

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของแป้งจากเศษเหลือทิ้งของทุเรียนต่อคุณภาพของ
พาสต้าปราศจากกลูเตน

Effect of flour from durian waste on quality of
gluten free pasta

นางสาวนรินทร์ เจริญพันธ์
นางสาววิดา กวานเขียน

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 555192

สัญญาเลขที่ 8/2560

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของแป้งจากเศษเหลือทิ้งของทุเรียนต่อคุณภาพของ
พาสต้าปราศจากกลูเตน

Effect of flour from durian waste on quality of
gluten free pasta

นางสาวนรินทร์ เจริญพันธ์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา

นางสาววิดา กวานเทียน

สำนักวิชาสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 8/2560

Acknowledgment

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 8/2560)

บทคัดย่อ

พาสต้าปราศจากกลูเตนเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ต้องการทางการค้าในระดับสูง โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภคที่มีการอาการแพ้กลูเตน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมและผลของแป้งจากส่วนเนื้อ เมล็ด และเปลือกทุเรียนต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ พบว่า ค่าความแน่นเนื้อ และความเหนียวของพาสต้า ปราศจากกลูเตนแปรผันตรงกับปริมาณแป้งทุเรียน ค่าความสว่าง ค่า b^* และ คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของพาสต้าปราศจากกลูเตนมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณแป้งทุเรียนที่เพิ่มขึ้น สูตรที่เหมาะสมในการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งทุเรียน ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งจากเนื้อทุเรียน แป้งจากเมล็ดทุเรียน แป้งจากเปลือกทุเรียน แชนแทนกัม ไซโก เกลือ และน้ำมันมะกอก เท่ากับ 35.1, 13.5, 5.4, 18, 18, 10, 2, 60, 1 และ 2 กรัม ตามลำดับ โดยมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคประมาณเท่ากับ 7.58 ± 0.75 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

Abstract

Gluten free pasta (GFP) has become a high demand commercial product, mostly from those with celiac disease. The objective of this research was to investigate the suitable ratio and effect of flour from flesh, inner seed, and inner layer of shell on quality of GFP was investigated. This work used completely randomized design for experiments. The results showed that the level of durian flour substitute increases, the firmness (g) and toughness (g.cm) of GFP was increased. Lightness (L^* value), b^* value and sensory scores were decreased when durian flour was increased. In conclusion, the optimum formulation of GFP contained of 35.1 g rice flour, 13.5 g potato flour, 5.4 g tapioca flour, 18 g durian flesh flour, 18 g durian seed flour, 10 g durian inner layer of shell flour, 2 g xanthan gum, 60 g egg, 1 g salt and 2 g olive oil that would meet acceptability scores of at least 7.58 ± 0.75 or like moderately.

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ii
บทคัดย่อ	iv
สารบัญเรื่อง (Table of Contents)	v
สารบัญตาราง (List of tables)	iv
สารบัญภาพ (List of illustrations)	viii
บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
อุปกรณ์และวิธีการ	10
สารเคมีและอุปกรณ์	10
วิธีการ	12
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	21
สรุปและข้อเสนอแนะ	55
สรุป	55
ข้อเสนอแนะ	56
ผลผลิต	57
รายงานการเงิน	58
บรรณานุกรม	59
ประวัตินักวิจัยและคณะ	65

สารบัญตาราง (List of tables)

ตาราง		หน้า
1	อัตราส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่ง ที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์	17
2	อัตราส่วนของแป้งผสมและแป้งจากเนื้อทุเรียน	17
3	อัตราส่วนของแป้งผสมและแป้งจากเมล็ดทุเรียน	18
4	อัตราส่วนของแป้งผสมและแป้งจากเปลือกทุเรียน	18
5	ราคาเฉลี่ยและอัตราส่วนประกอบของทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภค ในช่วงฤดูกาล	22
6	ค่าสีของแป้งจากส่วนต่างๆ ของทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภค	24
7	ผลของ MIC สารสกัดแป้งทุเรียนทั้ง 8 ชนิด มีความเข้มข้น 200 ug/ml ต่อเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส	27
8	ผลของ MIC สารสกัดแป้งทุเรียนทั้ง 8 ชนิด มีความเข้มข้น 200 ug/ml ต่อเชื้อเอสเชอริเชีย โคลิ	28
9	ผลของ MIC สารสกัดแป้งทุเรียนทั้ง 8 ชนิด มีความเข้มข้น 200 ug/ml ต่อเชื้อแคนดิดา อัลบิแคนส์	29
10	ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดแป้งทุเรียน ทดสอบ ABTS radical scavenging activity แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ($SC_{50} + SE$)	31
11	ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดแป้งทุเรียน โดยการทดสอบ Nitric oxide scavenging activity แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ($SC_{50} + SE$)	32
12	ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดแป้งทุเรียน ทดสอบ Superoxide scavenging activity แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ($SC_{50} + SE$)	33
13	ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดแป้งทุเรียน ทดสอบ Hydroxyl radical scavenging activity แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ($SC_{50} + SE$)	34
14	ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดแป้งทุเรียน ทดสอบ Metal ion chelating activity แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่สามารถจับไอออนของโลหะได้ร้อยละ 50 ($CC_{50} + SE$)	34
15	ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดแป้งทุเรียน ทดสอบ Metal ion chelating activity แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่สามารถจับไอออนของโลหะได้ร้อยละ 50 ($IC_{50} + SE$)	35

