามิเตอร์ โดยค่าพารามิเตอร์สำหรับวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์แป้งทำเส้นพาสต้ามีดังนี้

ค่าความแน่นเนื้อเส้นพาสต้า

Accessory: P/35

Mode: Measure force in Compression

Option: Return To Start

Pre-Test Speed: 1.0 mm/s

Test speed : 1.7 mm/s

Post – test speed: 10.0 mm/s

Strain:60 %

Trigger Type: Auto-5g

Data Acquisition Rate: 200 pps

ค่าแรงดัดแป่งทำเส้นพาสต้า

Accessory: A/LKB

Mode: Measure force in Compression

Option: Return To Start

Pre-Test Speed: 1.0 mm/s

Test speed: 1.0 mm/s

Post - test speed: 10.0 mm/s

Strain: 40 mm

Trigger Type: Auto-5g

Data Acquisition Rate: 200 pps

2.3.2 ถ้าต้องการบันทึกข้อมูลไว้ให้คลิก Saveกรณีจะเรียกข้อมูลที่มีอยู่เดิมให้คลิก Load

2.3.3 เมื่อต้องการทำขั้นตอนต่อไปให้คลิก Update

2.4 การทำ Run a Test

2.4.1 เมื่อวางตัวอย่างบนแท่นทดสอบหรือหัววัดชุดล่างเรียบร้อยแล้ว ให้เลือก T.A. บน Menu bar เลือก Run a Test (หรือ F2) จะปรากฏหน้าต่างของ Run a Test พารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีความหมายดังนี้

Auto Save: บันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติตาม drive หรือ path ที่ตั้งไว้

Field Id: ตั้งชื่อไฟล์สำหรับกราฟแสดงผล (5 ตัวอักษร)

Field No: ตั้งหมายเลขไฟล์ (จำเป็นในครั้งแรกเพราะจะเพิ่มขึ้นเองโดยอัตโนมัติ หลังจากทีแต่ละไฟล์ ถูกบันทึก)

Drive: ตำแหน่งที่จะให้บันทึกข้อมูลไว้

Title : ตั้งชื่อกราฟแสดงผล

Note: บันทึกรายละเอียดของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

Probe and Product Data: เลือกชนิดของ Probe ให้ตรงกับที่นำมาใช้

Configure: ใส่ Product dimension

DeayStart: เมื่อต้องการเลื่อนเวลาในการเริ่มการวัดออกไป

Clear previous Graph: เมื่อต้องการให้ทดสอบแต่ละครั้งปรากฏกราฟเพียงอย่างเส้นเดียว (เป็นการลบ ARC file เดิมออก เพื่อให้ ARC file ใหม่เข้าแทนที่)

PPS: อัตราเร็วในการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปใช้ 200 PPS

2.4.2 เมื่อตั้งค่าต่างๆ เรียบร้อยแล้วให้คลิก OK เครื่องจะเริ่มทำการทดสอบพร้อมกับปรากฏเส้นกราฟบนหน้าต่างกราฟ ส่วนการทดสอบขั้นต่อไป ให้เลือกต่อไป ให้เลือก T.A. บน Menu bar เลือก Quick Test Run (หรือกดแป้น Ctrl + Q)

ภาคผนวก ก.2

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

1) การวิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 2000)



ภาพภาคผนวก ก.2.1 ตู้อบไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิ

วิธีการวิเคราะห์

1. อบจานอลูมิเนียมที่อุณหภูมิ $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$ นาน 30 นาที ทำให้เย็นใน desicator และนำมาชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2-3 กรัม (ละเอียดถึง 0.0001 กรัม) ใส่ในจานอลูมิเนียมที่อบแห้งและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว บันทึกน้ำหนัก
3. อบจานอลูมิเนียมพร้อมตัวอย่างในตู้อบใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบและปิดจานอลูมิเนียม ทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator และชั่งน้ำหนัก
5. นำเข้าอบต่ออีกครั้งละ 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักที่คงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.0002 กรัม)

