



รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าแดงต่อคุณสมบัติทาง
เคมีและกายภาพของพาสต้าเส้นสด

Effect of partial substitution of wheat flour with red rice flour on the
physicochemical properties of fresh pasta

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐพร สุปรรณมณี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นริศรา อุไทย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์รชรัตน์ แยมพวง

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณเงินรายได้ปี พ.ศ 2566

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จได้ เนื่องจากได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ พ.ศ. 2566 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ประสานเกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัย ขอขอบพระคุณนักวิจัยทุกท่าน วารสารวิชาการทุกฉบับ และหนังสือทุกเล่ม สำหรับความรู้ที่ได้รับสำหรับการอ้างอิงในงานวิจัยนี้ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีที่มีให้ตลอดการวิจัยครั้งนี้

คณะผู้วิจัย



บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของพาสต้าเส้นสด โดยมีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพที่ระดับ 0 (ตัวอย่างควบคุม), 15, 30, 45 และ 60% ของน้ำหนักแป้ง ผลการตรวจสอบคุณภาพในด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ พบว่าในด้านค่าสี เมื่อปริมาณแป้งข้าวทับทิมชุมแพเพิ่มขึ้น พาสต้าที่ได้มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น แต่ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลงทั้งก่อนต้มและหลังต้ม เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวทับทิมชุมแพมากขึ้นระยะเวลาในการต้ม จะอยู่ที่ประมาณ 2-3.5 นาที น้ำหนักหลังปรุงสุกมีค่าลดลง ปริมาณของแข็งที่สูญเสียมีมากขึ้น ความต้านทานต่อแรงขาดลดลงอยู่ที่ 18.61 g(f) และความแข็งสูงสุดอยู่ที่ 463.67 g(f) โครงสร้างภายในของพาสต้าที่ทดแทนด้วยข้าวทับทิมชุมแพ เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope: SEM) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวทับทิมชุมแพมากขึ้นจะเกิดโพรงอากาศขนาดใหญ่ ไม่สม่ำเสมอ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบว่าพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพมีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าพาสต้าตัวอย่างควบคุม และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพาสต้าต้มสุกแล้วมีปริมาณการต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกลดลง เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์พาสต้าสดที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพ มีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 61.20, 7.76, 11.04, 0.91, 13.07 และ 67.20 ตามลำดับ ด้านความชอบ พบว่าผู้บริโภคให้ความชอบพาสต้าที่ทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพมากกว่าตัวอย่างควบคุม ความชอบด้านกลิ่น อยู่ที่ปริมาณ 30 – 60% ความชอบด้านรสชาติผู้บริโภคให้ความชอบไม่แตกต่างกัน ด้านความยืดหยุ่น การกัดขาด และความชอบโดยรวม ผู้บริโภคให้ความชอบจนถึงระดับที่ 45% ไม่แตกต่างกัน ด้านความชอบโดยรวม ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบที่ระดับ 30 – 45 % ไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ : การต้านอนุมูลอิสระ; พาสต้าสด; แป้งข้าวสีแดง; แป้งข้าวทับทิมชุมแพ

abstract

Pasta originated making by wheat or rice flour which able to develop and add more nutrition by supplement, substitution and replacing quality ingredients. Tubtim Chumphae rice appeared its own color in ruby, contained higher nutrition than other rice and had high antioxidant activity as well. This research was studied the substitution of part of refined wheat flour in pasta with 15, 30, 45 or 60% of Tubtim Chumphae rice flour (TCR). Therefore, the result showed darker appearance and increased its redness both before and after cooked. Cooking time and cooking loss was higher but lower cooking yield, tensile strength was decreased and hardness were increased which indicated weaker structure texture. The micro structure of the pasta was determined by Scanning electron microscope (SEM) then found that when increased TCR flour effected large roughly cavities. The pasta with TCR flour contained total phenolic contents and antioxidant activity (DPPH assay) more than the pasta with 0% TCR flour (control). The pasta contained TCR flour had moisture content, ash and fiber were higher while carbohydrate, protein and fat were lower. From sensory evaluation the addition of TCR flour to the refined wheat flour had no significant effects on taste and overall liking, though there were significant in color, odor, elasticity, smoothness and breaking off. Overall it was concluded that improving the pasta by substitution 45% of TCR flour was able to be acceptance from consumers and also enhanced nutrition in the pasta.

Key words: Antioxidant activity, Fresh pasta, Red rice flour, Tubtim Chumphae rice

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
สารบัญเรื่อง	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1	1
บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	2
บทที่ 2	3
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
บทที่ 3	11
วิธีดำเนินการ	11
3.1 วิธีการเตรียมแป้งข้าวทับทิมชุมแพ	11
3.2 การผลิตเส้นพาสต้า	11
3.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ของพาสต้าข้าวทับทิมชุมแพ	12
3.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของพาสต้าทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพ	13
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้วิเคราะห์ (Data Analysis and Statistics)	14
บทที่ 4	15
ผลการทดลองและอภิปรายผล	15
4.1 การวิเคราะห์ค่าสีของพาสต้าเสริมข้าวทับทิมชุมแพ	15

	หน้า
4.2 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาในการปรุงสุกที่ทดแทนแป้งสาลีในเส้นพาสต้า	16
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและโครงสร้างภายในของแป้งข้าวทับทิมชุมแพที่ทดแทนแป้งสาลีในเส้นพาสต้า	17
4.4 ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบทางเคมีของพาสต้าทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพ	20
4.5 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของแป้งข้าวทับทิมชุมแพที่ทดแทนแป้งสาลีในเส้นพาสต้า	22
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	23



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.5	ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	2
4.1	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพค่าสีของแป้งข้าวทับทิมชุมแพ ที่ทดแทนแป้งสาลีในเส้นพาสต้าสด	16
4.2	ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาในการปรุงสุกที่ทดแทนแป้งสาลีในเส้นพาสต้า	17
4.3	ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสแป้งข้าวทับทิมชุมแพ ที่ทดแทนแป้งสาลีในเส้นพาสต้า	18
4.4	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพาสต้าทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพ	21
4.5	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพาสต้าข้าวทับทิมชุมแพ	21
4.6	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพาสต้าทดแทนด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพ	22



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1.1	ข้าวทับทิมชุมแพ	3
3.1	ขั้นตอนการผลิตเส้นพาสต้า	11
4.1	พาสต้าทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพก่อนและหลังต้ม	15
4.2	โครงสร้างภายในของพาสต้าทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพในระดับต่าง ๆ ที่กำลังขยาย 75 – 1000	19



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวทับทิมชุมแพ (Tubtim Chumphae) หรือข้าวพันธุ์ กข 69 เป็นข้าวเมล็ดพันธุ์ SRN 060008-18-1-5-7-CPA-20 ชื่อวิทยาศาสตร์ *Oryza sativa* L. เป็นข้าวพันธุ์ผสมระหว่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวสังข์หยดพัทลุง ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีแดง (Changsri, R.et al., 2016) ลักษณะของข้าวพันธุ์นี้จะมีสีแดงใสคล้ายทับทิม เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวธรรมดา มีสารต้านอนุมูลอิสระฟีนอลิก 4,661.05 มก. ต่อ 100 กรัม และมีฟลาโวนอยด์ 2,989.21 มก. ต่อ 100 กรัม ข้าวสีแดงมีสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าข้าวกล้องสีอื่นถึง 3 เท่า (Finocchiaro, F.et al., 2007) สารต้านอนุมูลอิสระทั้งสองชนิดช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดและช่วยป้องกันไม่ให้เซลล์เม็ดเลือดแดงจับกันเป็นก้อนจนเกิดการอุดตัน ข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพยังมีปริมาณอะมิโลสต่ำกว่าข้าวทั่วไปเหมาะสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน นอกจากนี้ ยังมีฤทธิ์ในการขับถ่าย และเสริมสร้างร่างกายให้แข็งแรง ป้องกันการสูญเสียความจำ (Ponglong, J.et al., 2018) หรืออาจใช้ป้องกันหรือรักษาโรคความดันโลหิตสูงได้ (Chumjit,S.et al., 2017) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร เช่น เบต้าแคโรทีน (β -carotene) วิตามินซี (Vitamin C) วิตามินอี (Vitamin E) รวมทั้งสารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) มีรายงานว่าพบได้ในพืช ผัก และผลไม้โดยทั่วไป จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่ดีอีกกลุ่มหนึ่ง (Sies,H.et al.,1991; Wanna,A.et al.,2019)

พาสต้าเป็นอาหารที่มีชื่อเสียงไปทั่วโลก ปัจจุบันพาสต้ายังคงเป็นผลิตภัณฑ์ที่รับประทานเป็นอาหารหลักในหลายประเทศ และยังเป็นที่ยอดนิยมในเอเชียและยุโรปอีกด้วย (หทัยชนก ศรีประไพ และคณะ, 2018) ส่วนผสมหลักของพาสต้าได้แก่ แป้งสาลี ไข่ และน้ำ ซึ่งทำให้พาสต้ายังคงมีคุณค่าทางโภชนาการน้อย ดังนั้นการทดแทนข้าวเปลือกหุ้มเมล็ดสีแดงและสีม่วงช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดย Thongkaew, C., & Singthong, J. (2020). ได้ทำการศึกษาการใช้ผงทดแทนข้าวไรซ์เบอร์รี่ในเส้นก๋วยเตี๋ยว พบว่าสามารถใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้โดยเฉพาะในการพัฒนาเส้นบะหมี่ Chan, P. V., et al (2022) มีรายงานว่าพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าปลอดกลูเตนโดยใช้ข้าวสีดำสามารถเพิ่มคุณสมบัติทางโภชนาการและมีสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพในการให้ประโยชน์ต่อร่างกายพาสต้าเป็นอาหารที่มีชื่อเสียงไปทั่วโลก ปัจจุบันประเทศไทยนำเข้าแป้งสาลีจะต้องนำเข้าจากต่างประเทศส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง ข้าวไทยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศหรือส่งออกในปริมาณมากได้ การเลือกข้าวเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตพาสต้าจะช่วยลดการนำเข้าแป้งสาลีและลดการขาดดุลการค้า ดังนั้นหากสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น โดยการนำข้าวทับทิมชุมแพมาใช้ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์พาสต้า นอกจากจะเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์แล้วยังช่วยลดต้นทุนการผลิต อีกทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่ม

รายได้ให้เกษตรกรที่ปลูกข้าวทับทิมชุมแพ และยังสามารถเผยแพร่ข้าวทับทิมชุมแพให้เป็นที่รู้จักไปยังทั่วโลกได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของข้าวทับทิมชุมแพ ในการผลิตพาสต้าเส้นสด
- 1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของพาสต้าเส้นสด

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

โครงการวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าเส้นสด โดยการเติมแป้งข้าวเจ้าสีแดงแทนแป้งสาลี ทั้งหมด 5 ระดับด้วยกันคือ ร้อยละ 0 15 30 45 60 โดยการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เพื่อเพิ่มทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์
- 1.4.2 เพื่อเพิ่มผลิตภัณฑ์ใหม่ในท้องตลาด
- 1.4.3 เป็นแนวทางในงานวิจัยของผู้ที่สนใจอยากจะทำวิจัยเกี่ยวกับพาสต้า

1.5 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลา/ เดือน							
	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย
ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุดิบในการวิจัย	←→							
ศึกษาคุณภาพทางกายภาพของการทดแทนข้าวสีแดงในแป้งพาสต้า		←→						
ศึกษาคุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของการทดแทนข้าวสีแดงในแป้งพาสต้า			←→					
สรุปผลการวิจัยและจัดทำรายงาน							←→	

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ข้าวทับทิมชุมแพ



ภาพที่ 2.1.1 ข้าวทับทิมชุมแพ

ที่มา : ศูนย์ข้อมูลข้าวตลาดเฉพาะ (2565)