ตาราง	หน้า
16 ความเป็นพิษของสารสกัดแปงทุเรียน โดยการทดสอบ MTT แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่ทำให้เซลล์ RAW 264.7 ตายร้อยละ 50 (CC_{50} + SE)	37
17 ฤทธิ์การยับยั้งการสร้าง NO ของสารสกัดแปงทุเรียน แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่ยับยั้งการสร้าง NO ของเซลล์ RAW 264.7 ลงร้อยละ 50 (IC_{50} + SE)	38
18 ปริมาณ Total phenolic content ในสารสกัดแปงทุเรียน	39
19 ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ระหว่างการผสม และการรีดเป็นเส้น	40
20 ร้อยละน้ำหนักที่หายไปในการต้ม และ ร้อยละของน้ำหนักที่ได้ของเส้นพาสต้า	41
21 ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ระหว่างการนวด การรีด และหลังการต้มของเส้นพาสต้าที่เติมแปงจากเนื้อทุเรียน	43
22 น้ำหนักที่หายไป น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ความแน่นเนื้อ และความเหนียวของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแปงจากเนื้อทุเรียน (0-100 %) ก่อนและหลังต้ม	45
23 ค่าสีของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแปงจากเนื้อทุเรียน (0-100 %) ก่อนและหลังต้ม	46
24 คะแนนความชอบ (n = 30) ของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแปงจากเนื้อทุเรียน (0-100 %)	46
25 ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ระหว่างการนวด การรีด และหลังการต้มของเส้นพาสต้าที่เติมแปงจากเมล็ดทุเรียน	47
26 น้ำหนักที่หายไป น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ของเส้นพาสต้า ความแน่นเนื้อ และความเหนียวของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแปงจากเมล็ดทุเรียน (0-40 %) ก่อนและหลังต้ม	49
27 ค่าสีของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแปงจากเมล็ดทุเรียน (0-40 %) ก่อนและหลังต้ม	49
28 คะแนนความชอบ (n = 30) ของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแปงจากเนื้อทุเรียน (25 %) แปงจากเมล็ดทุเรียน (0-40 %)	50
29 ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ระหว่างการนวด การรีด และหลังการต้มของเส้นพาสต้าที่เติมแปงจากเปลือกทุเรียน	51
30 น้ำหนักที่หายไป น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ของเส้นพาสต้า ความแน่นเนื้อ และความเหนียวของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแปงจากเปลือกทุเรียน (0-20 %) ก่อนและหลังต้ม	52
31 ค่าสีของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแปงจากเปลือกทุเรียน (0-20 %) ก่อนและหลังต้ม	52
32 คะแนนความชอบ (n = 30) ของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแปงจากเนื้อทุเรียน (25 %) แปงจากเมล็ดทุเรียน (20 %) และแปงจากเปลือกทุเรียน (0-20 %)	53
33 องค์ประกอบทางเคมีพาสต้า	54

สารบัญภาพ (List of illustrations)

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะปรากฏของทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภคในปัจจุบัน	21
2	ลักษณะของเนื้อในเมล็ดทุเรียน เนื้อทุเรียน และเปลือกด้านในของทุเรียน	22
3	ลักษณะของแบ่งจากส่วนต่างๆ ของทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภค	23
4	โครงสร้างของแบ่งจากส่วนเนื้อ เมล็ด และเปลือกทุเรียนหุ้ม พันธุ์ที่นิยมบริโภคด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)	25
5	ผลของสารสกัดแบ่งทุเรียนทั้ง 8 ชนิด ต่อเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส	27
6	ผลของสารสกัดแบ่งทุเรียนทั้ง 8 ชนิด ต่อเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล	28
7	ผลของสารสกัดแบ่งทุเรียนทั้ง 8 ชนิด ต่อเชื้อแคนดิดา อัลบิแคนส์	29
8	Mixture response surface contour plots แสดงผลของแบ่งข้าวเจ้า แบ่งมันสำปะหลัง และแบ่งมันฝรั่ง ต่อค่าหนักที่หายไปในการต้ม และน้ำหนักที่ได้ของเส้นพาสต้า	41
9	ค่าสีของเส้นพาสต้าก่อนต้ม	42
10	ลักษณะของเส้นพาสต้าที่มีการเติมแบ่งผสมและแบ่งจากเนื้อทุเรียนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน	44
11	ลักษณะของเส้นพาสต้าที่มีการเติมแบ่งผสมและแบ่งจากเมล็ดทุเรียนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน	48
12	ลักษณะของเส้นพาสต้าที่มีการเติมแบ่งผสมและเปลือกจากเนื้อทุเรียนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน	51
13	ลักษณะปรากฏของพาสต้าปราศจากกลูเตนก่อนและหลังต้ม	54

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว รสชาติหวานมัน กลมกล่อม พบมากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีขนาดใหญ่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเนื้อทุเรียนร้อยละ 30 และเศษเหลือทิ้งจากการบริโภคร้อยละ 70 (เปลือกและเมล็ด) (Cornelia *et al.*, 2015) การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทิ้งจะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตทุเรียนอย่างเต็มประสิทธิภาพ และลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นได้ องค์ประกอบทางเคมีของทุเรียนมีคาร์โบไฮเดรตปริมาณสูงสุด โปรตีนและไขมันในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน การนำทุเรียนตกเกรดและเศษเหลือทิ้งจากทุเรียนมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ได้

พาสต้า (pasta) เป็นผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวสาลีมีปริมาณโปรตีนและกลูเตน (gluten) สูง กระบวนการผลิตเริ่มจากการนำแป้งสาลีมาผสมกับน้ำให้เป็นโด (dough) จากนั้นรีดให้เป็นแผ่น หรือขึ้นรูปให้มีรูปร่างต่างๆ กลูเตนเป็นไกลโคโปรตีนที่พบในส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มของธัญพืชบางชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ โรคแพ้กลูเตน (Coeliac Disease) เกิดจากระบบภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติ โดยจะผลิตสารแอนติบอดีออกมาทำลายเนื้อเยื่อในลำไส้เล็ก ทำให้ลำไส้เล็กเกิดอาการอักเสบและถูกทำลาย จำนวนผู้ที่มีอาการแพ้กลูเตนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลล่าสุดมีรายงานประชากรทั่วโลกใน 100 คน จะมีผู้ป่วยที่มีอาการแพ้กลูเตน 1 คน (Foschia *et al.*, 2016) ปัจจุบันมีการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งชนิดต่างๆ เช่น แป้งมันสำปะหลัง (Fiorada *et al.*, 2013) แป้งคีนัว (quinoa flour), แป้งข้าวมิลเลต (millet flour), แป้งถั่วขาว (white beans flour), แป้งบัควีท (buckwheat flour), amaranth flour (D'Amico *et al.*, 2015), แป้งข้าว (rice flour) (Sanguinetti *et al.*, 2015), ข้าวฟ่าง (sorghum flour) (Marengo *et al.*, 2015), แป้งฟักทอง (pumpkin flour), แป้งเมล็ดทุเรียน (durian seed flour) (Mirhosseini *et al.*, 2015) และ ถั่วปากอ้า (faba bean flour) (Rosa-Sibakov *et al.*, 2016) เป็นต้น ดังนั้นแนวคิดการแปรรูปทุเรียนตกเกรดและเศษเหลือทิ้งของทุเรียนเป็นแป้งเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์พาสต้า เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับผู้บริโภคที่หลีกเลี่ยงอาหารที่มีส่วนผสมของกลูเตน ทั้งยังเป็นการอนุรักษ์ทุเรียนผลไม้ไทยให้คงอยู่ ใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทิ้งอย่างเต็มประสิทธิภาพ ช่วยลดปริมาณขยะและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนได้ องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแป้งทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภค
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้แป้งทุเรียนในการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตน
3. เพื่อศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งทุเรียน