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%โดยน้ำหนัก)} = \frac{(W_2 - W_3) \times 100}{(W_2 - W_1)}$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักของจานอลูมิเนียม เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของจานอลูมิเนียมและตัวอย่าง ก่อนอบ เป็นกรัม

W_3 = น้ำหนักของจานอลูมิเนียมและตัวอย่าง หลังอบ เป็นกรัม

2) การวิเคราะห์เถ้า (AOAC, 2000)



ภาพภาคผนวก ก.2.2 เตาเผาไฟฟ้า

วิธีวิเคราะห์

1. อบถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105°C นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น 30 นาที ชั่งน้ำหนัก ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 1 กรัม
2. นำไปเผาด้วยไฟอ่อนๆ บนเตาเผาไฟฟ้า โดยเพิ่มความร้อนขึ้นทีละน้อย จนตัวอย่างไหม้เกรียมและเผาต่อจนหมดควัน
3. นำไปเผาคือในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550°C จนได้เถ้าสีขาว (ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง) ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที ชั่งน้ำหนัก

วิธีการคำนวณ

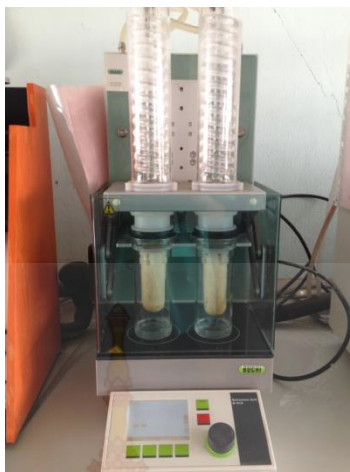
$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมด (\%)} = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง เป็นกรัม

W_1 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างและถ้วยกระเบื้องเคลือบ เป็นกรัม

3) การวิเคราะห์ไขมัน (AOAC, 2000)



ภาพภาคผนวก ก.2.3 เครื่องสกัดไขมัน

วิธีวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องน้ำหล่อเย็น หรือก๊อกน้ำ
2. ชั่งน้ำหนักปีกเกอร์แห้ง และตัวอย่างลงในกระดาศกรองและใส่ลงในทิมเบล(thimble)ทำการบันทึกน้ำหนักคงที่ (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
3. วางทิมเบลลงในแชมเบอร์ (extraction chamber)
4. ปรับระดับ optical sensor ให้อยู่เหนือตัวอย่างประมาณ 1 เซนติเมตร
5. วางปีกเกอร์จากข้อ 2 ที่ตำแหน่งบนแผ่นให้ความร้อนด้านล่าง
6. เลื่อน rack ลงมาโดยกดปุ่ม Down จากหน้าจอ
7. เลื่อนตำแหน่งของตัวอย่างที่ทำการทดสอบ ไปที่ Occupied Position แล้วเลือกคำสั่ง Yes
8. เลือกโปรแกรมในการทดสอบไปที่ File
9. เติมสารละลายปิโตรเลียมอีเทอร์จากด้านบนของคอนเดนเซอร์ หรือในปีกเกอร์
10. กดปุ่ม Start เริ่มการทำงาน เครื่องทำงานโดยอัตโนมัติทั้ง 3 ขั้นตอน (การสกัด, การชะล้าง, และการทำแห้ง)
11. เมื่อเสร็จการทำงาน นำปีกเกอร์อบแห้งจนน้ำหนักคงที่ ทำการคำนวณปริมาณไขมัน
12. เมื่อทำงานครั้งต่อไป สามารถทำงานได้ทันทีโดยทำซ้ำจากข้อ 2 จากนั้นกดปุ่ม START

วิธีการคำนวณ

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

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง เป็นกรัม

W_1 = น้ำหนัก ขวดแก้ว เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างและขวดแก้ว เป็นกรัม

4) การวิเคราะห์โปรตีน (AOAC, 2000)