ข้าวทับทิมชุมแพ เกิดจากการผสมพันธุ์ของสายพันธุ์ข้าวระหว่างข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ ซึ่งเป็นสายพันธุ์กลายที่มีลักษณะ ต้นเตี้ย ต้านทานโรคไหม้ ไม่ไวต่อช่วงแสงเป็นแม่พันธุ์ กับข้าวเจ้าพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ซึ่งเป็นข้าวเจ้าที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง ไวต่อช่วงแสง อายุสั้น ต้นสูง มาเป็นพ่อพันธุ์ ความเป็นมาของข้าวทับทิมชุมแพนั้นเกิดขึ้นที่ศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์ ในฤดูนาปรัง 2549 ได้มีการคัดเลือกข้าวพันธุ์ผสมแบบสืบตระกูล ข้าวที่ 1 - 6 ในฤดูนาปี 2549 - 2554 ที่ศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์ และข้าวที่ 7 ในฤดูนาปี 2555 ที่ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ โดยปลูกแบบเปรียบเทียบผลผลิตในสถานีในฤดูนาปี 2556 หลังจากนั้นนำผลผลิตมาวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดทางเคมี ที่ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระฟีนอลิกและลาเวนอยด์และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปลูกประเมินลักษณะประจำพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ และทดสอบปฏิกิริยาต่อโรคและแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญในฤดูนาปี 2557 ปลูกเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานีภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวนาชลประทานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 7 แห่ง ได้แก่

- 1.ศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์
- 2.ศูนย์วิจัยข้าวนครราชสีมา
- 3.ศูนย์วิจัยข้าวสกลนคร
- 4.ศูนย์วิจัยข้าวขอนแก่น
- 5.ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ
- 6.ศูนย์ข้าวหนองคาย
- 7.ศูนย์วิจัยข้าวอุดรธานี

ปลูกเปรียบเทียบผลผลิตในแปลงนาเกษตรกรในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 8 แห่ง รวมทั้งปลูกทดสอบการตอบสนองต่อยุโนโตรเจนที่ศูนย์วิจัยข้าวอุดรธานี และประเมินการยอมรับของเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น และนครราชสีมา ในฤดูนาปี 2558 ประเมินการยอมรับของผู้ใช้ประโยชน์ที่จังหวัดสุรินทร์ พ.ศ. 2558 ประเมินการยอมรับของเกษตรกรผู้ใช้ประโยชน์ ผู้ประกอบการ ปละผู้บริโภคที่จังหวัดขอนแก่น นครศรีธรรมราช และ กรุงเทพมหานคร วิเคราะห์คุณภาพเมล็ดทางกายภาพทางเคมี และการหุงต้มรับประทานเพื่อการรับรองพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี พ.ศ.2559

ลักษณะประจำพันธุ์

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุออกดอก 50 เปอร์เซนต์ ประมาณ 106 วัน มีลักษณะกอตั้งตรง ความสูงประมาณ 113 เซนติเมตร ลำต้นแข็งแรง ใบสีเขียว ปลายใบอยู่ในแนวตั้ง ใบแก่ข้าว ใบธงยาว 43.6 เซนติเมตร กว้าง 2.14 เซนติเมตร มุมใบธงตั้งตรง รวงยาว 28.7 เซนติเมตร ลักษณะรวงแน่นปานกลาง คอรวงสั้น จำนวนเมล็ดต่อรวง 167 เมล็ด เมล็ดรวงยาว เปลือกสีฟาง ข้าวเปลือกมีความยาวเฉลี่ย 10.17 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตร หนา 1.96 มิลลิเมตร ข้าวกล้องสีแดง มีความยาวเฉลี่ย 7.75 มิลลิเมตร กว้าง 2.04 มิลลิเมตร หนา 1.74 มิลลิเมตร จัดเป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาว รูปร่างเมล็ดเรียวยาว (อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง 3.80) ลักษณะท้องไข่มุกทั้งเมล็ด คุณภาพการสีดีได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวร้อยละ 49.40 คุณภาพการหุงต้มและรับประทานดี โดยข้าวสารหุงสุกนุ่ม ข้าวกล้องและข้าวซ้อมมือหุงสุกนุ่ม ข้าวกล้องหุงสุกมีสีแดงใสคล้ายสีของทับทิม (Ruby) ระยะพักตัวของเมล็ด 6 สัปดาห์

คุณค่าทางโภชนาการ

ข้าวทับทิมชุมแพมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระฟีนอลิกสูง และฟลาโวนอยด์สูง ซึ่งสูงกว่าข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง (ปริมาณฟีนอลิก 4,661.05 มิลลิกรัมต่อ100กรัม และปริมาณฟลาโวนอยด์ 2,989.21 มิลลิกรัมต่อ100กรัม) โดยสารต้านอนุมูลอิสระทั้งสองมีส่วนช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในกระแสเลือด ช่วยให้เม็ดเลือดไม่จับตัวเป็น

ก่อนจนอุดตัน ป้องกันการเกิดมะเร็ง อีกทั้งยังมีปริมาณอมิโลสต่ำ เหมาะกับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน เมื่อหุงสุกจะนุ่มมาก

2.1.2 พาสต้า (Pasta)

พาสต้าเป็นชื่อเรียกรวม ๆ ของอาหารประเภทเส้นแบบอิตาลีเลียน ที่ทำมาจากส่วนประกอบสำคัญหลัก ๆ คือ แป้ง และน้ำ ซึ่งชนิดของแป้งที่ใช้ทำเส้นพาสต้า คือ แป้งสาลี durum (Durum wheat) สามารถแบ่งเส้นพาสต้าเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ พาสต้าเส้นสด (fresh pasta) และ พาสต้าเส้นแห้ง (dried pasta) พาสต้าเส้นสดจะมีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างนุ่มกว่าแบบเส้นแห้งและยังมี เส้นแบบมีไข่ และเส้นแบบไม่มีไข่ (Bellissimo, ออนไลน์, 2564)

ประวัติพาสต้าได้มีการพัฒนามาจากก๋วยเตี๋ยวหรือบะหมี่ในประเทศจีน โดยมาร์โค โปโล (Marco Polo) ชาวเวนิส-อิตาลีเป็นนักเดินทางค้าขายและนักสำรวจได้บันทึกเรื่องราวการเดินทางทางไปเมืองจีนในยุคสมัยกุบไลخانในช่วงปีพุทธศักราช 1822-1837 ซึ่งมาร์โค โปโล ได้เดินทางมาจากอิตาลี โดยใช้เส้นทางบกที่เรียกว่าเส้นทางสายไหม เพื่อไปสู่เมืองจีนในยุคนั้น โดยบันทึกดังกล่าวมีอยู่ตอนหนึ่งที่มาร์โค โปโล (Marco polo) ได้กล่าวถึงกองเรือสินค้าของชาวจีนที่มีอยู่ มากมายในสมัยนั้น ซึ่งได้ระบุไว้ว่าสิ่งที่มีค่ามหาศาลมีอยู่ 3 สิ่งด้วยกันภายในเรือสินค้าจีน คือ ดิน ปืน และบะหมี่ ในช่วงปลายปีคริสต์ศตวรรษที่ 13 เชื่อกันว่า มาร์โค โปโลเป็นผู้ที่นำเอาเส้นก๋วยเตี๋ยว หรือเส้นบะหมี่จากเมืองจีนกลับไปยังประเทศอิตาลีในยุคนั้น ได้มีการดัดแปลงจากก๋วยเตี๋ยวและบะหมี่ของจีนกลายเป็นอาหารเส้นหลายชนิดของชาวอิตาลี ซึ่งชาว อิตาลีและคนทั่วไปใน หลายชาติรู้จักกันในนามเส้นมัคกะโรนี และเส้นสปาเกตตี ซึ่งมีรูปแบบแตกต่างกัน หลายแบบ มีทั้งเส้นเล็ก เส้นใหญ่ เส้นสั้นหรือเป็นท่อน เป็นเกลียว เป็นวงกลม วงรี แผ่นแบน ๆ ลายเปลือกหอย และลายผีเสื้อ ทั้งหมดที่กล่าวจัดอยู่ในกลุ่มของพาสต้า ซึ่งได้รับความนิยมเป็นที่รู้จัก อย่างแพร่หลายตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน (Praew Waewpen, ออนไลน์, 2564)

2.1.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเส้นพาสต้า

ข้าวสาลี durum เป็นพันธุ์ข้าวสาลี (Wheat) ที่มีปริมาณโปรตีน และกลูเตน (Gluten) สูง ใช้ในการผลิตแป้งข้าวสาลี (Wheat flour) เช่น ซาโมลินา (Semolina) ได้จากการนำเอนโดสเปิร์มของข้าวสาลี durum (Durum wheat) มาบดหยาบ ใช้สำหรับผลิตพาสต้า (Pasta) เช่น มัคโรนี (Macaroni) และสปาเกตตี (Spaghetti) และยังใช้เพื่อผลิตคัสคูส (Couscous) ในแอฟริกาและลาตินอเมริกา (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, ออนไลน์) Durum เป็นข้าวสาลีชนิดหนึ่งที่อุดมไปด้วยกลูเตน ดังนั้นแป้งที่ทำจากข้าวสาลี durum (Durum) แป้งนี้เร่งการเผาผลาญ เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน และปรับปรุงสภาพของผิวหนังและเส้นผมแป้งโฮลเกรนอุดมไปด้วยไฟเบอร์ จึงมีประโยชน์สำหรับการย่อยอาหาร โดยยังคงรักษาวิตามินและสารอาหารไว้ได้มากเมื่อเทียบกับแป้งระดับพรีเมียม เหมาะสำหรับเป็นอาหารไดเอท แป้งถูกบดบนหินโม่หิน ด้วยวิธีนี้ จะไม่ให้ความร้อนมากเท่ากับในโรงกลึงโลหะ และอยู่ภายใต้การเกิดออกซิเดชันน้อยกว่า

แป้งขนมปัง (Bread flour) เป็นแป้งข้าวสาลี (Wheat flour) ที่ผลิตจากข้าวสาลีชนิดแข็ง แป้งมีสีขาว นวล เนื้อสัมผัสของแป้งจะหยาบกว่าแป้งข้าวสาลีชนิดอื่นใช้ฝ่ามือบีบจะไม่รวมตัวกันเป็นก้อนได้ง่าย มีปริมาณโปรตีน 13-14 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนในแป้ง เรียกว่า กลูเตน (Gluten) มีปริมาณสูง เมื่อรวมตัวกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะได้เป็น โด (Dough) ที่สามารถดุนน้ำได้มาก ให้โครงสร้างที่มีความเหนียวและยืดหยุ่น อุ่มแกสเอาไว้ได้ดี มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ ทนต่อการหมักด้วยยีสต์ (Yeast) หรือพักแป้งได้เป็นอย่างดี การใช้ประโยชน์ แป้งขนมปัง เหมาะที่จะใช้ทำขนมปังชนิดต่างๆ ที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์ (Baker yeast) หรือขนมที่มีลักษณะคล้ายขนมปัง เช่น เดนิช พิชซ่า ครัฟฟอง ปาท่องโก๋ โรตีส โดนัทยีสต์ เป็นต้น และใช้ทำเค้กที่ต้องการให้ได้น้ำเนื้อเค้กที่มีลักษณะแน่น เช่น ฟรุตเค้ก เพราะต้องการที่จะพองน้ำหนักของผลไม้ไม่ให้จม (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, ออนไลน์)

ไข่ไก่ ไข่เป็นอาหารที่มีโภชนาการสูง เนื่องจากไข่ไก่ 1 ฟอง (50 กรัม) ให้พลังงานประมาณ 75 แคลอรี และมีโปรตีนคุณภาพสูง และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ไข่แดงมีไขมันประเภทอิ่มตัว รวมถึงโอเมก้า 3 ที่ลดอัตราเสี่ยงโรคหัวใจขาดเลือดไปด้วย ไข่ไก่มีแร่ธาตุสำคัญหลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างกระดูก รวมทั้งเป็นแหล่งวิตามินที่สำคัญ เช่น วิตามินเอ บี 1 บี 2 บี 6 และวิตามิน นอกจากนี้ไข่ยังทำให้เรารู้สึกอิ่มนาน เพราะร่างกายจะผลิตฮอร์โมนพีพิวายซึ่งจะสื่อสารไปที่สมองว่าไม่หิว คุณค่าของไข่ต้มสุกและไข่ลวกเท่ากัน ดังนั้นควรทานไข่สุกจะดีกว่า เราไม่ควรกินไข่ดิบเพราะไข่ดิบอาจมีเชื้อโรค ซึ่งอาจจะถูกทำลายไปเมื่อปรุงสุกแล้ว และหากกินไข่ขาวดิบเข้าไปร่างกายก็ไม่สามารถดูดสารอาหารต่าง ๆ ได้ไข่ขาว มีน้ำหนักประมาณ 2 ใน 3 ของไข่ทั้งฟอง ประกอบไปด้วยโปรตีนคุณภาพสูง ประมาณร้อยละ 12 มีสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบ ของโปรตีนที่อุดมไปด้วยกรดอะมิโน 8 ชนิด ที่จำเป็นต่อร่างกาย ไข่แดง มีน้ำหนักประมาณ 1 ใน 3 ของน้ำหนักไข่ ประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุที่สำคัญ สำหรับไขมันที่มีอยู่ค่อนข้างมากในไข่แดงนั้น เป็นไขมันประเภทอิ่มตัว รวมถึงโอเมก้า 3 ที่ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจขาดเลือด ซึ่งมีคุณค่าเหมือนไขมันในปลาแซลมอน และปลาทะเล