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ผลิตแป้งจากส่วนของเนื้อ เมล็ด และเปลือกของทุเรียน ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม และตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแป้งที่ผลิตได้ ใช้กระบวนการทางสถิติในการศึกษาอัตราส่วนและวิธีการที่เหมาะสมในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตน ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ผลิตได้

ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ทุเรียนเป็นผลไม้ในวงศ์ฝ้าย (Malvaceae) ในสกุลทุเรียน เป็นผลไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบซึ่งได้ชื่อว่าเป็นราชาของผลไม้ ผลทุเรียนมีขนาดใหญ่และมีหนามแข็งปกคลุมทั่วเปลือก ลำต้นตรง สูง 25-50 เมตร ขึ้นอยู่กับชนิด แตกกิ่งเป็นมุมแหลมปลายกิ่งตั้งกระจายกิ่งกลางลำต้นขึ้นไป เปลือกชั้นนอกลำต้นมีสีเทาแก่ ผิวขรุขระหลุดลอกออกเป็นสะเก็ด ไม่มียาง ใบเป็นใบเดี่ยว เกิดกระจายทั่วกิ่ง เกิดเป็นคู่อยู่ตรงกันข้ามกับหน้าเดียวกัน ก้านใบกลมยาว 2-4 เซนติเมตร แผ่นใบรูปไข่แกมขอบขนานปลายใบเรียวแหลมยาว 10-18 เซนติเมตร ผิวใบเรียบลื่น มีขนวล ใบด้านบนมีสีเขียว ท้องใบมีสีน้ำตาล เส้นใบด้านล่างนูนเด่น ขอบใบเรียบ ดอกเป็นดอกช่อ มี 3-30 ช่อบนกิ่งเดียวกัน เกิดตามลำต้น และกิ่งก้านยาว 1-2 เซนติเมตร ลักษณะดอกสมบูรณ์เพศมีกลีบเลี้ยงและกลีบดอก 5 กลีบบางครั้งอาจมี 4 หรือ 6 กลีบ มีสีขาวหอม

ลักษณะดอกคล้ายระฆัง มีช่วงเวลาออกดอก 1 ถึง 2 ครั้งต่อปีช่วงเวลาออกดอกขึ้นอยู่กับชนิดสายพันธุ์และสถานที่ปลูกเลี้ยง โดยทั่วไปทุเรียนจะให้ผลเมื่ออายุ 4-5 ปี โดยจะออกตามกิ่งและสุกหลังจากผสมเกสรไปแล้ว 3 เดือน ผลเป็นผลสดชนิดผลเดี่ยว อาจยาวมากกว่า 30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางอาจยาวกว่า 15 เซนติเมตร มีน้ำหนัก 1-3 กิโลกรัม เป็นรูปรีถึงกลมเปลือกทุเรียนมีหนามแหลมเมื่อผลแก่ผลมีสีเขียวเมื่อสุกมีสีน้ำตาลอ่อนแตกตามแต่ละส่วนของผลเรียกเป็นพูเนื้อในมีตั้งแต่สีเหลืองอ่อนถึงแดงขึ้นกับชนิดเนื้อในจะนิ่มกึ่งอ่อนกึ่งแข็งมีรสหวาน เมล็ดมีเยื่อหุ้มกลมรีเปลือกหุ้มสีน้ำตาลผิวเรียบ เนื้อในเมล็ดสีขาวรสชาติฝาด

ทุเรียนเป็นพืชพื้นเมืองของบรูไน อินโดนีเซีย และมาเลเซีย เป็นที่รู้จักในโลกตะวันตกมาประมาณ 600 ปีมาแล้ว ซึ่งเนื้อในของทุเรียนสามารถกินได้หลายหลาก ไม่ว่าจะหำหรือสุกกอม ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีการนำทุเรียนมาทำอาหารได้หลายอย่างทั้งเป็นอาหารคาวและอาหารหวานแม้แต่เมล็ดก็ยังรับประทานได้

เมื่อทำให้สุกอีกทั้งทุเรียนยังมีมากกว่า 30 ชนิด และมีอย่างน้อย 9 ชนิดที่รับประทานได้แต่มีเพียง *Durio Zibethinus* เพียงชนิดเดียวเท่านั้นที่ได้รับความนิยมไปทั่วโลก จนมีตลาดเป็นสากลในขณะทุเรียนชนิดที่เหลือมีขายแค่ในท้องถิ่นเท่านั้นทุเรียนมีสายพันธุ์ประมาณ 100 สายพันธุ์ ให้ผู้บริโภคเลือกรับประทาน นอกจากนี้ยังมีราคาสูงอีกด้วย (อภิชาติ และพัชรี, 2560)

พันธุ์ทุเรียนในประเทศไทยสามารถจำแนกออกได้เป็น 6 กลุ่มตามลักษณะ รูปร่าง ใบ ปลายใบ ฐานใบ ทรงผลและรูปร่างของหนามคือ

1. กลุ่มกบ มีพันธุ์ที่มีต้นกำเนิดมาจากพันธุ์ดั้งเดิม คือพันธุ์การะเกด ลักษณะทั่วไปคือทรงพุ่มแคบ ใบรูปไข่ขอบขนาน ปลายใบแหลมโค้ง ฐานใบกลมมน แผ่นใบมีขนาดใหญ่ปานกลาง กว้างประมาณ 6-7 เซนติเมตรยาว 15-17 เซนติเมตร ลักษณะผลโดยทั่วไปเป็นผลขนาดค่อนข้างใหญ่เมื่อเทียบกับสกุลอื่นๆ คือมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20-22 เซนติเมตร ยาว 22-25 เซนติเมตรหนัก 2 กิโลกรัมขึ้นไปทรงผลมี 3 ลักษณะคือกลม กลมรีและกลมแป้น หนามผลมีลักษณะโค้งงอซึ่งจำแนกพันธุ์ได้ 46 พันธุ์เช่น กบแม่เฒ่า กบตาดำ กบทองคำ กบวัดเพลง กบก้านยาว กบเล็บเหยี่ยว หรือ กบเหยี่ยว กบก้อนทองหรือทองก้อน กบบุนนาก กบพวง กบลอยน้ำหรือกบเฉลิมพล กบสีชมพู กบขุนแผน กบง่อย กบเจ้าคุณ กบตาขำ กบตาเขียว กบตาแจ่ม กบตาน้อม กบตาเหมหรือกบเหมราช หรือเขียวสะอาด กบพลายชุมพลกบยายน้อย กบยายพลับ กบพิกุล กบวัดกล้วย กบชายน้ำ กบสาวน้อย หรือ กบก้านสั้น กบสุวรรณ กบตาปุ่น กบหน้าศาล กบจำปาหรือกบแข่งสิงห์ กบเบา กบรัศมี กบตาให้ กบตาแจ่ม กบไว กบงู เป็นต้น