ภาพภาคผนวก ก.2.4 เครื่องย่อยโปรตีนและเครื่องกลั่นโปรตีน

วิธีวิเคราะห์

- การย่อยโปรตีน (K-424, Buchi(Thailand))
- 1. เปิดสวิตช์ด้านหลังเครื่อง และเริ่มวอร์มเครื่องโดยปรับปุ่มให้ความร้อนทั้ง 2 ด้าน ที่ตำแหน่ง 10 นานประมาณ 5 นาที
- 2. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดใส่ลงในหลอดย่อยที่วางบนตะแกรง (rack)
- 3. เติมน้ำเกลือที่ผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟตกับโพแทสเซียมซัลเฟต (อัตราส่วน 0.5 ต่อ 10 ตามลำดับ)ลงในหลอดย่อยประมาณ 10-15 กรัม
- 4. เติมน้ำกรดซัลฟิวริกเข้มข้นประมาณ 20 มิลลิลิตร (ต่อตัวอย่าง 1 กรัม)
- 5. ปรับปุ่มให้ความร้อนที่ตำแหน่ง 8 และวางชุดรวบรวมกรด (suction) ด้านบนของหลอดย่อย ต่อสายของชุดรวบรวมกรดไปยังเครื่องดักจับไอกรด
- 6. เปิดเครื่องดักจับไอกรดหรือ water jet pump ก่อนทำการย่อย

7. วางตะแกรงที่มีตัวอย่างที่เตรียมไว้ลงในหลุมย่อย
8. ทำการย่อยจนกระทั่งตัวอย่างสีเขียวหรือฟ้าใส
9. เมื่อตัวอย่างใส ให้ยกตะแกรงแขวนไว้ที่ด้านข้างเครื่อง เพื่อพักหลอดให้เย็นและดักจับไอกรด
10. เมื่อไอกรดหมด ปิดสวิตช์เครื่องดักจับไอกรด
11. เมื่อหลอดย่อยเย็นที่อุณหภูมิห้อง ให้นำไปกลั่นที่เครื่องกลั่นต่อไป

● การกลั่น(K-350, Buchi(Thailand))

1. เปิดสวิตช์ด้านหลังเครื่อง เครื่องทำการวอร์มโดยอัตโนมัติ
2. เติมน้ำกลั่นปริมาณ 50 มิลลิลิตรลงในหลอดย่อย (มีตัวอย่างที่ผ่านเครื่องย่อย)และใส่ในเครื่องด้านซ้ายมือ
3. เติมกรดบอริก 4% ลงในฟลาสขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาณ 60 มิลลิลิตรและวางบนที่รองรับด้านขวามือ
4. กดปุ่ม REAGENT ค้างไว้เพื่อเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในหลอดย่อย โดยดูจากขีดบอกระดับด้านหลังหลอดย่อย (บนเครื่องกลั่น)
5. กดปุ่ม TIME เพื่อตั้งค่าระยะเวลาการกลั่น (นาที) โดยการกดปุ่มขึ้น ลง ปกติตั้งค่า 4 นาที
6. กดปุ่ม START เพื่อเริ่มทำงาน
7. เมื่อเครื่องทำการกลั่นเสร็จจะมีเสียงร้องเตือน จากนั้นนำตัวอย่างในฟลาสก์ไปไตเตรตต่อไป
8. หลังจากทำงานเสร็จควรทำการ Cleaning โดยใส่น้ำลงไปในหลอดย่อยประมาณ 300 ml แล้วกด Start

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (\%)} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 1.4007}{W}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (\%)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน} \times 6.25$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง เป็นกรัม

N = ความเข้มข้นของกรดเป็นนอร์มอล

V_1 = ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

V_2 = ปริมาตรกรดที่ใช้ไตเตรต Blank

5) การวิเคราะห์เส้นใยหยาบ (crude fiber) (AOAC, 2000)