เกลือ (Salt) หมายถึง สารประกอบทางเคมีที่มีชื่อเรียกว่า โซเดียม คลอไรด์ ใช้กันอย่างแพร่หลายในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากช่วยประหยัดต้นทุนและเพิ่มความหลากหลายในการปรุงรส หรือประโยชน์อีกข้อของเกลือ คือช่วยในการถนอมอาหาร เช่น การหมักเกลือ การดอง อาหารที่มีปริมาณเกลือสูง ได้แก่กะปิ น้ำปลา เต้าเจี้ยว ซีอิ๊ว ปลาร้า ปลาสาม กุ้งแห้ง ปูเค็ม ปลาแห้ง ไข่เค็ม และผักดอง เป็นต้น โดยเกลือผลิตมาจากหลายแหล่งหลายวิธีแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับแหล่งที่พบเกลือด้วย ปริมาณโซเดียมใน 1 ช้อนชา ปริมาณโซเดียมที่เหมาะสม คือไม่ควรเกิน 1 ช้อนชาต่อวัน หรือคิดเป็นปริมาณโซเดียม 2,000 มิลลิกรัม สำหรับผู้สูงอายุ หรือผู้ที่ป่วยด้วยโรคเรื้อรังบางชนิด เช่น เบาหวาน ควรลดเหลือเพียง 3 ส่วน 4 ช้อนชาต่อวัน หรือไม่เกิน 1,500 มิลลิกรัม ประเภทของเกลือมีดังนี้ (วิชัยยุทธ, ออนไลน์, 2564)

1) เกลือสินเธาว์ (Rock salt) เกลือที่เกิดจากการสูบน้ำเค็มขึ้นมาจากใต้ดิน หรือเกิดจากการชะล้าง การอัดน้ำลงไปใต้ดินที่มีหินเกลืออยู่ เพื่อให้เกิดการละลายของเกลือ จากนั้นจึงสูบน้ำขึ้นมา แล้วนำน้ำเกลือที่ได้มาต้มและเคี่ยวในกระทะให้น้ำระเหยแห้ง ตกผลึกเป็นเกล็ดเล็กๆ แต่เกลือที่ได้จากวิธีนี้หรือเกลือสินเธาว์จะเป็น

เกลือที่ไม่มีไอโอดีนในตัวเลย จึงไม่เหมาะแก่การนำมาบริโภค หรือนำไปยัด อาหาร เพราะหากร่างกายขาดสารไอโอดีนอาจทำให้เกิดภาวะคอพอกได้

2) เกลือสมุทร (Sea salt) เป็นเกลือที่ได้จากการนำน้ำทะเล มาตากโดนความร้อนให้น้ำทะเลระเหยออกไปจนหมด เหลือเพียงผลึกสีขาว แต่มีข้อจำกัด คือ กระบวนการผลิตจะสามารถทำได้ในฤดูร้อนเท่านั้น ทำให้เกลือสมุทรมีผลผลิตที่มีปริมาณไม่แน่นอน ราคาสูง แต่เกลือประเภทนี้จะมีไอโอดีนจากธรรมชาติ จึงมีประโยชน์มาก

3) เกลื่อนำเข้าจากต่างประเทศ (Imported salt) เป็นเกลือที่ไม่ได้มีการผลิตในประเทศไทย จะมีการนำเข้าจากต่างประเทศเท่านั้น โดยเกลือประเภทนี้ มีรสชาติความเค็ม และสีที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อมในแต่ละประเทศ นอกจากนี้เกลือที่นำเข้ามาจากต่างประเทศบางชนิด ยังมีรสชาติที่โดดเด่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของเกลือชนิดนั้นอีกด้วย

4) เกลือที่ผ่านการปรุงแต่งกลิ่น (Flavoured salt) เกลือประเภทนี้ คือ เกลือธรรมดาที่นำมาผ่านกระบวนการวิธีแต่งกลิ่น และรสเพื่อให้เกิดความหลากหลายทางด้านรสชาติ เช่นเกลือกลิ่นกระเทียม เกลือกลิ่นผงกะหรี่ โดยในปัจจุบันสามารถทำเกลือกลิ่นหรือรสต่าง ๆ ได้ตามต้องการ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ญานี ไชยบุราณนท์ (2560) ศึกษาการผลิตเส้นสปาเกตตีสดเสริมใบชะคราม โดยทำการศึกษาปริมาณเหมาะสมของใบชะครามแบบต้มและแบบอบแห้ง พบว่า การเสริมปริมาณใบชะครามต้มที่ ปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลทำให้คุณภาพของเส้นสปาเกตตีสดที่เสริมใบชะครามแบบต้ม และแบบอบแห้งมี คุณภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเติมปริมาณใบชะครามแบบต้มและแบบ อบแห้งเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้สีของสปาเกตตีมีสีเขียวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของสปาเกตตีด้านความเหนียวและความยืดหยุ่น ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสที่เสริมใบชะครามต้มที่ปริมาณร้อยละ 20 ของส่วนผสมทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และให้คะแนนความชอบที่เสริมใบชะครามอบแห้งที่ปริมาณร้อยละ 2 ของส่วนผสมทั้งหมด มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา โดยเลือกสปาเกตตีสดเสริมใบชะครามอบแห้งมาทำการเก็บรักษา พบว่า เส้นสปาเกตตีสดสามารถเก็บรักษาในถุงพลาสติกปิดผนึกที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส พบว่า คุณภาพของเส้นสปาเกตตีที่เก็บรักษาไว้ที่ 3 วัน ยังคงลักษณะทางกายภาพไว้ได้ เมื่อทำการศึกษการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้การ ยอมรับในระดับชอบเล็กน้อยถึงมากที่สุดร้อยละ 100 และสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ ราคาจำหน่าย 75 บาท ต่อ 1 หน่วยบริโภค (120 กรัม)

กุลยา ลีมรุ่งเรืองรัตน์, อโนชา สุขสมบูรณ์ และ อาภัสรา แสงนาค (2558) ทำการศึกษาพาสต้าเพื่อสุขภาพเสริมแป้งถั่ว โดยเตรียมแป้ง ถั่ว 3 ชนิด ได้แก่ แป้งถั่วแดง แป้งถั่วดำ และแป้งถั่วเขียว และวิเคราะห์องค์ประกอบ

ทางเคมีและ สมบัติทางเคมีกายภาพ พบว่าแป้งถั่วทั้ง 3 ชนิดเป็นแหล่งของโปรตีน แร่ธาตุ วิตามิน และสารต้านอนุมูลอิสระ แต่แป้งถั่วแดงและแป้งถั่วดำมีปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าแป้งถั่วเขียว จากนั้นศึกษาการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตพาสต้าข้าวเจ้าแบบ เอ็กซ์ทรูชัน โดยศึกษาหาปริมาณแป้งถั่วที่เหมาะสมในสูตรพาสต้า โดยแปรปริมาณแป้งถั่วแดง แป้งถั่วดำ และแป้งถั่วเขียวที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้า (0-50% โดยน้ำหนักแป้ง) วิเคราะห์คุณภาพของพาสต้าได้แก่คุณภาพหลังการต้ม คุณลักษณะทางกายภาพ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วแดงร้อยละ 40 แป้งถั่วดำร้อยละ 40 และแป้งถั่วเขียวร้อยละ 30 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด จึงได้เลือกพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วแดงร้อยละ 40 ไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไปเนื่องจากใช้ปริมาณแป้งถั่วสูง ใช้เวลาในการต้มสุกสั้น และมีปริมาณของแข็งที่ สูญเสียในระหว่างการต้มต่ำ จากนั้นศึกษาผลของปริมาณความชื้นของส่วนผสมแป้ง (ร้อยละ 30-40) และการเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (ร้อยละ 0-1) ต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าเสริมแป้งถั่วแดง ที่เตรียมโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน พบว่าพาสต้าที่เตรียมจากส่วนผสมแป้งความชื้นร้อยละ 35 และ เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ร้อยละ 0.5 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด จากนั้นศึกษาผล ของอุณหภูมิบาร์เรล (80- 100 องศาเซลเซียส) และความเร็วรอบของสกรู (80-120 รอบต่อนาที) ต่อคุณภาพของพาสต้า จากผล การวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิบาร์เรล และความเร็วรอบของสกรูมีผลต่อน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ค่าความต้านทานต่อการดึงขาด ค่าความแน่นของเนื้อ และการเกาะติดที่ผิวหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ($p \geq 0.05$) แม้ว่าคะแนนความชอบโดยรวมของพาสต้าทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่สภาวะของการเอ็กซ์ทรูชันที่อุณหภูมิบาร์เรล 100 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ทำให้ผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ได้มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำที่สุดและมีปริมาณน้ำหนักรับได้หลังการต้ม ค่าความต้านทานต่อการดึงขาด และค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพของพาสต้าที่เตรียมได้เปรียบเทียบกับพาสต้าข้าวกล้องและพาสต้าข้าวสาลีทางการค้า พบว่าพาสต้าที่เตรียมได้มีคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกับพาสต้าข้าวกล้องทางการค้า ($p \geq 0.05$) ในขณะที่พาสต้าข้าวสาลีทางการค้าได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด แต่อย่างไรก็ตาม พาสต้าข้าวเจ้าเสริมแป้งถั่วแดงมีปริมาณโปรตีน แร่ ธาตุ วิตามิน สารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง กว่าพาสต้าข้าวกล้องและพาสต้าข้าวสาลีทางการค้า

ปิยมาศ มหาบุญญานนท์ (2546) ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างภายในของพาสต้าข้าวเจ้าที่ได้จากการอัดพองโดยใช้ข้าวพันธุ์ต่าง ๆ 3 สายพันธุ์คือ ข้าวเหลืองประทิว 123 ข้าวขาวหอมมะลิ 105 และข้าวชาธานีชิก เมื่อผ่านกระบวนการอัดพองด้วยเครื่องอัดพองสกรูคู่ที่ภาวะแตกต่างกันดังนี้ คือระยะความชื้นของแป้งร้อยละ 27 – 35 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิของบาร์เรล อยู่ในช่วง 95 – 115 องศา เซลเซียส และความเร็วของสกรูระหว่าง 30 – 50 รอบต่อนาที ผลลัพธ์ ที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นคล้ายสปาเก็ตตี้ เมื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณภาพการหุงต้ม พบว่าสปาเก็ตตี้ที่ผลิตจากข้าวเหลืองประทิว 123 มี

คุณลักษณะที่ใกล้เคียงกับเส้นสปาเก็ตตี้ที่ทำจากแป้งสาลีที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป เพียงแต่ปัจจัยคุณภาพด้านการ หุงต้ม เช่น ระยะเวลาในการหุงต้มนาน กว่าสปาเก็ตตี้ที่ผลิตจากแป้งสาลี ผลจากการสร้างกราฟพื้นผิวตอบสนองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตสปาเก็ตตี้ที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าอยู่ที่ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 33 – 35 โดยน้ำหนัก ความเร็วรอบสกรูระหว่าง 30 – 33 รอบต่อนาที และอุณหภูมิของบาเรระหว่าง 100 – 104 องศาเซลเซียส จากการศึกษาโครงสร้างภายในของสปาเก็ตตี้จากข้าวเจ้าด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด กล้องจุลทรรศน์แบบฟลูออเรสเซนซ์ และกล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอลเลเซอร์แกน นิ่ง พบว่าโครงสร้างของสปาเก็ตตี้ข้าวเจ้ามิได้เกิดจากโครงข่ายของโปรตีนเหมือนใน สปาเก็ตตี้ที่ผลิต จากแป้งสาลีโดยเห็นได้จากชิ้นส่วนของโปรตีนกระจายกระจายอย่างไม่เป็นระเบียบทั่วไปในโครงสร้าง