2. กลุ่มลวง ลักษณะทั่วไปเป็นทรงพุ่มโปร่งค่อนข้างกว้างแต่ไม่สูงมากมักลำต้นมักไม่ตั้งฉากกับพื้นดินการแตกของจริงไม่ค่อยจะเป็นระเบียบบางต้นโคนเดียวอาจมี 2 ลำต้นใบแบบป้อมกลางใบลักษณะเป็นรูปไข่ค่อนข้างยาวและมีขนาดใหญ่ส่วนกว้างประมาณ 6.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 16 เซนติเมตร ขอบใบเรียบ ปลายใบเรียวแหลมฐานใบแหลมและมนส่วนผลจะโตขนาดกลางรูปร่างค่อนข้างยาวหัวและท้ายผลเรียบสีผิวผลออกสีเขียวหรือเขียวอมน้ำตาลอ่อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 16-20 เซนติเมตร ยาวประมาณ 20-25 เซนติเมตร น้ำหนักต่อ 1 ผลประมาณ 1-1.5 กิโลกรัม หนามสั้นเล็กไม่สม่ำเสมอ ร่องระหว่างหนามจะมีสีขาวอมเขียวเหลืองอมน้ำตาล ช่องร่องพู่เห็นชัดเจน ส่วนหัวของผลจะมีขนาดใหญ่และสั้น ปลิงจะเรียวยาวส่วนปลายป้านเล็กน้อย สีของเนื้อจะออกสีเหลืองจำปาอ่อนหรือเหลืองค่อนข้างมาทางแดงเนื้อหนาและกระด้าง ไม่นุ่มมือ เมื่อสุกจัดมักจะเลาะง่าย รสหวานมากกว่ามันและกลื่นค่อนข้างฉุนซึ่งสามารถจำแนกพันธุ์ได้ 12 คือ ลวงทอง ลวงมะรุ้ม ชะนี ชะนีกิ่งม้วน สายหยุด ละเวง ชมพูศรี ย่ามะหวาด สัมปอ่ย แดงรัศมี สีชมพู เหลือง

3. กลุ่มก้านยาว ลักษณะลำต้นมีรูปร่างกลมสูงชะลูดเปลือกน้ำตาลและมีสะเก็ดบ้างเล็กน้อย การแตกของกิ่งจะแตกออกทางด้านข้างของลำต้นทั้งสองข้างช่วงกิ่งยาวมากและเกือบตั้งฉากกับลำต้นแผ่นใบเป็นรูปรีจนถึงเรียวยาว มีขนาดกว้างประมาณ 6 เซนติเมตรและยาวประมาณ 17-18 เซนติเมตร ฐานใบเป็นรูปสี่เหลี่ยมป้านปลาย ใบแหลมและงอโค้งลง ก้านใบยาวประมาณ 2 เซนติเมตร ดอกใบรูปไข่ยาวรีตรงกลางโป่งและปลายแหลมและโคนดอกดอกจะเรียวก้านดอกยาวมากจนเห็นได้ชัดเจนทรงผลเป็นรูปไข่กลับและกลม หนามผลมีลักษณะหนูนเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 19 เซนติเมตร และ ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร หนามมีสี

เขียวแก่ ปนน้ำตาลซื้อพันธุ์ทุเรียนที่อยู่ในตระกูลนี้สามารถจำแนกได้ 7 สายพันธุ์คือก้านยาว ก้านยาววัดสัก ก้านยาวพวง ก้านยาวใบต่าง ก้านยาวสีนาก ชมภูพาน ทองสุก

4. กลุ่มกำป็น ลักษณะทรงค่อนข้างแคบรูปกรวยคว่ำ มียอดเรียวแหลมลำต้นอ้วนแข็งแรงสูงและตั้งตรง การแตกเรียงของกิ่งไม่เป็นระเบียบและทำมุมกับลำต้นน้อย ขนาดของใบโตปานกลางแต่ยาวมากตรงกลางของใบจะเป็นส่วนที่กว้างที่สุดปลายใบเรียวแหลมและยาวมาก ฐานใบแหลมสีด้านหน้าของใบจะเขียวน้อยกว่าพันธุ์อื่นๆ เนื้อใบเรียบไม่เป็นคลื่นเส้นใบโค้งมีระเบียบและห่าง ทรงผลเป็นทรงขอบขนาน หนามผลมีลักษณะแหลมตรงผลมีลักษณะใหญ่อ้วนสั้นยาวประมาณ 5 เซนติเมตร เนื้อละเอียดมากสีเหลืองซีดจนเกือบขาว รสหวานจัดและมันเล็กน้อย มีกลิ่นฉุนเมล็ดมีลักษณะโค้งคล้ายเมล็ดถั่ว มีเมล็ดน้อยในแต่ละพูมีเพียงเมล็ดเดียวในหนึ่งผล อาจมี 5 ถึง 10 เมล็ดเท่านั้นซึ่งจำแนกพันธุ์ได้ทั้งหมด 13 พันธุ์ เช่นกำป็นเหลือง กำป็นแดง ปิ่นทอง หมอนทอง เป็นต้น

5. กลุ่มทองย้อย ตระกูลทองย้อยเดิมมีลักษณะ ทรงพุ่มค่อนข้างกลมใหญ่และแข็งแรงการแตกของกิ่งจะมีมากในช่วงด้านบนของลำต้นแต่ไม่เป็นระเบียบ กิ่งที่แตกออกมาจากลำต้นจะโน้มลงและปลายกิ่งงอขึ้นใบมีขนาดใหญ่กว่าตระกูลกบ ส่วนที่ค่อนข้างไปทางปลายใบจะใกล้ๆเรียวแหลมลงฐานใบจะแหลมและโค้งไปจรดกันที่ปลายใบส่วนลักษณะดอกเป็นรูปทรงกลมตรงกลางป่องปลายดอกจะค่อยๆเรียวแหลมก้านดอกยาวและใหญ่ลักษณะผลโตปานกลางจนถึงใหญ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20-22 เซนติเมตร ยาว 25-27 เซนติเมตร สีของผลเมื่อแก่จัดจะเป็นสีแดงปนเหลือง หนามมีขนาดฐานใหญ่ ร่องหนามเกยกันปลายหนามแหลมและห่างปานกลาง หนามแต่ละอันจะมีร่องรอยสีน้ำตาลเป็นเส้นจากปลายหนามสู่ฐาน ขั้วของผลมีขนาดโตปานกลางยาวประมาณ 6 เซนติเมตร เนื้อผลหนา เต็มพู สีเหลืองจัด รสหวานมัน และมีกลิ่นหอม ซึ่งมีอยู่หลากหลายสายพันธุ์ เช่น พันธุ์ทองย้อยฉัตร นมสวรรค์ สีนสมุทร ฉัตรสีนากทองสวรรค์ อีอึ้ง พวงฉัตร ชมพูษุธรณีไหว กำมะหยี่ บางบอน นกหยิบ ฉัตรเงิน ฉัตรศรีทอง ทองย้อยสีนาก สีสุก ทับทิม เป็นต้น