ภาพภาคผนวก ข.2.5 เครื่องวิเคราะห์เส้นใยหยาบ

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันมาแล้วประมาณ 1 กรัม (W_1) ใส่ลงใน Filter crucible
2. นำ Filter crucible พร้อมตัวอย่างที่สกัดไขมันแล้วเข้าเครื่อง Fibertec hot extractor ละเปิดสวิตช์
3. ทำการย่อยตัวอย่างโดยการเติมสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 1.25% W/V จำนวน 150 มิลลิลิตร โดยเติม n-Octanol 2-3 หยดเพื่อป้องกันการเกิดฟอง ปรับความร้อนให้สม่ำเสมอ ตั้งเวลาย่อย 30 นาที
4. กรองและล้างตะกอนให้สะอาดโดยใช้น้ำร้อนประมาณ 3 ครั้ง
5. ทำการย่อยตัวอย่างโดยการเติมสารละลาย NaOH เข้มข้น 1.25% W/V จำนวน 150 มิลลิลิตร ปรับความร้อนให้เดือดสม่ำเสมอ ตั้งเวลาย่อย 30 นาที
6. กรองและล้างตะกอนให้สะอาดโดยใช้น้ำร้อนล้างประมาณ 3 ครั้ง
7. นำ Filter crucible พร้อมตะกอนเข้าเครื่อง Fibertec cool extractor เพื่อล้างตะกอนด้วย Acetone 1-2 ครั้ง
8. นำ Filter crucible พร้อมตะกอนไปอบที่อุณหภูมิ $105^\circ C$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
9. ทำให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่ง Filter crucible พร้อมตะกอน บันทึกน้ำหนัก (W_2)
10. นำ Filter crucible พร้อมตะกอนไปเผาที่อุณหภูมิ $500^\circ C$ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
11. ทำให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่ง Filter crucible พร้อมเถ้าที่เหลือ บันทึกน้ำหนัก (W_3)

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณเส้นใยหยาบทั้งหมด (\%)} = \frac{W_4 \times (100 \% \text{ ความชื้น} - \% \text{ไขมัน}) \times 100}{W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง เป็นกรัม

W_1 = น้ำหนักถ้วย

W_2 = น้ำหนัก Filter crucible และตะกอน (หลังอบ)

W_3 = น้ำหนัก Filter crucible และเถ้า (หลังเผา)

W_4 = ปริมาณกาก

6) การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต (โดยการคำนวณ)

$$\text{คาร์โบไฮเดรต (\%)} = 100 - (\% \text{ ความชื้น} + \% \text{ โปรตีน} + \% \text{ ไขมัน} + \% \text{ กาก})$$



ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์สมบัติการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity

เครื่องมือและอุปกรณ์

- vortex mixer
- spectrophotometer

สารเคมี

- 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)
- เอทานอล 95 %

การวิเคราะห์สมบัติต้านออกซิเดชันดังกล่าวนี้ดัดแปลงจากวิธีของ Xie และคณะ (2008)

ดังนี้คือ

ปิเปตสารละลายสารละลายตัวอย่างปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) เข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วย vortex หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ทดลอง 3 ซ้ำ และคำนวณ % scavenging activity หรือ % inhibition ตามสมการ ดังนี้

$$\text{Scavenging activity or inhibition} = \left(1 - \frac{A_{517\text{sample}}}{A_{517\text{control}}} \right) \times 100 (\%)$$

เมื่อ	$A_{517\text{ control}}$	คือ	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายควบคุมซึ่งใช้น้ำกลั่นในปริมาตรเท่ากันแทนที่ตัวอย่าง
	$A_{517\text{ sample}}$	คือ	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ค-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L^* ของเส้นพาสต้าที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้าและแป้งถั่วเขียว

Source	df	SS	MS	F	P _{0.05}
Treatment	9	254.773	28.308	41.780	0.000*
Error	20	13.551	0.678		
Total	29	268.324			

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ค-2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a^* ของเส้นพาสต้าที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้าและแป้งถั่วเขียว

Source	df	SS	MS	F	P _{0.05}
Treatment	9	11.789	1.310	62.706	0.000*
Error	20	0.418	0.021		
Total	29	12.207			

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ค-3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า b^* ของเส้นพาสต้าที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้าและแป้งถั่วเขียว

Source	df	SS	MS	F	P _{0.05}
Treatment	9	51.132	5.681	138.490	0.000*
Error	20	0.820	0.41		
Total	29	51.952			

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ค-4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแรงดึงขาดของเส้นพาสต้าที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวไรซ์-เบอรี่ แป้งข้าวเจ้าทางการค้าและแป้งถั่วเขียว

Source	df	SS	MS	F	P _{0.05}
Treatment	10	874.648	87.465	5.726	0.000*
Error	22	.336	0.015		
Total	32	874.984			