จิรนาถ ทิพย์รักษา และ สุภัทธร นุดวงแก้ว (2551) ศึกษาการผลิตพาสต้าจากแป้งถั่วแดงหลวง ทดแทนแป้งเซโมลินาบางส่วน โดยแปรปริมาณแป้งถั่วแดงหลวงที่ระดับร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 (โดยน้ำหนักแป้ง) เมื่อวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ พาสต้าจากแป้งถั่วแดงหลวง พบว่าค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งถั่วแดงหลวงที่ใช้ทดแทนเพิ่มขึ้น ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปในการต้ม (Cooking loss) เพิ่มขึ้น (4.20-5.01%) โดยสูตรที่ทดแทนแป้งถั่วแดงหลวงปริมาณร้อยละ 10 มีค่า Cooking loss ต่ำสุด ค่า การพองตัวจะลดลงตามปริมาณแป้งถั่วแดงหลวงที่ใช้ทดแทนมากขึ้น จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วแดงหลวงที่ ระดับร้อยละ 20 ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด มีค่าความแข็งแรงมากกว่าและระยะขาดของเส้นน้อยกว่า สูตรมาตรฐาน โดยให้ปริมาณโปรตีนเส้นใยและเถ้าสูง กว่าสูตรมาตรฐาน

หทัยชนก ศรีประไพ, ฉัตรชนก บุญไชย และยศสินี หัวดวง (2561) การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าชนิดราวีโอลีแบบสดจากแป้งข้าวกล้อง โดยมีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องในผลิตภัณฑ์พาสต้าชนิดราวีโอลีแบบสดที่ระดับร้อยละ 0 (ตัวอย่าง ควบคุม), 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนักแป้ง ผลการตรวจสอบคุณภาพในด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ พบว่าในด้านค่าสี เมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น พาสต้าที่ได้มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น แต่ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนด้านเนื้อสัมผัสเมื่อมีการทดแทนด้วยปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้น ค่าการยึดเกาะลดลง และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวม พบว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าสดที่ทดแทนด้วยแป้ง ข้าวกล้องที่ระดับร้อยละ 20 ให้คะแนนความชอบมากที่สุดในด้านความเหนียวนุ่มและความชอบโดยรวม เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์พาสต้าสดจากแป้งข้าวกล้อง มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 31.11, 10.10, 4.72, 0.87, 6.72 และ 46.48 ตามลำดับและเมื่อศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay และ FRAP assay พบว่าพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องมีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าพาสต้าตัวอย่างควบคุม ทั้งวิธี DPPH radical scavenging assay และ FRAP assay (0.81 ± 0.03 mg TEAC/g DW, 0.67 ± 0.03 mg Fe(II)/g DW ตามลำดับ) และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1.05 ± 0.01 mg GAE/g DW ดังนั้นการทดแทน

แป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องน่าจะมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นอาจจะเกิดจากสารประกอบฟีนอลิกในแป้งข้าวกล้อง

Cuomo, F., et al (2024) ผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการไม่ข้าวสาลีดูรัมเพื่อการผลิตพาสต้าที่มีคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพการปรุงอาหารสูง อุตสาหกรรมการไม่ข้าวสาลีดูรัม (Durum wheat) ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์พลอยได้ในปริมาณมาก ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยชั้นนอกของเมล็ด และส่วนของจมูกข้าว ซึ่งยังคงอุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ ส่วนที่เป็นผงละเอียด ซึ่งอุดมไปด้วยโปรตีน และส่วนที่เป็นผงหยาบ ซึ่งอุดมไปด้วยใยอาหาร ถูกแยกออกจากกันด้วยกระบวนการคัดขนาดด้วยลม ซึ่งนำไปใช้กับผงอัดเม็ดที่ผ่านการไม่ด้วยเครื่องไม่แบบหมุน ที่ได้จากผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่เลือกสรรแล้วจากการไม่ข้าวสาลีดูรัมที่ผ่านการสกัดไขมันออก เศษส่วนที่ถูกแยกด้วยการคัดขนาดด้วยลมทั้งสองชนิดนี้ ถูกนำมาผสมกับแป้งเซโมลินา เพื่อใช้ผลิตพาสต้า ปริมาณโปรตีนที่เพิ่มสูงขึ้น พาสต้าที่ผลิตโดยมีการทดแทนด้วยส่วนที่เป็นผงละเอียด (FF) ในปริมาณ 30% และ 20% แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณโปรตีนที่เพิ่มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับพาสต้าที่ทำจากแป้งเซโมลินา 100% ปริมาณใยอาหารที่เพิ่มสูงขึ้น ปริมาณใยอาหารก็เพิ่มขึ้นในพาสต้าที่มีการทดแทนด้วยส่วนหยาบ (CF) 30% และส่วนละเอียด (FF) 30% และยังเพิ่มขึ้นในพาสต้าที่มีส่วนละเอียดและส่วนหยาบอย่างละ 15% คะแนนทางเคมีของกรดอะมิโน: การทดแทนแป้งเซโมลินา 30% ยังช่วยเพิ่มคะแนนทางเคมีของกรดอะมิโน (Amino acid chemical score) ของพาสต้าได้สูงกว่าพาสต้าจากแป้งเซโมลินา 100% ถึง 10-18 จุดเนื้อสัมผัสและคุณภาพการปรุงอาหารของพาสต้าที่ทดลองผลิตแสดงให้เห็นค่าที่เปรียบเทียบกับพาสต้าอ้างอิง ซึ่งเป็นการยืนยันถึงคุณค่าที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ผลลัพธ์ที่ได้นี้แสดงถึงความก้าวหน้าในแง่ของประโยชน์ต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการบริโภคพาสต้าที่ผลิตด้วยวัตถุดิบทุติยภูมิ (Secondary raw materials)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วิธีการเตรียมแป้งข้าวทับทิมชุมแพ

การเตรียมแป้งข้าวทับทิมชุมแพโดยการบดให้ละเอียดด้วยเครื่อง Multifunction Disintegrator (HR-06B, Horus, Zhejiang, China) จากนั้นร่อนแป้งผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh หลังจากนั้นบรรจุแป้งข้าวทับทิมชุมแพในถุงปิดสนิทเก็บไว้ในที่แห้ง

3.2 การผลิตเส้นพาสต้า

เตรียมพาสต้าสูตรพื้นฐาน โดยมีส่วนผสมได้แก่ แป้งสาลีเอนกประสงค์ 280 กรัม ไข่ไก่ 50 กรัม เกลือ 4 กรัม น้ำเปล่า 110 กรัม และเตรียมพาสต้าจากแป้งข้าวทับทิมชุมแพ โดยการทดแทนแป้งสาลี 4 ระดับ คือ 0 (ตัวอย่างควบคุม) 15, 30, 45 และ 60 (โดยน้ำหนักของแป้งสาลีเอนกประสงค์) จากนั้นทำตามขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 1

นำแป้งสาลีเอนกประสงค์ เกลือ น้ำ ไข่ ผสมให้เข้ากันจนวัตถุดิบแป้งเนียนเป็นเวลา 3 นาที และนำไปพัก 10 นาที

↓
จากนั้นแบ่งเป็น 4 ก้อน ก้อนละ 110 กรัม รีดด้วยเครื่องรีดแป้ง ตั้งแต่เบอร์ 0-4

↓
นำแผ่นแป้งที่รีดเป็นแผ่นแล้วไปรีดเป็นเส้น

↓
นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 นาที

↓
ตักพาสต้าขึ้นแช่น้ำเย็น 1 นาที และทิ้งให้สเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที

↓
นำเส้นพาสต้าใส่กล่องพลาสติก ปิดฝา

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตเส้นพาสต้า

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ของพาสต้าข้าวทับทิมชุมแพ

3.3.1 การวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์ค่าสีของพาสต้า (ตัวอย่างควบคุม) และพาสต้าที่ทดแทนด้วยข้าวทับทิมชุมแพที่ระดับต่างๆ กันโดยใช้เครื่องวัดสี calorimeter (Minolta CR-400, Konica Minolta, Japan) แสดงค่าสีโดย L^* , a^* และ b^* ค่า lightness L^* (100=ขาว; 0=ดำ), redness a^* (+, แดง; -, เขียว) and yellowness b^* (+, เหลือง; -, น้ำเงิน) ค่า C (Chroma) คือ ค่าความเข้มหรือความอิ่มตัวของสี ค่า h (Hue angle) คือ ตัวเลขที่ระบุตำแหน่งของสีในกราฟ มีหน่วยเป็นองศา ถ้า $h = 0^\circ$ แสดงว่า เป็นสีแดง $h = 90^\circ$ แสดงว่าเป็นสีเหลือง $h = 180^\circ$ แสดงว่าเป็นสีเขียว $h = 270^\circ$ แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

3.3.2 การหาระยะเวลาในการปรุงสุก (cooking time)

เส้นพาสต้าที่ทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพ โดยการนำตัวอย่างต้มในน้ำเดือดเพื่อหาระยะเวลาที่ต้องใช้ในการทำให้ตัวอย่างสุก โดยทำการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจทุกๆ 10 วินาทีด้วยการนำตัวอย่างมากด้วยกระจก 2 แผ่น ซึ่งถ้าตัวอย่างสุกสมบูรณ์แล้ว แกนแข็งที่อยู่ภายในตัวอย่างจะหายไปบันทึกเวลา (นาทิจ)

3.3.3 การหาน้ำหนักหลังปรุงสุก (cooking yield)

ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม แล้วหักให้มีความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปปรุงสุกในน้ำเดือดจากข้อ 3.3.2 นำตัวอย่างขึ้นแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นพักบนตะแกรงเพื่อสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 นาที บันทึกน้ำหนักตัวอย่างหลังปรุงสุก (กรัม) ร้อยละน้ำหนักหลังปรุงสุก

$$\text{การหาน้ำหนักหลังปรุงสุก(\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังปรุงสุก} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนปรุงสุก}}$$

3.3.4 หาปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss)

เส้นพาสต้า 2 กรัม ต้มในน้ำเดือด 30 มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการต้มที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.2 นำตัวอย่างขึ้นแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นพักบนตะแกรงเพื่อสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 นาที ล้างบีกเกอร์ที่ใช้ต้มพาสต้าด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำน้ำต้มและล้างบีกเกอร์ใส่ในบีกเกอร์ (ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน) นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์หลังการอบ แล้วคำนวณหาปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม

$$\text{ร้อยละปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม} = \frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์หลังอบ} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์เปล่า}}{\text{น้ำหนักพาสต้าก่อนต้ม}} \times 100$$

3.3.5 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

3.3.5.1 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านความต้านทานต่อการดึงขาด (Tensile strength) ของเส้นพาสต้า(ตัวอย่างควบคุม) และพาสต้าจากข้าวทับทิมชุมแพ โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น

TA.XT2, England) วัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาด โดยใช้หัววัด A/SPR แรงดึง 50 mm. ความเร็วในการกด 3 m/s ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

3.3.5.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (firmness) ของเส้นพาสต้า (ตัวอย่างควบคุม) และพาสต้าจากข้าวทับทิมชุมแพ โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA.XT2, England) วัดค่าความแข็ง โดยใช้หัววัด A/LKB) แรงกด 90% ความเร็วในการกด 10 m/s ระยะกดจากผิวคูกี้ 0.5 มิลลิเมตร ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ วัดค่า

6.3.6 การบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope: SEM)

การเตรียมพาสต้า (ตัวอย่างควบคุม) และพาสต้าจากข้าวทับทิมชุมแพ โดยใช้วิธีของ Ahmad และคณะ, 2014 โดยตัดตัวอย่างพาสต้าด้วยมีดให้มีขนาด $0.5 \times 0.5 \times 1.5$ เซนติเมตร แล้วนำไปเคลือบด้วยทองคำ และนำไปบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ในสภาพสุญญากาศด้วยความต่างศักย์เร่งอิเล็กตรอนในช่วง 20 kV

3.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของพาสต้าทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพ

3.4.1 ศึกษาศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของพาสต้าจากแป้งข้าวทับทิมชุมแพ

การวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH จากวิธีการของ Benjakul et al, (2014) โดยผสมตัวอย่าง 1.0 มิลลิลิตร เข้ากับสารละลาย DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 0.15 มิลลิโมลาร์ ในเอทานอล 95% ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร จากนั้นกวนอย่างแรงและทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ได้ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร สำหรับการเตรียมตัวอย่างเปล่า (Sample Blank)

3.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) จะถูกวิเคราะห์ในสารสกัดโดยใช้น้ำยาล้าง Folin-Ciocalteu ตามวิธีการของ Benjakul et al, (2014) ที่มีการปรับปรุงเล็กน้อย โดยเริ่มจากนำสารละลายเจือจาง 1 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำยาล้าง Folin-Ciocalteu ที่เจือจางสองเท่า 0.2 มิลลิลิตร เติมน้ำเกลือโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 2% (w/v) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร และทิ้งไว้ 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นจึงวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี-สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3.4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพาสต้าข้าวทับทิมชุมแพ

นำตัวอย่างพาสต้าพื้นฐาน และพาสต้าข้าวทับทิมชุมแพหลังต้มสุกมาวิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โยอาหาร โดยวิธีของ AOAC คาร์โบไฮเดรต

3.3.4 การวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของพาสต้าจากข้าวทับทิมชุมแพ

นำพาสต้า(สูตรพื้นฐาน) และพาสต้าจากข้าวทับทิมชุมแพ มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้การให้คะแนนการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale กับผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 50 คน (อายุ 20 ปีขึ้นไป) ให้คะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏของพาสต้าด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความยืดหยุ่น ความเรียบเนียน การกัดขาด และความชอบโดยรวมของเส้นพาสต้า (9 = ชอบมากที่สุด, 8 = ชอบมาก, 7 = ชอบปานกลาง, 6 = ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 2 = ไม่ชอบมาก, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ผลทางสถิติและหาความแตกต่างทางสถิติของคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป เพื่อคัดเลือกประมาณแป้งข้าวทับทิมชุมแพที่เหมาะสมที่สุดในการทดแทนในเส้นพาสต้า

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้วิเคราะห์ (Data Analysis and Statistics)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design ; CRD) และวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple - Range Test) วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป



บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ศึกษาผลการวิเคราะห์ค่าสีของพาสต้าเสริมข้าวทับทิมชุมแพ

การเติมข้าวทับทิมชุมแพลงในพาสต้ามีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) แสดงดังตารางที่ 1 ค่าความสว่างและค่าความเป็นเหลืองของเส้นพาสต้าจะลดลงตามสัดส่วนของแป้งทับทิมชุมแพที่เพิ่มขึ้น ก่อนและหลังการปรุงอาหาร เมื่อปริมาณแป้งข้าวเจ้าทับทิมชุมแพเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่สูงขึ้น ค่าสีแดงจะเพิ่มขึ้นทั้งก่อนต้มและหลังต้ม ค่าสีแดงที่เพิ่มขึ้นของพาสต้าอาจเนื่องมาจากสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นเม็ดสีที่ทำให้ข้าวทับทิมชุมแพมีสีม่วงแดง (Shao, Y. et al., 2014) ค่า Chroma (C^*) คือค่าที่แสดงถึงความเข้มของสี ค่า C ไกลศูนย์แสดงว่าวัตถุดิบมีความเข้มของสีต่ำกว่าจนเปลี่ยนเป็นสีเทา หากค่าสีเพิ่มขึ้น แสดงว่าวัตถุดิบมีความเข้มของสีเพิ่มขึ้น (McGuire R.G., 1992) การทดลองพบว่าค่า C^* ของพาสต้าทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพอยู่ในช่วง 16.64-19.08 เมื่อเติมแป้งข้าวทับทิมชุมแพมากขึ้นทำให้พาสต้ามีค่ามุมของเฉด (h^*) ลดลง โดยพาสต้าที่ทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพ 15 - 60 มีค่า h^* ลดลงช่วง 50 - 80 ซึ่งอยู่ในช่วงสีเหลืองไปทางแดง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 4.1 พาสต้าทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพก่อนและหลังต้ม

เส้นพาสต้าหลังการต้มมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองลดลงมากกว่าก่อนการต้ม (ตารางที่ 1) อาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างกระบวนการต้มเมื่อมีปฏิกิริยสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มคาร์บอนิลของน้ำตาลรีดิวซ์ (เช่น กลูโคส มอลโตส ฟรุคโตส) และกรดอะมิโน (ส่วนใหญ่เป็นไลซีนและอาร์จินีน) ซึ่งเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง (Varzakas T, Tzia C., 2015) ปฏิกิริยา Maillard reaction อาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างกระบวนการต้ม ความร้อนอาจทำลายเม็ดสีในข้าวทับทิมชุมแพจึงทำให้ค่าสีลดลง (Kraithong, S., & Rawdkuen, S., 2021)

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพค่าสีของแป้งข้าวทับทิมชุมแพ ที่ทดแทนแป้งสาลีในเส้นพาสต้าสด

ปริมาณข้าวทับทิมชุมแพ	Control	15 (%)	30 (%)	45 (%)	60 (%)
ค่าสีก่อนต้ม					
L*	68.47±0.16 ^a	67.34±0.06 ^b	66.60±0.20 ^c	61.55±0.19 ^d	58.50±0.36 ^e
a*	2.61±0.19 ^e	7.44±0.19 ^d	8.27±0.05 ^c	9.37±0.16 ^b	9.96±0.09 ^a
b*	18.91±0.17 ^a	17.40±0.26 ^b	16.79±0.07 ^c	14.24±0.26 ^d	13.34±0.20 ^e
C*	19.08±0.19 ^a	18.93±0.19 ^a	18.71±0.08 ^a	17.05±0.30 ^b	16.64±0.22 ^c
H (°)	82.14±0.50 ^a	88.83±0.80 ^b	63.75±0.05 ^c	56.67±0.09 ^d	53.51±0.31 ^e
ค่าสีหลังต้ม					
L*	71.53±0.17 ^a	66.38±0.05 ^b	64.27±0.10 ^c	59.56±0.06 ^d	55.50±0.20 ^e
a*	0.45±0.02 ^e	4.85±0.72 ^d	5.95±0.22 ^c	7.76±0.18 ^b	9.14±0.12 ^a
b*	12.33±0.58 ^a	11.99±0.35 ^a	11.25±0.19 ^b	9.61±0.23 ^c	9.76±0.24 ^c
C*	12.21±0.71 ^b	12.93±0.59 ^{ab}	12.73±0.26 ^{ab}	12.35±0.29 ^b	13.37±0.25 ^a
H (°)	88.67±1.12 ^a	68.04±2.36 ^b	63.33±1.56 ^c	50.53±0.71 ^d	46.75±0.53 ^e

หมายเหตุ *ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a-d ในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาในการปรุงสุกที่ทดแทนแป้งสาลีในเส้นพาสต้า

จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณข้าวทับทิมชุมแพมากขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาในการปรุงสุก (cooking time) มากขึ้น น้ำหนักหลังปรุงสุก (cooking yield) ลดลง ปริมาณของแข็งที่สูญเสีย (Cooking loss) เพิ่มมากขึ้น อาจเป็นเพราะโครงสร้างของแป้งข้าวสาลีกับข้าวทับทิมชุมแพมีความแตกต่างกันและเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวทับทิมชุมแพทำให้น้ำกระจายเข้าสู่โครงสร้างของแป้งได้ยากขึ้นส่งผลทำให้ระยะเวลาในการปรุงสุกมากขึ้น (ภักวีณ์ เดชชีวะ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2016) เมื่อเพิ่มปริมาณข้าวทับทิมชุมแพมากขึ้นน้ำหนักหลังปรุงสุกลดลง ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มมากขึ้น การสูญเสียในการปรุงอาหารขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของ

โครงสร้างเจลของพาสต้า การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวทับทิมชุมแพมากขึ้นทำให้โครงสร้างของเจลลดลง ความร้อนทำให้โปรตีนเสียสภาพ เม็ดแป้งจะดูดน้ำและพองตัวขึ้น ถ้าเม็ดแป้งไม่แตกออกปริมาณอะไมโลสในเม็ดแป้งจะละลายออกมาได้น้อยในน้ำที่ใช้ต้ม ร่องแหวะไมโลสทำหน้าที่เป็นตัวช่วยกักเก็บน้ำไว้ภายในได้ดีจะต้องทำให้เม็ดแป้งสุกและแตกออกทำให้ปริมาณอะไมโลสละลายออกมาได้ส่งผลทำให้สูญเสียระหว่างการต้มสูงยิ่งใช้เวลาในการต้มนานอะไมโลสจะละลายออกมามากขึ้นลักษณะโพรงที่เกิดขึ้นถ้ามีขนาดใหญ่จะกักน้ำได้มากกว่าจึงทำให้มีผลต่อเวลาที่ใช้ (มาโนชญ์ สุธีพัฒน์นันท์, 2546) พาสต้าสูตรควบคุมมีส่วนประกอบจากแป้งข้าวสาลีจึงมีการสูญเสียหลังจากการปรุงนึ่งน้อยที่สุด เนื่องจากในข้าวสาลีมีปริมาณกลูเตนสูงจึงทำให้สามารถดักจับแป้งและองค์ประกอบอื่นๆ ได้ดี แต่แป้งข้าวทับทิมชุมแพเม็ดแป้งมีการบวมน้อยทำให้รักษาโครงสร้างเครือข่ายกลูเตนบริเวณรอบนอกที่หนาแน่นไว้ทำให้เนื้อสัมผัสแข็งแรงขึ้น โครงสร้างไม่ได้รับความเสียหายที่ขอบด้านนอกในพาสต้าที่ผ่านการต้ม หลังการต้มเมื่อใช้เวลานานขึ้นส่งผลให้โครงสร้างพื้นผิวอ่อนแอลงและมีการสูญเสียจากการหุงต้มสูง ระดับการบวมของแป้งที่ขอบด้านนอกและความแตกต่างในโครงสร้างเครือข่ายกลูเตนส่งผลต่อความสมบูรณ์ของโครงสร้างและกำหนดความหยาบของพื้นผิว (Ohmura M., et al., 2023)

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาในการปรุงสุกที่ทดแทนแป้งสาลีในเส้นพาสต้า

ปริมาณข้าวทับทิมชุมแพ (%)	cooking Time (min)	cooking yield(%)	cooking loss(%)
Control	2	186.23±4.65 ^a	2.46±0.20 ^d
15	2.5	180.13±7.32 ^a	2.91±0.05 ^c
30	2.5	165.21±3.96 ^b	3.21±0.81 ^b
45	3	158.13±2.18 ^b	3.50±0.14 ^a
60	3.5	142.71±2.98 ^c	3.68±0.18 ^a

หมายเหตุ *ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a-d ในแนวนั่ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและโครงสร้างภายในของแป้งข้าวทับทิมชุมแพที่ทดแทนแป้งสาลีในเส้นพาสต้า

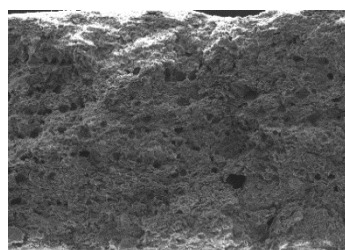
จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้านความต้านทานต่อแรงดึงขาดเป็นคุณสมบัติที่ต้องการหลังจากต้มเส้นพาสต้าสุกแล้ว จากการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวทับทิมชุมแพมากขึ้นความต้านทานต่อแรงดึงขาดน้อยลง ส่งผลให้เส้นพาสต้าขาดง่าย มีการยืดเกาะต่ำ เส้นพาสต้ามีความแข็งแรงมากขึ้น ความแข็งแรงของเส้นพาสต้าเป็นผลมาจากปริมาณอะไมโลสและโปรตีนทำให้เกิดเครือข่ายสามมิติของอะไมโลสที่แข็งแรง (Ahmed, I. et al., 2015) (Kraithong, S., and Rawdkuen, S., 2021) (Chung, H. J. et al., 2012). เมื่อสัมผัสความร้อนเม็ดแป้งข้าวทับทิมชุมแพมีการบวมลดลงทำให้รักษาโครงสร้างเครือข่ายกลูเตนบริเวณรอบนอกที่หนาแน่นไว้หลังการต้มทำให้มีเนื้อสัมผัสแข็งแรงเพิ่มขึ้น (Ohmura M., et al., 2023)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสแป้งข้าวทับทิมชุมแพ ที่ทดแทนแป้งสาลีในเส้นพาสต้า