6. กลุ่มเบ็ดเตล็ด ทุเรียนที่จำแนกพันธุ์ซึ่งพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่มนี้เช่น ย่ามะหวาด กะเทยเนื้อขาว กะเทยเนื้อแดง กะเทยเนื้อเหลือง ทศกรรณ แดงตาน้อย แดงข้างเขิน พวงมาลัย จอกลอย เขียวดำลิง กระโปรงทอง กระปุกทอง ทองม้วน ทองคำ นกกระจิบ เป็นต้น แต่หากจำแนกตามอายุการให้ผลผลิตสามารถจำแนกได้ดังนี้

1) ทุเรียนพันธุ์เบา เป็นพันธุ์ที่เริ่มให้ผลผลิตครั้งแรกเร็วกว่าพันธุ์อื่นๆ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ใช้ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มปลูกจากกิ่งตอนจนถึงช่วงที่ให้ผลผลิตใช้เวลาประมาณ 4-5 ปี จึงทำให้มีการส่งผลผลิตออกสู่ตลาดก่อนดอกจะเริ่มบานประมาณต้นเดือนธันวาคมหลังจากนั้นประมาณ 163-165 วัน จึงเริ่มเก็บผลผลิตได้ในช่วงกลางเดือนพฤษภาคม พันธุ์ที่อยู่ในกลุ่มนี้ เช่น ลวงชะนี กระดุมทอง เป็นต้น

2) ทุเรียนพันธุ์กลางเป็นพันธุ์ที่ใช้ระยะเวลาในการให้ผลผลิตเริ่มจากปลูกประมาณ 5-6 ปี ช่วงเวลาที่ดอกบานประมาณเดือนกุมภาพันธ์จากนั้นอีกประมาณ 122-130 วัน จึงเริ่มเก็บผลผลิตครั้งแรก พันธุ์ที่อยู่ในกลุ่มนี้ เช่นพันธุ์ก้านยาวและกบต่างๆ

3) ทุเรียนพันธุ์หนักเป็นพันธุ์ที่ใช้ระยะเวลาจากปลูกไปจนให้ผลผลิตครั้งแรกประมาณ 6 ปีขึ้นไป ช่วงที่ดอกบานจะออกพร้อมๆ กับพันธุ์กลาง คือ ประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์แต่ใช้เวลาต่อจากนั้นบานจนเก็บ

ผลผลิตได้นานกว่าประมาณ 140-150 วัน ผลที่สามารถเก็บเกี่ยวจะอยู่ประมาณ เดือนกรกฎาคม พันธุ์ที่อยู่ในกลุ่มนี้เช่นพันธุ์ทองย้อยฉัตร อีหนัก กำป็น

ทุเรียนที่บริโภคกันในปัจจุบันมีอยู่หลากหลายสายพันธุ์ซึ่งมีคุณภาพแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละสายพันธุ์และการกลายพันธุ์มาจากพันธุ์ดั้งเดิม แต่พันธุ์ที่ได้รับความนิยมปลูกมีความน่าสนใจอยู่ประมาณ 4 พันธุ์ ดังนี้

1. พันธุ์หมอนทอง เป็นสายพันธุ์ที่ได้รับความนิยมและขายได้ราคาดีมีอายุการให้ผลผลิตขนาดกลางคือให้ผลแก่ เก็บได้ประมาณต้นเดือนมิถุนายน หากพื้นที่มีน้ำขังหรือในบริเวณที่มีฝนตกชุกไม่เหมาะต่อการปลูกทุเรียนพันธุ์นี้โดยเฉพาะเขตพื้นที่ปลูกทางภาคใต้มักพบทุเรียนพันธุ์หมอนทองเป็นโรคไส้ซึมและโรคเกี่ยวกับเปลือกอยู่บ่อยครั้ง แต่ถ้าพื้นที่ที่มีอุดมสมบูรณ์และมีการดูแลรักษาอย่างดี สามารถให้น้ำได้อย่างเพียงพอในเวลาที่ต้องการทุเรียนหมอนทองจะให้ผลผลิตดีมากซึ่งลักษณะ เฉพาะของทุเรียนพันธุ์หมอนทองจะเป็นทรงพุ่มโปร่งคล้ายรูปกรวยคว่ำกึ่งใหญ่จะตั้งฉากกับลำต้นและจะยาวมาก จึงทำให้กลืนอ่อนและลู่ลงด้านล่างลำต้นไม่ตั้งฉากกับพื้นดินบริเวณด้านผิวหน้าเป็นลักษณะลุ่มๆดอนๆไม่เสมอเรียบ ใบมีช่องระหว่างใบต่อบ้างมาก ความยาวของใบจะยาวกว่าพันธุ์อื่นๆโดยเฉพาะส่วนปลายของใบจะยาวมากจนสังเกตได้ชัด ดอกมีรูปร่างคล้ายมะมุดฝรั่ง ส่วนของปลายดอกจะโค้งมนก้านดอกสั้นมีความยาวประมาณ 3-4 เซนติเมตร ผลเมื่อโตเต็มที่จะมีขนาดปานกลางน้ำหนักประมาณ 3-4 กิโลกรัม รูปร่างค่อนข้างยาวปลายผลแหลม ร่องพุ่มมองเห็นชัดเจน มักจะพบมีพูใหญ่เพียงอันเดียวเรียกว่า “พูเอก” ฐานหนามเป็นเหลี่ยมระหว่างหนามใหญ่จะมีหนามเล็กวางแซมอยู่ทั่วไปซึ่งเรียกหนามชนิดนี้ว่า “เขี้ยววู” ก้านผลใหญ่แข็งแรง เนื้อหนาสีเหลืองอ่อน เนื้อค่อนข้างแห้งไม่ฉ่ำติดมือ รสชาติหวานมันเมล็ดน้อยและลีบเป็นส่วนใหญ่