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ค-5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นจากวัตถุดิบ

Source	df	SS	MS	F	P _{0.05}
Treatment	2	3.136	1.568	1.366	0.000*
Error	6	.007	0.001		
Total	8	3.143			

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ค-6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนไขมันจากวัตถุดิบ

Source	df	SS	MS	F	P _{0.05}
Treatment	2	1.397	0.699	6.987	0.000*
Error	6	.001	0.000		
Total	8	1.398			

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ค-7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนโปรตีนจากวัตถุดิบ

Source	df	SS	MS	F	P _{0.05}
Treatment	2	428.094	214.047	1.376	0.000*
Error	6	0.001	0.000		
Total	8	428.095			

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ค-8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเส้นใยจากวัถุดิบ

Source	df	SS	MS	F	P _{0.05}
Treatment	2	27.704	13.852	2.078	0.000*
Error	6	0.00	0.000		
Total	8	27.705			

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ค-9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเถ้าจากวัถุดิบ

Source	df	SS	MS	F	P _{0.05}
Treatment	2	38.881	19.441	1.59	0.000*
Error	6	.001	0.000		
Total	8	38.882			

* หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ค-10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคาร์โบไฮเดรตจากวัถุดิบ

Source	df	SS	MS	F	P _{0.05}
Treatment	2	874.651	437.326	2.187	0.000*
Error	6	0.012	0.000		
Total	8	874.663			

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ : นางอาภัสรา แสงนาค
2. ตำแหน่งปัจจุบัน : ผู้ช่วยศาสตราจารย์
3. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ 149 ถ.เจริญกรุง แขวง
ยานนาวา เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120 โทร 02-2879600 ต่อ 7239 โทรสาร 02-2112040
e-mail: arpathsra.s@rmutk.ac.th
4. ประวัติการศึกษา

ปีจบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2532	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	วท.บ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย
2535	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต	วท.ม	เทคโนโลยีทางอาหาร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2545	Doctor of Technical Science	D.Tech. Sci.	Post-Harvest and Food Process Engineering	สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย	ไทย

5. ผลงานวิจัย

1. อรุณี ตรีศิริโรจน์ กุลยา ลีมรุ่งเรืองรัตน์ และอาภัสรา แสงนาค. 2541. การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรเป็นแหล่งเส้นใยอาหารที่ใช้ในข้าวเกรียบกุ้ง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 6 (2): 29-36.
2. ศุภกิจ อินพุ่ม เต็มศักดิ์ ส่งวัฒนา และอาภัสรา แสงนาค. 2547. การผลิตแครอทผงโดยการทำแห้งด้วยวิธีทำให้เกิดฟอง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 9 (1-2): 65-72.
3. มุกดา เจริญสินทรัพย์, กุลยา ลีมรุ่งเรืองรัตน์, พัลลภ มนเดชา และอาภัสรา แสงนาค. 2548. ผลของขนาดอนุภาคต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของเซลล์ลูโลสผงจากฟางข้าว.วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 8(1): 47-59.

4. ดารารัตน์ นาคละอ, **อาภัสรา แสงนาค** และกุลยา ลี้มรุ่งเรืองรัตน์. 2548. การใช้สแตร์ช เมล็ดขนุนในการผลิตชาหริ่มกิ่งสำเร็จรูป. เทคโนโลยีอาหารก้าวไกลนำไทยสู่ครัวโลก. การประชุมวิชาการ อุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 7. ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร.

5. นิภาพร แสงจู ชูลีพร พุฒนวล วนิดา พงษ์ศักดิ์ชาติ กุลยา ลี้มรุ่งเรืองรัตน์ และ**อาภัสรา แสงนาค**. 2551. การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากฟางข้าวเพื่อลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ ปาท่องโก๋. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 31(3): 513-521

6. นิภาพร แสงจู ชูลีพร พุฒนวล วนิดา พงษ์ศักดิ์ชาติ กุลยา ลี้มรุ่งเรืองรัตน์ และ**อาภัสรา แสงนาค**. 2551. วิธีการและภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากฟางข้าว. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 31(4): 797-809.