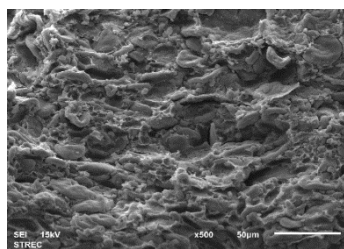
ปริมาณข้าวทับทิมชุมแพ (%)	ความต้านทานต่อแรงดึงขาด (g)	ด้านความแข็ง (g)
Control	65.58 ± 2.71 ^a	290.64 ± 33.98 ^d
15	59.66 ± 2.76 ^b	396.47 ± 10.03 ^c
30	34.82 ± 3.30 ^c	434.95 ± 19.03 ^b
45	33.24 ± 1.53 ^c	438.93 ± 5.44 ^{ab}
60	18.61 ± 2.54 ^d	463.57 ± 17.37 ^a

หมายเหตุ *ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a-d ในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

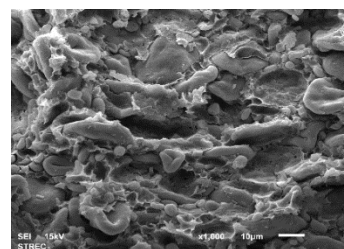
จากภาพที่ 2 การศึกษาโครงสร้างภายในของพาสต้าที่ทดแทนด้วยข้าวทับทิมชุมแพอัตราส่วนร้อยละ 0, 15, 30, 45 และ 60 ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope: SEM) ที่กำลังขยาย 75, 500 และ 1000 เท่า หลังการต้มสุกพบว่าเมื่อทดแทนด้วยปริมาณแป้งทับทิมชุมแพในพาสต้าทำให้โครงสร้างภายในเกาะกันแน่นขึ้นมีรูสีดำขนาดเล็กและใหญ่กระจายตัวไม่สม่ำเสมอเมื่อใช้ปริมาณแป้งทับทิมชุมแพเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 ขึ้นไป มองเห็นรูสีดำขนาดใหญ่มากขึ้นโครงสร้างภายในอัดแน่นมากขึ้นและพื้นผิวไม่เรียบเกิดโพรงอากาศขนาดใหญ่มากขึ้นแต่จำนวนโพรงอากาศลดลง ปริมาณกลูเตนช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและความแข็งแรงในระหว่างการหุงต้มของพาสต้า ระดับการบวมของแป้งที่ขอบด้านนอกและความแตกต่างในโครงสร้างเครือข่ายกลูเตนส่งผลต่อความสมบูรณ์ของโครงสร้างและกำหนดความหยาบของพื้นผิว (Ohmura M., et al., 2023) ซึ่งสอดคล้องกับ Bao Xing et al. (2023) และคณะได้รายงานว่าการหุงต้มแป้งโปรตีนกลูเตนในพาสต้ามีความหนาแน่นและมีรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก มีโครงสร้างรังผึ้งจำนวนมากในตัวอย่างที่ใช้แป้งคินัว (10%) การเติมแป้งคินัวพื้นเมืองและแป้งคินัวอก (20%) ส่งผลให้โครงสร้างของเครือข่ายกลูเตนและรูพรุนไม่สม่ำเสมอ และพบความต่อเนื่องของเครือข่ายกลูเตนหยุดชะงักในตัวอย่างที่ใช้แป้งคินัวปริมาณสูงขึ้น (30%) ซึ่งส่งผลต่อการขัดขวางการสร้างเครือข่ายกลูเตนที่สมบูรณ์ แป้งคินัวไม่มีกลูเตนเป็นตัวขัดขวางและทำให้ไม่เกิดเครือข่ายโปรตีนต่อเนื่อง รวมถึงเส้นใยอาหารที่เกิดจากแป้งคินัวอก เป็นตัวขัดขวางการสร้างโปรตีนกลูเตนทำให้ขาดความต่อเนื่องในการสร้างโครงสร้างของโปรตีน



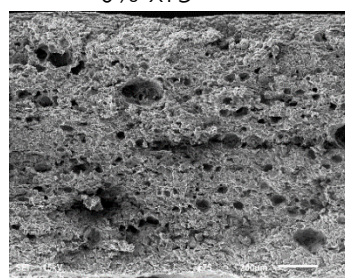
0% x75



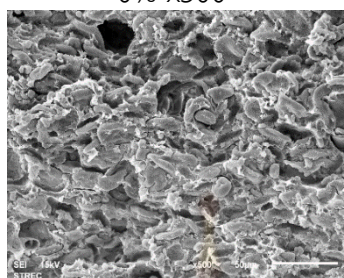
0% x500



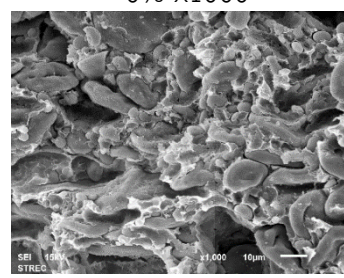
0% x1000



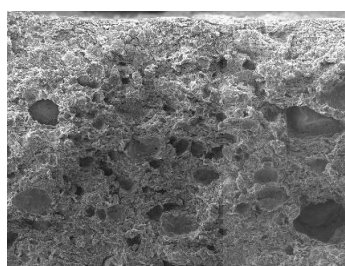
15% x75



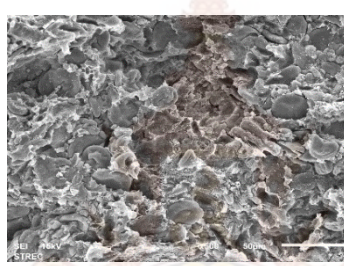
15% x500



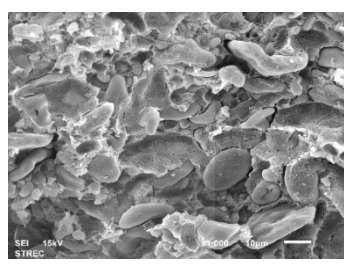
15% 1000



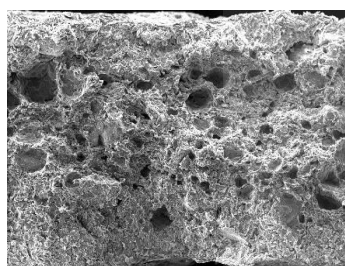
30% x75



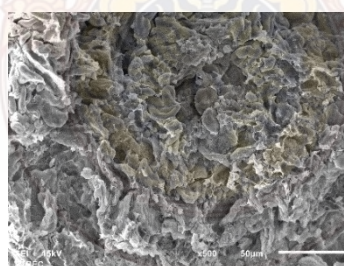
30% x500



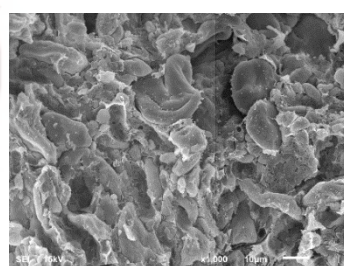
30% x1000



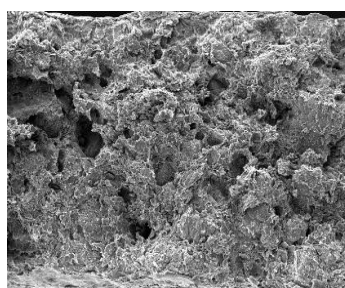
45% x75



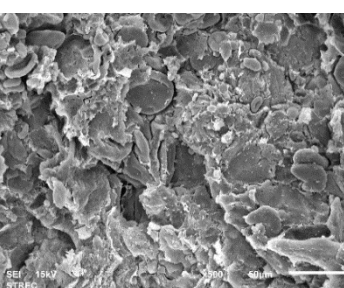
45% x500



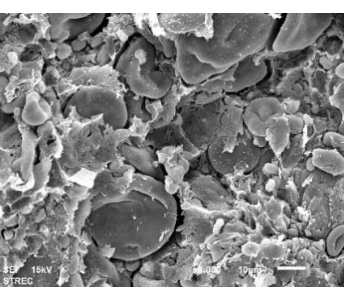
45% x1000



60% x75



60% x500



60% x1000

ภาพที่ 4.2 โครงสร้างภายในของพาสต้าทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพในระดับต่าง ๆ ที่ กำลังขยาย 75 - 1000

4.4 ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบทางเคมีของพาสต้าทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพ

ศึกษาศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของพาสต้าจากแป้งข้าวทับทิมชุมแพก่อนต้มและหลังต้มพบว่าพาสต้าที่ทดแทนด้วยข้าวทับทิมชุมแพปริมาณ 60% มีศักยภาพต้านอนุมูลอิสระดีกว่าพาสต้าสูตรควบคุมทั้งก่อนต้มและหลังต้ม เนื่องจากแป้งข้าวทับทิมชุมแพมีสีของรงควัตถุชนิดแอนโทไซยานิน และโปรแอนโทไซยานิน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการช่วยลดภาวะเครียดที่เกิดจากออกซิเดชัน (Chen, X.Q., et al. 2012) และมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง (Zhou, Z., et al. 2014) จึงมีความสามารถในการเข้าจับกับอนุมูลอิสระได้ดีกว่า เมื่อมีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพมากขึ้นจะมีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น ส่วนการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พาสต้าสดที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพทั้งก่อนต้มและหลังต้มพบว่าเมื่อทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพที่ปริมาณ 60% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าพาสต้าสูตรควบคุม เท่ากับ $4.32 \pm 0.16 \text{ mg GAE}^*/100 \text{ g sample}$ (แสดงดังตารางที่ 4) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจะมีความเกี่ยวข้องต่อการละลายของสารประกอบฟีนอลิกที่เป็นองค์ประกอบในข้าวทับทิมชุมแพ ซึ่งพบได้ในข้าวที่เยื่อหุ้มเมล็ดมีสี จัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ โดยข้าวสายพันธุ์ไทยสีแดงเป็นข้าวที่มีปริมาณฟีนอลิกสูงที่สุด โดยกรดฟีนอลิกที่พบมาในข้าวสีแดงได้แก่ กรดวานิลลิก กรดโปรโตแคตชอิก กรดเฟอรูลิก Merken et al., 2000) ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Tian, S., et al. (2004). จากการศึกษาพบว่ารำข้าวแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและแอนโทไซยานินสูงกว่าข้าวกล้องดำ สีของข้าวมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและโปรแอนโทไซยานิน

เมื่อเปรียบเทียบศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดระหว่างก่อนต้มและหลังต้มพบว่าปริมาณของสารทั้ง 2 มีปริมาณลดลงเมื่อพาสต้าผ่านความร้อน พาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพที่ 60% มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดเมื่อผ่านกระบวนการต้มแล้ว เนื่องจากกระบวนการต้มจะมีการแช่ในน้ำเดือด ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้แอนโทไซยานินและฟีนอลิกเกิดการสลายตัว ซึ่งกลไกของการสลายตัวของแอนโทไซยานินจะเกิดจากความร้อนเป็นตัวเหนี่ยวนำให้โครงสร้างของแอนโทไซยานินเกิดการออกซิเดชันและพันธะโคเวเลนต์ถูกเปิดออก ทำให้โครงสร้างเกิดการเปลี่ยนแปลง และแอนโทไซยานินและฟีนอลิกเป็นสารประกอบที่มีขั้วจึงทำให้สามารถสลายได้ในน้ำและความร้อน เป็นผลทำให้วิตามินอีและแกรมมาออโรซานอลลดลง ซึ่งส่งผลให้การต้านอนุมูลอิสระลดลงไปด้วย (Ma, S. et al., 2018)

ตารางที่ 4.4ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพาสต้าทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพ

Treatments	DPPH		TPC	
	DPPH	Boiled pasta% DPPH-	Raw pasta mg	Boiled pasta mg
	Raw pasta% DPPH-RSA*	RSA*	GAE*/100 g sample	GAE*/100 g sample
control	21.76 ± 0.41 ^d	13.32 ± 1.13 ^d	1.96 ± 0.04 ^d	0.90 ± 0.01 ^d
15%	43.51 ± 2.51 ^c	37.87 ± 4.37 ^c	2.32 ± 0.27 ^c	0.92 ± 0.02 ^{cd}
30%	61.51 ± 0.74 ^b	49.96 ± 2.60 ^b	2.56 ± 0.16 ^c	0.96 ± 0.01 ^{bc}
45%	62.07 ± 1.34 ^b	55.12 ± 0.32 ^a	2.90 ± 0.10 ^b	0.98 ± 0.03 ^b
60%	67.03 ± 1.06 ^a	58.09 ± 0.95 ^a	4.32 ± 0.16 ^a	1.08 ± 0.02 ^a