2. พันธุ์ก้านยาว เป็นพันธุ์ที่มีต้นกำเนิดมาจากการเพาะเมล็ดพันธุ์ทองสุกมีลักษณะเด่นตรงที่ก้านยาวมากกว่าพันธุ์อื่นๆ คือประมาณ 14 เซนติเมตร แต่มีข้อเสียคือจะทิ้งกิ่งง่าย ดังนั้นการปลูกจึงจำเป็นต้องมีการดูแลรักษาเป็นอย่างดีทุเรียนพันธุ์นี้จึงมีลักษณะเฉพาะตรงทรงก้านสูงชะลูด เปลือกของลำต้นมีสะเก็ดเล็กน้อย มีก้านยาวและเกือบจะตั้งฉากกับลำต้น กิ่งจะแตกออกทางด้านข้างของลำต้นทั้งสองข้างจะเห็นเป็นแผงซึ่งจะสังเกตได้ชัดขณะที่ต้นยังเล็กดอกเป็นรูปไข่ยาวรีปลายดอกแหลม ส่วนของก้านดอกจะยาวมาก ผลรูปทรงกลมมีหนามแน่นเห็นพูไม่ชัดเจนพูเต็มทุกพูหนึ่งในผลจะมี 5 พู แต่ละพูจะเจริญเติบโตได้เท่าๆ กัน สามารถมองเห็นได้ชัดเจน ผลมีขนาดปานกลางน้ำหนักประมาณ 3 กิโลกรัม เนื้อละเอียดสีเหลืองหนาปานกลาง รสชาติหวานมัน เมล็ดมากค่อนข้างใหญ่

3. พันธุ์ชะนี ทุเรียนพันธุ์นี้มีอยู่ 2 พวกด้วยกัน คือ ชะนีใบใหญ่และชะนีใบเล็ก พันธุ์ใบใหญ่จะมีใบขนาดใหญ่และใต้ใบมีสีอ่อนคุณภาพเนื้อไม่ค่อยดีจึงไม่ค่อยมีคนนำมาขายพันธุ์ปลูกแต่นิยมพันธุ์ใบเล็กซึ่งมีลักษณะใบเล็กกว่าและต้นมีใบสีคล้ำคุณภาพของเนื้อดีกว่าจึงนิยมนำมาขายพันธุ์ปลูกกันอยู่ทั่วไปทุเรียนพันธุ์นี้จัดเป็นพันธุ์เบาที่ให้ผลเร็วกว่าพันธุ์กลางและพันธุ์หนัก ตามปกติผลจะแก่และเก็บได้ประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ทุเรียนพันธุ์นี้จะเป็นทรงพุ่มลักษณะรูปฉัตร คือกิ่งที่อยู่ด้านล่างๆ จะยาวแล้วค่อยๆสั้นไปหาส่วนยอด ใบมีลักษณะเล็กแผ่นใบหนาแข็งและกรอบ และจะยกตัวขึ้นเข้าหากันเป็นร่องมักมีดอกดกเต็มต้นแต่ผลจะร่วงเกือบ

หมดไม่ค่อยจะติดผล ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะเกิดการแย่งอาหารกันมีผลขนาดกลางถึงใหญ่น้ำหนักประมาณ 2.5 ถึง 3 กิโลกรัม ทรงผลกลมยาวตรงกลางป่องออกโดยส่วนด้านหัวจะเรียวและตอนท้ายป้านที่ชาวสวนมักจะเรียกว่า “ทรงหวด” ผลจะใหญ่แต่สั้นมีความกว้างประมาณ 8 เซนติเมตร เนื้อสีเหลือง รสชาติหวานมันเมล็ดค่อนข้างเล็กและมีจำนวนเมล็ดน้อยโดยเฉพาะมีกลี้น้อยที่สุด

4. พันธุ์กระดุม ทุเรียนพันธุ์นี้มีลักษณะส่งรูปกรวยใบใหญ่ออกดอกและให้ผลเร็วผลเล็กมีลักษณะค่อนข้างกลมด้านหัวและด้านท้ายผลค่อนข้างป้าน ก้นผลบวมเล็กน้อยหนามเล็กสั้นถี่ ขนดก ติดลูกง่าย ผลจะมีขนาดค่อนข้างเล็กน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม ลักษณะของพูเต็มสมบูรณ์ช่องพูค่อนข้างลึก เนื้อละเอียดอ่อนนุ่มสีเหลือง เนื้อค่อนข้างบาง รสชาติหวานไม่ค่อยมัน และง่ายเมื่อสุกจัด เมล็ดมีขนาดใหญ่

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มากด้วยคุณค่าทางโภชนาการ องค์ประกอบทางเคมีของทุเรียนมีสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่สูงพบในรูปของแป้งและน้ำตาล นอกจากนี้ยังพบเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำและไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์หรือโยอาหาร โปรตีนในทุเรียนมีบทบาทสำคัญต่อรสชาติของทุเรียนโดยกลไกการทำงานของเอนไซม์ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่อยู่ในทุเรียน ทุเรียนมีไขมันร้อยละ 3.9 กรดไขมันที่พบมากในทุเรียนได้แก่ กรดสเตียริกและกรดปาล์มมิติก ทุเรียนเป็นแหล่งของวิตามินและแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อร่างกายหลากหลายชนิด เช่น วิตามินซี เบต้าแคโรทีน แคลเซียม ฟอสฟอรัส นอกจากนี้ในทุเรียนยังมีสารสำคัญอื่นๆ เช่น แคโรทีนเป็นรงควัตถุที่ละลายได้ในไขมัน และสารระเหยที่ทำให้ทุเรียนมีกลิ่นเฉพาะ เช่น ไธโออีเทอร์ (thioethers) เอสเทอร์ (esters) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulphide) และไดเอทิลไดซัลไฟด์ (diethyl disulphide) เป็นต้น (ญูธิปวีร์, 2559) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากทุเรียนเช่น สารต้านอนุมูลอิสระ (Arancibia-Avila *et al.*, 2008) และ สารต้านการอักเสบ (Chingsuwanrote *et al.*, 2016) ด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่หลากหลายของทุเรียน แนวคิดในการแปรรูปทุเรียนตากเกรดและเศษเหลือทิ้งของทุเรียน มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตแป้งจากเมล็ดทุเรียนเพื่อใช้ทดแทนแป้งข้าวโพดในการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตน (Mirhosseini *et al.*, 2015) และการประยุกต์ใช้แป้งจากเศษเหลือทุเรียนมาผลิตเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากเปลือกและเมล็ดทุเรียนยังอยู่ในระดับต่ำ และยังไม่มีรายงานการใช้เปลือกทุเรียนมาผลิตเป็นพาสต้า การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งจากทุเรียนตากเกรด เปลือก และเมล็ดของทุเรียน ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีกายภาพของแป้งที่ผลิตได้ และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตน ทำให้ได้องค์ความรู้ในด้านคุณค่าทางโภชนาการ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ และการใช้ประโยชน์อย่างเต็มประสิทธิภาพจากเศษเหลือทิ้งของทุเรียน