7. นิลเนตร ปุณณะวรกุล และ **อาภัสรา แสงนาค**. 2552. การผลิตและการเสริมเซลลูโลสผงจากกากอ้อยในขนมปุยฝ้าย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.40 (1, พิเศษ): 417-420.

8. นนทพรณ วิเศษจนา **อาภัสรา แสงนาค** และ เกียรติศักดิ์ ดวงมัลย์. 2552. ผลของชนิดและปริมาณน้ำตาลต่อสมบัติการเกิดโฟมของไข่ขาวพลาสเจอร์ไรซ์. การประชุมผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 18 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร.

9. ดารารัตน์ นาคละอ อาภัสรา แสงนาค และกุลยา ลี้มรุ่งเรืองรัตน์. 2554. การปรับปรุงคุณภาพของแป้งเมล็ดขนุนโดยวิธีพรีเจลาไทน์. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 16 (1): 12-21.

10. จรียา สุขสวัสดิ์, จุติมา คล้ายจันทร์, ยุวรินทร์ สุทธิพงศ์พาณิชย์, อรวรรณ ทองเรือง และ **อาภัสรา แสงนาค**. 2554. ผลของรีซิสแทนต์สตาร์ช ซูโครสเอสเทอร์ และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสต่อคุณภาพของโดและขนมปัง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.42 (2, พิเศษ): 409-412.

11. พรทิพา สິงาม, และ **อาภัสรา แสงนาค**. 2555. การผลิตและการเสริมเซลลูโลสผงจากซังข้าวโพดเพื่อลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋. เรื่องเติมการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50. เล่มที่ 5 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

12. **อาภัสรา แสงนาค**, ดาริกา นิมอนงค์, วรณิดา ตั้งศิริทรัพย์, วิจิตรา หนูเผือก และศิรินทร หมั่นศรี. 2557. ผลของน้ำตาลและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ใช้ในการเตรียมน้ำเชื่อมต่อคุณภาพของฟอยทอง. เรื่องเติมเอกสารประกอบการประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย (เครือข่ายวิจัย สร้างความรู้สู่อาเซียน) ครั้งที่ 10. วันที่ 22 - 23 กรกฎาคม 2557. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

13. Sucharoensakkul. A., Jantawat P. and Sanguandeekul R. 1991. Studying on optimum condition for hydrolysis of protein in Tuna-precooking water by enzyme and hydrochloric acid. 17th Congress on Science and Technology of Thailand 24-26 October, 1991.

14. Sanguandeeikul, R., Jantawat, P. and **Sukcharoensakkul, A.** 1992. Production of protein hydrolysate as food flavor from tuna-precooking water. *Microbial Utilization of Renewable Resource* 8: 307-317.
15. **Sangnark, A.**, and Pathamavanitcha. V. 1995. Improvement of dietary fiber properties from bagasse. 21st Congress on Science and Technology of Thailand 25-27 October, 1995.
16. **Sangnark, A.**, and Noomhorm, A. 2003. Effect of particle sizes on in-vitro calcium and magnesium binding capacity of prepared dietary fibers. *Food Research International* 36: 91-96.
17. **Sangnark, A.**, and Noomhorm A. 2003. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse. *Food chemistry* 80: 221-229.
18. **Sangnark, A.**, and Noomhorm, A. 2004. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. *Food Research International* 37: 66-74.
19. **Sangnark, A.**, and Noomhorm, A. 2004. Effect of dietary fiber from sugarcane bagasse and sucrose ester on dough and bread properties. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*. 37: 697-704.
20. Chokchai Ton, Limroongreungrat, K. and **Sangnark, A.** 2005. Functional properties of cellulose powder prepared from rice straw. *Journal of the Science Technology and Humanities*. 3(1): 1-12.
21. Ponkham, W., Limroongreungrat, K., and **Sangnark, A.** 2010. Extraction of collagen from hen eggshell membrane by using organic acids. *International Conference on Agriculture and Agro- Industry 2010 "Food, Health and Trade"*. Mae Fah Luang University, Thailand, November 19-20, 2010.
22. Suksomboon, A., Limroongreungrat, K., **Sangnark, A.**, Thititumjariya, K. , and Noomhorm, A. 2011. Effect of conditions on the physicochemical properties of a snack made from purple rice (Hom Nil) and soybean flour blend. *International Journal of Food Science & Technology*. 46: 201-208.
23. Bungthong, C., **Sangnark, A.**, Limroongreungrat, K., Yuengongopttakal, V. 2011. Effect of wheat gluten and water on Homnil-rice bread qualities. The 12th Asean Food Conference. BITEC Bangna Thailand, June 16-18, 2011. (abstract)