หมายเหตุ *ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a-d ในแนวนั่ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพาสต้าทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวทับทิมชุมแพสูงมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณโปรตีน โยอาหาร และเถ้าสูงกว่าผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าสูตรควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) พาสต้าจากแป้งข้าวทับทิมชุมแพมีปริมาณเถ้า โยอาหารสูงกว่าพาสต้าสูตรควบคุม เนื่องจากแป้งข้าวทับทิมชุมแพมีองค์ประกอบของโปรตีนต่ำและมีองค์ประกอบของเถ้า และเส้นใยสูงกว่าแป้งสาลี (Milde, L. B. et al., 2018) ซึ่งโปรตีนในข้าวส่วนใหญ่มักจะมีกรดอะมิโนไลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นในการสร้างโปรตีนที่สำคัญต่อร่างกาย ช่วยในการเจริญเติบโต การซ่อมแซมเนื้อเยื่อ สร้างภูมิคุ้มกัน ฮอรโมน รวมถึงเอนไซม์ต่าง ๆ (สายใจ ปอสูงเนิน และคณะ, 2018) เส้นพาสต้าจากแป้งข้าวทับทิมชุมแพ มีปริมาณโปรตีน และไขมันต่ำกว่าเส้นพาสต้าจากแป้งสาลี และปริมาณคาร์โบไฮเดรตของเส้นพาสต้าจากแป้งข้าวทับทิมชุมแพมีค่าต่ำกว่าเส้นพาสต้าสูตรควบคุมส่งผลทำให้มีพลังงานทั้งหมดน้อยกว่าสูตรควบคุม

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพาสต้าข้าวทับทิมชุมแพ

sample	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Fat (%)	Fiber (%)	Carbohydrate (%)
control	59.63±0.04 ^c	4.65±0.11 ^d	14.19±0.06 ^a	2.27±0.04 ^a	9.03±0.20 ^d	69.84±0.31 ^a
15%	60.33±0.38 ^b	5.11±0.15 ^c	13.20±0.05 ^b	1.70±0.05 ^b	11.02±0.37 ^c	68.95±0.54 ^b
30%	60.98±0.03 ^a	5.36±0.24 ^c	12.83±0.17 ^c	1.69±0.09 ^b	12.29±0.10 ^b	67.81±0.28 ^c
45%	61.02±0.08 ^a	6.38±0.15 ^b	11.94±0.15 ^d	1.26±0.02 ^c	13.02±0.27 ^a	67.37±0.22 ^c
60%	61.20±0.04 ^a	7.76±0.06 ^a	11.04±0.22 ^e	0.91±0.07 ^d	13.07±0.22 ^a	67.20±0.37 ^c

หมายเหตุ *ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a-d ในแนวนั่ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.5 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของแป้งข้าวทับทิมชุมแพที่ทดแทนแป้งสาลีในเส้นพาสต้า

จากตารางที่ 6 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการทดสอบความชอบ (hedonic scale 9 point) พบว่าพาสต้าที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพในปริมาณที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น ความยืดหยุ่น ความเรียบเนียน การกัดขาดและความชอบรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพที่ 45% ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบรวมมากที่สุด และมีสีและกลิ่นที่ได้รับความนิยมดีกว่าสูตรควบคุม ด้านความเรียบเนียน การกัดขาดใกล้เคียงสูตรควบคุม และพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพที่ 30% และ 45% ผู้บริโภคให้ความชอบด้านสี กลิ่น ความยืดหยุ่น การกัดขาดไม่แตกต่างกัน การทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพ 45 % ในเส้นพาสต้าที่อัตราส่วนนี้จะให้การยอมรับจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสรวมถึงมีสารต้านอนุมูลอิสระ เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และไขมันต่ำ ไม่แตกต่างจากการทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพ 60 %

ตารางที่ 4.6 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพาสต้าทดแทนด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพ

sample	control	15%	30%	45%	60%
สี	6.56 ± 0.89^b	7.03 ± 0.92^{ab}	7.30 ± 0.87^a	7.33 ± 0.92^a	6.96 ± 0.71^{ab}
กลิ่น	5.40 ± 0.85^b	5.66 ± 0.95^b	5.83 ± 0.87^{ab}	5.73 ± 0.86^{ab}	6.16 ± 0.91^a
รสชาติ ^{ns}	6.23 ± 0.81	6.40 ± 0.89	6.60 ± 0.56	6.70 ± 0.95	6.63 ± 0.88
ความยืดหยุ่น	6.5 ± 0.62^a	6.7 ± 0.85^a	6.43 ± 0.56^a	6.66 ± 0.88^a	3.2 ± 0.71^b
ความเรียบเนียน	7.33 ± 0.92^a	7.30 ± 0.95^a	7.00 ± 0.87^{ab}	6.66 ± 0.80^b	4.76 ± 0.97^c
การกัดขาด	6.86 ± 0.89^b	7.30 ± 0.83^{ab}	7.20 ± 0.96^{ab}	7.60 ± 0.77^a	3.33 ± 0.84^c
ความชอบรวม	6.70 ± 0.91^c	7.36 ± 0.80^b	7.70 ± 0.74^{ab}	7.90 ± 0.75^a	3.36 ± 0.76^d

หมายเหตุ *ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a-d ในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของพาสต้าที่ทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพที่ปริมาณ 0% 15% 30% 45% 60% พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพในผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ปริมาณ 45% เป็นปริมาณที่รับการยอมรับมากที่สุด ค่าสีแดงมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพที่มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณฟิสิกส์และศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีค่าสูงขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวทับทิมชุมแพมากขึ้น ระยะเวลาในการต้มมีค่าเพิ่มมากขึ้น แต่ค่าน้ำหนักหลังปรุงสุกลดลง ปริมาณของแข็งที่สูญเสียมีค่าเพิ่มมากขึ้น การศึกษาโครงสร้างภายในของพาสต้าที่ทดแทนด้วยข้าวทับทิมชุมแพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 75, 500 และ 1000 เท่า หลังการต้มสุกพบว่าเมื่อทดแทนด้วยปริมาณแป้งข้าวทับทิมชุมแพในพาสต้าทำให้โครงสร้างภายในเกาะกันแน่นขึ้นมีรูสีดาขนาดเล็กและใหญ่กระจายตัวไม่สม่ำเสมอเมื่อใช้ปริมาณแป้งข้าวทับทิมชุมแพเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 ขึ้นไป มองเห็นรูสีดาขนาดใหญ่มากขึ้นโครงสร้างภายในอัดแน่นมากขึ้นและพื้นผิวไม่เรียบเกิดโพรงอากาศขนาดใหญ่มากขึ้นแต่จำนวนโพรงอากาศลดลง ส่งผลต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้านความต้านทานต่อแรงดึงขาดเมื่อเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวทับทิมชุมแพมากขึ้นความต้านทานต่อแรงดึงขาดน้อยลง ทำให้เส้นพาสต้าขาดง่าย มีการยืดเกาะต่ำ เมื่อเพิ่มปริมาณข้าวทับทิมชุมแพมากขึ้นเส้นพาสต้ามีความแข็งแรงมากขึ้น ความแข็งแรงของเส้นพาสต้าเป็นผลมาจากปริมาณอมิโลสและโปรตีนในปริมาณที่สูงทำให้เกิดเครือข่ายสามมิติของอะมิโลสที่แข็งแรง ผลการวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบทางเคมีของพาสต้าทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวทับทิมชุมแพสูงมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณโปรตีน ใยอาหาร และเถ้าสูงกว่าผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าสูตรควบคุมพาสต้าจากแป้งข้าวทับทิมชุมแพมีปริมาณเถ้า ใยอาหารสูงกว่าพาสต้าสูตรควบคุม ดังนั้นจากงานวิจัยนี้ สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าเพื่อสุขภาพและยังลดต้นทุนในการผลิตพาสต้าและต้นทุนในการทำเข้าแป้งสาลีได้อีกด้วย อีกทั้งยังช่วยเพิ่มปริมาณการผลิตข้าวทับทิมชุมแพให้กับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวอีกด้วย

บรรณานุกรม

- กุลยา ลีมรุ่งเรืองรัตน์, อโนชา สุขสมบูรณ์ และ อาภัสรา แสงนาค. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวเจ้าเพื่อสุขภาพเสริมแป้งถั่ว. ชลบุรี : (วิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา).
- จิรนาถ ทิพย์รักษา และ สุภัทธร นุตวงแก้ว. (2552). พาสต้าเสริมเส้นใยจากแป้งถั่วแดงหลวง. กรุงเทพฯ: (วิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยสยาม).
- ญาณิ ไชยบุราณนนท์. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นสปาเกตตีสดเสริมใบชะคราม. กรุงเทพฯ: (คหกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร).
- ปิยมาศ มหาบุญญานนท์. (2546). คุณลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างภายในของพาสต้าข้าวเจ้าที่ได้จากการอัดพองโดยใช้ข้าวพันธุ์ต่าง ๆ. นครราชสีมา: (วิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี).
- พิมพ์เพ็ญ, นิธิยา. แป้งขนมปัง Bread flour. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://www.foodnetworksolution.com> (วันที่สืบค้น 27 พฤษภาคม 2565).
- ภักดิ์วัฒน์ เดชชีวะ, & อรอนงค์ นัยวิกุล. (2016). ผลของโปรตีนไข่ขาวผงต่อสมบัติทางเนื้อสัมผัสคุณภาพการหุงต้มและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสปาเกตตีแป้งข้าวปราศจากกลูเตน. วารสารวิจัยและพัฒนาวิจัย อลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 11(2), 37-46.
- มานิชญ์ สุธีรพัฒน์. (2546). รายงานการวิจัย : คุณลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างภายในของพาสต้าข้าวเจ้าที่ได้จากการอัดพอง. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- วิชัยยุทธ. ประโยชน์ของเกลือน้ำรู้. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://www.vichaiyut.com>. (วันที่สืบค้น 2 ธันวาคม 2565).
- หทัยชนก ศรีประไพ, ฉัตรชนก บุญไชย, & ยศสินี หัวดง. (2018). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าสดจากแป้งข้าวก่ำ. Thai Journal of Science and Technology, 7(1), 56-69.
- ศูนย์ข้อมูลข้าวตลาดเฉพาะ [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://www.thairicedb.com/> (วันที่สืบค้น 12 ตุลาคม 2565).
- สายใจ ปอสูงเนิน, ชีระ ธรรมวงศา. (2018). องค์ประกอบทางเคมีบางประการและคุณสมบัติด้านอนุโมลอสรีของข้าวพื้นเมืองในจังหวัดนครราชสีมา. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 23(2): 971-84.
- อุดมพร พุ่มพลี. (2554). การใช้สะระแหน่ (*Mentha cordifolia* Opiz.) เป็นสารเสริมในอาหารไก่เนื้อ. นครราชสีมา: (วิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี).
- Ahmed, I., Qazi, I. M., & Jamal, S. (2015). Quality evaluation of noodles prepared from blending of broken rice and wheat flour. Starch-Stärke, 67(11-12), 905-912.