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

ทุเรียนมีมากกว่า 30 ชนิด แต่มีเพียง 9 ชนิดที่นำมาปลูกสำหรับบริโภค เช่น *D. zibethinus*, *D. dulcis*, *D. grandiflorus*, *D. graveolens*, *D. kutetensis*, *D. macrantha*, *D. oxleyanus* และ *D. testudinarius* โดยเฉพาะ *D. zibethinus* เป็นทุเรียนที่ได้รับความนิยมในการบริโภคไปทั่วโลก (ญาธิปวีร์, 2559) ในประเทศไทยสายพันธุ์ที่ได้รับความนิยม เช่น หมอนทอง ชะนี ก้านยาว และทุเรียนกระดุม ทุเรียนสามารถปลูกได้ในบางพื้นที่เท่านั้น เช่น หลายจังหวัดทางภาคใต้ ภาคตะวันออก อุดรดิตถ์ นนทบุรี ศรีสะเกษ เป็นต้น ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตทุเรียนเพื่อการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยปี 2557 มีการส่งออกทุเรียนสด 369,602 ตัน ทุเรียนแช่แข็ง 17,143 ตัน ทุเรียนกวน 455 ตัน และทุเรียนอบแห้ง 353 ตัน ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2557) ปัจจุบันมีการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและการแปรรูปทุเรียน

Arancibia-Avila และคณะ (2008) ศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อทุเรียนหมอนทองที่ระยะโตเต็มที่ สุก และสุกงอม พบว่า ทุเรียนระยะสุกพอดีมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด Chingsuwanrote และคณะ (2016) ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและการต้านการอักเสบของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองและชะนี พบว่า ทุเรียนหมอนทองมีค่ากิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระและการต้านการอักเสบสูงกว่าทุเรียนพันธุ์ชะนี

คุณสมบัติของสารไฮโดรคอลลอยด์ในทุเรียน Amid และ Mirhosseini (2012) ศึกษาความหนืดของกัมจากเมล็ดทุเรียนที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน พบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้ความหนืดสูงสุดและการอบแห้งที่ 105 องศาเซลเซียสให้ค่าความหนืดต่ำที่สุด Mirhosseini และ Amid (2013) ศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วยการอบแห้ง การทำแห้งแบบแช่เยือก การทำแห้งแบบพ่นฝอย และการอบแห้งแบบสุญญากาศ เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการทำแห้ง ในขั้นตอนการสกัดกัมจากเมล็ดทุเรียนต่อคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า กัมที่ผ่านขั้นตอนการทำแห้งแบบแช่เยือก การทำแห้งแบบพ่นฝอย และการอบแห้งแบบสุญญากาศ มีค่าความหนาแน่นรวมลดลง มีความพรุนเพิ่มขึ้น Maran (2015) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนโดยใช้อัตราส่วนของของแข็งต่อของเหลว 1:5 ถึง 1:15 กรัมต่อมิลลิลิตร ความเป็นกรดต่าง 2 ถึง 3 เวลาในการสกัด 20 ถึง 60 นาที และอุณหภูมิ 75 ถึง 95 องศาเซลเซียส พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคือการใช้อัตราส่วนของของแข็งต่อของเหลว 1:10 กรัมต่อมิลลิลิตร ความเป็นกรดต่าง 2.8 เวลาในการสกัด 43 นาทีและ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัด 86 องศาเซลเซียส ปริมาณผลิตผลของเพคตินที่สกัดได้ร้อยละ 9.1 Mirhosseini และคณะ (2015) ศึกษาการใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนร่วมกับแป้งข้าวโพดในการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนในอัตราส่วนร้อยละ 0, 25 และ 50 ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคพบว่า การใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนร้อยละ 25 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ดีกว่าร้อยละ 50 การใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนในปริมาณที่สูงเกินไปส่งผลให้ผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ผลิตได้มีความแข็งเพิ่มขึ้นและความเหนียวอยู่ใน

ระดับต่ำ Cornelia และคณะ (2015) ศึกษาการใช้กัมที่ผลิตจากเมล็ดทุเรียนเป็นอิมัลซิไฟเออร์ในผลิตภัณฑ์มายองเนส ซึ่งเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ โดยทั่วไปมีการเติมไข่แดงทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ การทดลองเติมกัมจากเมล็ดทุเรียนทดแทนไข่แดงร้อยละ 2.5, 3, 3.5, 4 และ 4.5 พบว่าการใช้กัมจากเมล็ดทุเรียนทดแทนไข่แดงร้อยละ 4 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตมายองเนส

รายงานการศึกษาการใช้ทุเรียนเป็น functional food มีหลายการศึกษาได้แก่ Chingsuwanrote และคณะ (2016) ทำการศึกษาผลไม้ในประเทศไทย แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากเนื้อทุเรียนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบในหลอดทดลองได้ โดยพบว่าสารสกัดจากเนื้อทุเรียนสามารถลดการสร้าง ROS (reactive oxygen species) และไซโตไคน์ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ เช่น tumor necrosis factor- α (TNF- α) และ interleukin-8 (IL-8) ได้ดีกว่าสารสกัดจากเนื้อเงาะ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Infante และคณะ (2016) ทำการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการอักเสบของผลไม้พื้นเมืองของประเทศบราซิล ในการศึกษาที่ใช้เนื้อ เมล็ด และใบ มาสกัด พบว่าสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบมาในผลไม้คือ epicatechin และ gallic acid โดยพบในทุกส่วนแต่พบมากที่สุดที่ใบ สัมพันธ์กับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่พบมากที่สุดจากการสกัดส่วนใบ และผลการยับยั้งการอักเสบพบว่าสามารถยับยั้ง neutrophil influx เข้าสู่ peritoneal cavity ของหนูทดลองที่กระตุ้นการอักเสบด้วย carrageenan ได้ร้อยละ 40-64 โดยคาดว่า การยับยั้งการอักเสบดังกล่าวเกิดขึ้นผ่าน การยับยั้งการสร้าง cytokine chemokine adhesion molecule รวมถึงการกำจัด (scavenging) อนุมูลอิสระที่หลั่งโดยนิวโทรฟิล ได้อีกทางหนึ่ง