24. Ponkham, W., Limroongreungrat, K., and **Sangnark, A.** 2011. Extraction of Collagen from Hen Eggshell Membrane by Using Organic Acids. **Thai Journal of Agricultural Science.** 44 (5, Special Issue): 354- 360.
25. Bungthong, C., Limroongreungrat, K., Yuenyongputtakal, W. and **Sangnark, A.** 2014. Effect of wheat gluten additions on Hom-Nil rice dough and bread qualities. The 6th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being. Apsara Angkor Resort & Conference, Siem Reap, Kingdom of Cambodia, August 28-30, 2014. (abstract)
26. Narklaor, D., **Sangnark, A.** and Limroongreungrat, K. 2014. Formulation of jackfruit seed flour based snack chips using mixture design. The 6th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being. Apsara Angkor Resort & Conference, Siem Reap, Kingdom of Cambodia, August 28-30, 2014. (abstract)
27. **Sangnark, A.**, Limroongreungrat, K., Yuenyongputtakal, W., Ruengdech, A., and Siripatrawan, U. 2015. Effect of Hom Nil rice flour moisture content, barrel temperature and screw speed of a single screw extruder on snack properties. *International Food Research Journal.* accepted January 23, 2015
28. Bungthong, C., Limroongreungrat, K., Yuenyongputtakal, W. and **Sangnark, A.** 2015. Effect of wheat gluten additions on Hom-Nil rice dough and bread qualities. *RMUTI Journal.* 8 (special issue I), 186-191.
29. Narklaor, D., **Sangnark, A.** and Limroongreungrat, K. 2015. Formulation of jackfruit seed flour based snack chips using mixture design. *RMUTI Journal.* 8 (special issue I), 204-208.
30. **Sangnark, A.** and Noomhorm, A. 2015. Effect of dietary fiber from rice straw and sucrose ester on dough and bread properties. The 5th International Conference on Engineering and Applied Sciences (ICEAS 2015). Sapporo, Hokkaido, Japan, July 20-22, 2015. (full paper).

นักวิจัยร่วมโครงการ

คนที่ 1

1. ชื่อ-นามสกุล: นายทัฬหฬสาร ใจแก้ว
2. ตำแหน่งปัจจุบัน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์
3. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ 149 ถ.เจริญกรุง
แขวงยานนาวา เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120 โทร 02-2879600 ต่อ 7239 e-mail:
thappasarn.j@rmutk.ac.th
4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ การศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อ ปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อ สถาบันการศึกษา	ประเทศ
2552	วิทยาศาสตร บัณฑิต	วท.บ	วิทยาศาสตรและ เทคโนโลยีการ อาหาร	มหาวิทยาลัยแม่ โจ้ จ.เชียงใหม่	ไทย
2556	วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต	วท.ม	เทคโนโลยีทาง อาหาร	จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	ไทย

คนที่ 2

1. ชื่อ-นามสกุล: นางสาวณัฐพร สุบรรณมณี
2. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลกรุงเทพ 149 ถนนเจริญกรุง แขวงยานนาวา เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120 โทร 02-
2879600 ต่อ 7239 e-mail: mine_image@yahoo.com
3. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ การศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อ ปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2547	คหกรรม ศาสตรบัณฑิต	คศ.บ.	อาหารและโภชนาการ - ธุรกิจอาหาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลธัญบุรี	ไทย
2553	วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต	วท.ม	เทคโนโลยีการจัดและ บริการอาหาร	สถาบันเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง	ไทย