- Bao Xing, Zhuo Zhang, Manli Zhu, Cong Teng, Liang Zou, Rui Liu, Lizhen Zhang, Xiushi Yang, Guixing Ren, Peiyu Qin. (2023). **The gluten structure, starch digestibility and quality properties of pasta supplemented with native or germinated quinoa flour.** *Journal of Food Chemistry*. 399. 133976.
- Bellissimo. **เปิดคัมภีร์พาสต้า เรื่องไม่ลับ ที่นักกินต้องรู้.** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://www.wongnai.com> (วันที่สืบค้น 3 ธันวาคม 2565).
- Benjakul, S., Kittiphattanabawon, P., Sumpavapol, P., & Maqsood, S. (2014). **Antioxidant activities of lead (*Leucaena leucocephala*) seed as affected by extraction solvent, prior dechlorophyllisation and drying methods.** *Journal of food science and technology*, 51(11), 3026-3037.
- Changsri, R., Bureerat, S., Prungkong, T., Pengrueng, A., Pongpanus, A., Rungwattanapong, T., & Rukchum, P. (2016). **RD69 (Tubtim Chumphae), A non glutinous rice variety.** *Thai Rice Research Journal*. 7(2): 30-46.
- Chumjit, S., Sangartit, W., Kukongviriyapan, U., Pakdeechote, P., Kukongviriyapan, V., & Thawornchinsombat, S. (2017). **Effects of Tubtim Chum Phae Rice Bran Hydrolysates on Blood Pressure and Oxidative Stress in L-NAME-induced Hypertensive Rats.** *KKU Research Journal (Graduate Studies)*, 17(3), 19-29.
- Chan, P. V., Meza, S. L. R., Manfre, D. L., Venturini, A. C., Yoshida, C. M. P., Schmiele, M., & Sinnecker, P. (2022). **Production of gluten-free pasta from black rice by-products: physicochemical, nutritional and sensory attributes.** *Research, Society and Development*, 11(11),
- Chung, H. J., Cho, A., & Lim, S. T. (2012). **Effect of heat-moisture treatment for utilization of germinated brown rice in wheat noodle.** *Journal of LWT-Food science and technology*. 47(2), 342-347.
- Chen, X.Q., Nagao, N., Itani, T. and Irifune, K. (2012). **Anti-oxidative analysis, and identification and quantification of anthocyanin pigments in different coloured rice.** *Food Chem*. 135: 2783-2788

- Cuomo, F., Cinquanta, C., Trivisonno, M. C., Falasca, L., Greco, M. M., Messina, M. C., & Marconi, E. (2024). **Durum wheat milling by-products for the production of pasta with high nutritional and cooking quality.** *LWT-Food Science and Technology*, 205, Article 116504. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116504>
- Finocchiaro, F., Ferrari, B., Gianinetti, A., Dall'Asta, C., Galaverna, G., Scazzina, F., & Pellegrini, N. (2007). **Characterization of antioxidant compounds of red and white rice and changes in total antioxidant capacity during processing.** *Molecular nutrition & food research*, 51(8), 1006-1019.
- Kraithong, S., & Rawdkuen, S. (2021). **Quality attributes and cooking properties of commercial Thai rice noodles.** *PeerJ*, 9, e11113.
- Ma, S., Yang, X., Wang, C., & Guo, M. (2018). **Effect of ultrasound treatment on antioxidant activity and structure of β -Lactoglobulin using the Box-Behnken design.** *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 596-606.
- Milde, L. B., Chigal, P. S., & Chiola Zayas, M. O. (2018). **Nutritional characterization of gluten free non-traditional pasta.** *International Journal of Food Science and Nutrition*, 3(5), 19-24.
- McGuire, R.G. (1992). **Reporting of objective color measurements.** *HortScience*, 27, 1254-1255.
- Merken, H.M. and Beecher, G.R., (2000). **Measurement of food flavonoids by highperformance liquid chromatography : A review,** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 577-599.
- Ohmura, M., Matsumiya, K., Maeda, T., Fujita, A., Hayashi, Y., & Matsumura, Y. (2023). **Effect of drying profiles on surface structure changes of durum wheat pasta during the boiling process.** *Journal of LWT-Food science and Technology*. 173. 114175., 173, 114175.
- Praew Waewpen. **ประวัติความเป็นมาของเส้นพาสต้า.** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://article.in.th> (วันที่สืบค้น 4 ธันวาคม 2565).
- Ponglong, J., Senggunprai, L., Tungsutjarit, P., Changsri, R., Proongkhong, T., Thawornchinsombut, S., & Pannangetch, P. (2018). **Hydrolysate and ethanolic extract of Tubtim-Chumphae Rice bran improve insulin resistance in high fat-high fructose diet fed rats.** *Srinagarind Medical Journal*, 33(5), 59-59.

- Shao, Y., Xu, F., Sun, X., Bao, J., & Beta, T. (2014). **Identification and quantification of phenolic acids and anthocyanins as antioxidants in bran, embryo and endosperm of white, red and black rice kernels (*Oryza sativa* L.)**. *Journal of Cereal Science*, 59(2), 211-218.
- Sies, H., Stahl, W. & Sundquist, A. (1991). **Antioxidant functions of vitamins, vitamin E and C, beta-carotene and other carotenoids**. *Annals of the New York Academy of sciences*. 368: 7-19
- Thongkaew, C., & Singthong, J. (2020). **Effect of partial substitution of Riceberry rice flour on rice noodles quality**. *Food Research*, 4(4), 9-16.
- Tian, S., Nakamura, K., & Kayahara, H. (2004). **Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice**. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52 (15), 4808-4813.
- Varzakas T, Tzia C. (2015). **Handbook of food processing: food preservation**. Florida: CRC Press
- Wanna, A., Singanusong, R., Wichaphon, J., & Klangpetch, W. (2015). **Effect of extraction solvents on antioxidant and antibacterial activities of riceberry bran extracts**. 17th Food Innovation Asia Conference 2015 (FIAC 2015) Innovative ASEAN Food Research towards the World Bangkok, Thailand, 423-428.
- Zhou, Z., Chen, X., Zhang, M. and Blanchard, C. (2014). **Phenolics, flavonoids, proanthocyanidin and antioxidant activity of brown rice with different pericarp colors following storage**, *Journal of Stored Products Research*. 59: 120-125.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 1

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

1. การใช้เครื่องวัดสีพร้อมโปรแกรม



ภาพที่ ก 1.1 เครื่องวัดสี (Hunter Lab รุ่น Color Quest XE)

วิธีการ

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 พร้อมสำหรับวัดตัวอย่างในส่วนของการ Transmission

1.5 ทำการกำหนด JOB โดยเข้า Menu File เลือก JOB โดยถ้า JOB ใหม่ กด New Job, JOB เก่า กด 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. วิธีการใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)



ภาพที่ ก 1.2 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)

วิธีการ

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 ให้เลือกชื่อไฟล์ตามต้องการ 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 plate form 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

ค่าความแน่นเนื้อแป้งทำเส้นพาสต้า

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

ค่าแรงตัดแป้งทำเส้นพาสต้า

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: 40mm
 Trigger Type: Auto-5g
 Data Acquisition Rate: 200 pps

2.3.2 ถ้าต้องการบันทึกข้อมูลไว้ให้คลิก Save กรณีจะเรียกข้อมูลที่มีอยู่เดิมให้คลิก 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 พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีความหมายดังนี้

Auto Save: บันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติตาม drive หรือ path ที่ตั้งไว้

Field Id: ตั้งชื่อไฟล์สำหรับกราฟแสดงผล (5 ตัวอักษร)

Field No: ตั้งหมายเลขไฟล์ (จำเป็นในครั้งแรกเพราะจะเพิ่มขึ้นเองโดยอัตโนมัติ หลังจากที่แต่ละไฟล์ถูกบันทึก)

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

ภาคผนวก ก 2

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

1) การวิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 2000)



ภาพภาคผนวก ก 2.1 ตู้อบไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิ

วิธีการวิเคราะห์

1. อบจานอลูมิเนียมที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นใน desicator และนำมาชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2-3 กรัม (ละเอียดถึง 0.0001 กรัม) ใส่ในจานอลูมิเนียมที่อบแห้งและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว บันทึกน้ำหนัก
3. อบจานอลูมิเนียมพร้อมตัวอย่างในตู้อบใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบและปิดจานอลูมิเนียม ทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator และชั่งน้ำหนัก
5. นำเข้าอบต่ออีกครั้งละ 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักที่คงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.0002 กรัม)

วิธีคำนวณ

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

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. นำไปเผาด้วยไฟอ่อนๆบนเตาเผาไฟฟ้า โดยเพิ่มความร้อนขึ้นทีละน้อย จนตัวอย่างไหม้เกรียมและเผาต่อจนหมดควัน
3. นำไปเผาคือในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550°C จนได้เถ้าสีขาว (ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง) ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที ชั่งน้ำหนัก

วิธีการคำนวณ

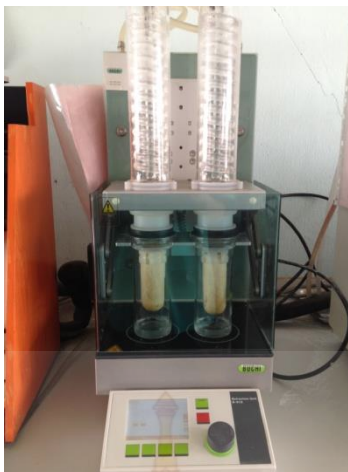
$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมด (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง เป็นกรัม

W_1 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างและถ้วยกระเบื้องเคลือบ เป็นกรัม

3) การวิเคราะห์ไขมัน (AOAC, 2000)



ภาพภาคผนวก ก 2.3 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน

วิธีวิเคราะห์

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

วิธีการคำนวณ

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

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง เป็นกรัม

W_1 = น้ำหนัก ขวดแก้ว เป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างและขวดแก้ว เป็นกรัม



4) การวิเคราะห์โปรตีน (AOAC, 2000)



ภาพภาคผนวก ก 2.4 เครื่องย่อยโปรตีนและเครื่องกลั่นโปรตีน

วิธีวิเคราะห์การย่อยโปรตีน (K-424, Buchi (Thailand))

1. เปิดสวิตช์ด้านหลังเครื่อง และเริ่มวอร์มเครื่องโดยปรับปุ่มให้ความร้อนทั้ง 2 ด้าน ที่ตำแหน่ง 10 นานประมาณ 5 นาที
2. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดใส่ลงในหลอดย่อยที่วางบนตะแกรง (rack)
3. เติมหะดะลิสต์ที่เหมาะสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟตกับโพแทสเซียมซัลเฟต (อัตราส่วน 0.5 ต่อ 10 ตามลำดับ) ลงในหลอดย่อยประมาณ 10-15 กรัม
4. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นประมาณ 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 จากนั้นนำตัวอย่างในฟลาสไปไตเตรตต่อไป
8. หลังจากทำงานเสร็จควรทำการ Cleaning โดยใส่น้ำลงไปในหลอดย่อยประมาณ 300 ml แล้วกด Start

วิธีการคำนวณ

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

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

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง เป็นกรัม

N = ความเข้มข้นของกรดเป็นนอร์มอล

V_1 = ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

V_2 = ปริมาตรกรดที่ใช้ไตเตรต Blank

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



ภาพภาคผนวก ก 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 มิลลิลิตรปรับความร้อนให้เดือดสม่ำเสมอ 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 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
9. ทำให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่ง Filter crucible พร้อมตะกอน บันทึกน้ำหนัก (W_2)
10. นำ Filter crucible พร้อมตะกอนไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
11. ทำให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่ง Filter crucible พร้อมเถ้าที่เหลือ บันทึกน้ำหนัก (W_3)

วิธีการคำนวณ

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

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)

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



ภาคผนวก ข

แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของการ

ศึกษาการทดแทนแป้งข้าวเจ้าสีต่างๆในผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้า

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง

1. ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบประเมิน

2. อายุ ☐ ต่ำกว่า 20 ปี ☐ 20-30 ปี ☐ 31-40 ปี
☐ 41-50 ปี ☐ 51-60 ปี ☐ 61 ปีขึ้นไป

3. คำชี้แจงให้ผู้ทดสอบชิมเส้นพาสต้าจากนั้นให้คะแนนความพึงพอใจโดยให้คะแนนความชอบดังต่อไปนี้ ระดับความชอบ

คะแนน 9 คือ ชอบมากที่สุด คะแนน 8 คือ ชอบมาก คะแนน 7 คือ ชอบปานกลาง
 คะแนน 6 คือ ชอบเล็กน้อย คะแนน 5 คือ เฉยๆ คะแนน 4 คือ ชอบเล็กน้อย
 คะแนน 3 คือ ชอบปานกลาง คะแนน 2 คือ ชอบน้อย คะแนน 1 คือ ชอบน้อยที่สุด
 ข้าวชนิดที่ 1 ข้าวเจ้าข43

รายการ	201	311	416	694
สีของเส้นพาสต้า				
กลิ่นของเส้นพาสต้า				
รสชาติของเส้นพาสต้า				
ความยืดหยุ่นของเส้นพาสต้า				
ความเรียบเนียนของเส้นพาสต้า				
การกักซาดของเส้นพาสต้า				
ความชอบโดยรวมของเส้นพาสต้า				

ข้อเสนอแนะ

.....