นอกจากนี้ยังพบส่วนต่างๆของผลทุเรียนมีสารประกอบที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพต่างๆมากมายเช่น การศึกษาของ Lipipun และคณะ (2002) แสดงผลการศึกษาฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียทั้งแกรมบวก แกรมลบ และยีสต์ ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans* และ *Saccharomyces cerevisiae* ของ polysaccharide gel (PG) จากเปลือกทุเรียน และมีการพัฒนานำ polysaccharide gel จากเปลือกทุเรียนไปใช้ในการกำจัดเชื้อที่เป็นปัญหาโรคปริทันต์ในช่องปาก จากการศึกษาของ ผกาวัลย์ และคณะ (2548) พบมีประสิทธิภาพสามารถยับยั้งเชื้อสเตรปโตคอคคัสมีวแทนส์ และเชื้อแอกติโนมัยซีเทมโคมิแทนส์ได้ แสดงถึงโพลีแซคคาไรด์จากเปลือกทุเรียนนั้นมีฤทธิ์ทางชีวภาพ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทางการแพทย์ได้อีกทางหนึ่ง ในทางเดียวกันกับการศึกษาของ Duazo และคณะ (2012) ที่สกัดพบว่าสารสกัดจากเมล็ดและเปลือกของทุเรียนสามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ได้และได้ผลดีกว่าสารควบคุมผลบวกในการศึกษานี้คือยาคลอแรมฟินิคอล นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่อ้างว่าสารสกัดจากทุเรียนสามารถเพิ่มอัตราการเจริญพันธุ์ได้ ในการศึกษาของ Sah และคณะ (2014) ที่แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากทุเรียนสามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเชื้อ *Candida albicans* ในอวัยวะเพศของหนูเพศเมียได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ยาฆ่าเชื้อราคีโตโคนาโซล ซึ่งเชื่อนี้พบเป็นสาเหตุของโรค candidiasis ที่พบได้บ่อยในผู้หญิงอาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อัตราการเจริญพันธุ์ลดลง โดยความสามารถในการฆ่าเชื้อนี้น่าจะมาจาก 7,8-dimethoxy-13,13-dimethyl-2,13 dihydro-3H-Pyrano [5,6-c] quinolin-2-one ที่พบในการสกัดทุเรียนในการศึกษานี้

การศึกษาคุณสมบัติของอนุภาคต่างๆที่ผลิตจากวัตถุดิบที่แตกต่างกันโดยการส่องดูโครงสร้างผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกลาด (scanning electron microscopy) นั้นถูกนำมาใช้ในหลายการศึกษาเช่น การศึกษาของ Moongngarm และคณะ (2011) ใช้ SEM ในการศึกษาโครงสร้างของแป้งที่ผลิตจาก brown-rice แบบที่ไม่งอกและแบบงอก พบว่าการงอกส่งผลต่อโครงสร้างแกรนูลของแป้งอย่างเห็นได้ชัด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงกระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตแป้งจากเนื้อ เมล็ด และเปลือกของทุเรียน องค์ประกอบทางเคมีกายภาพที่สำคัญ กิจกรรมของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งทุเรียน
2. เป็นการส่งเสริมและอนุรักษ์ทุเรียน ให้มีการนำมาใช้ประโยชน์มากขึ้น และต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้
3. ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดในการผลิตแป้งจากเนื้อ เมล็ด และเปลือกของทุเรียน และการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตน
4. การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางเศรษฐกิจ โดยสามารถสร้างมูลค่าทาง การเกษตรให้กับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน และเป็นทางเลือกใหม่ให้กับกลุ่มผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูปจากทุเรียน
5. องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยเกิดประโยชน์และได้รับความสนใจจากกลุ่มเป้าหมาย ผู้ที่ใส่ใจในการดูแลสุขภาพ หรือกลุ่มผู้บริโภคที่มีอาการแพ้กลูเตน ตลอดจนหน่วยงานที่สนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ โดยการจัดสัมมนาย่อยเพื่อการเผยแพร่งานวิจัย รวมถึงการเผยแพร่ในวารสาร

อุปกรณ์และวิธีการ

สารเคมีและอุปกรณ์

1. วัสดุดิบ

- 1.1 ทุเรียนพันธุ์ก้านยาว
- 1.2 ทุเรียนพันธุ์ชะนี
- 1.3 ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

2. สารเคมี

- 2.1 1-butanol
- 2.2 ABTS (2,2-azino-bis (3-ethylbenzo thiazoline)-6-sulfonic acids)
- 2.3 Acetic acid
- 2.4 Ascorbic acid
- 2.5 Carbon dioxide
- 2.6 Completed Dulbecco's modified Eagle medium
- 2.7 Completed Dulbecco's modified Eagle medium (DMEM)
- 2.8 Deoxyribose
- 2.9 Dimethyl sulfoxide
- 2.10 Egg-yolk homogenates
- 2.11 Ethylenediaminetetraacetic acid
- 2.12 Ferric chloride
- 2.13 Ferrous sulfate
- 2.14 Fetal bovine serum supplemented
- 2.15 Folin-Ciocalteu reagent
- 2.16 Gallic acid
- 2.17 Griess reagent
- 2.18 Hydrogen peroxide
- 2.19 Hypoxanthine
- 2.20 N-1-naphthylethylenediamine dihydrochloride

- 2.21 Naphthylethylenediamine dihydrochloride
- 2.22 Phosphoric acid
- 2.23 Polyunsaturated fatty acid
- 2.24 Potassium persulfate
- 2.25 Sodium carbonate
- 2.26 Sodium dodecyl sulfate
- 2.27 Sodium hydroxide
- 2.28 Sodium nitroprusside
- 2.29 Sulfanilamide
- 2.30 Sulfanilamide
- 2.31 Thiobarbituric acid
- 2.32 Trichloroacetic acid
- 2.33 Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid)
- 2.34 เชื้อ *Candida albicans*
- 2.35 เชื้อ *Escherichia coli*
- 2.36 เชื้อ *Staphylococcus aureus*
- 2.37 เซลล์ murine macrophage RAW 264.7
- 2.38 เอทานอล
- 2.39 เอนไซม์ Xanthine oxidase

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.1 กล้อง digital scanning electron microscope
- 3.2 เครื่อง Texture Analyzer
- 3.3 เครื่อง microplate spectrophotometer
- 3.4 เครื่อง vacuum-evaporator
- 3.5 เครื่องวัดสี Chrome Meter CR-400
- 3.6 ตู้อบลมร้อน

วิธีการ

1. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแป้งทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภคในประเทศไทย

1.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานอัตราส่วนประกอบของทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภค

การสำรวจข้อมูลด้านราคาเฉลี่ยและอัตราส่วนประกอบของทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภค โดยสุ่มตัวอย่างทุเรียนพันธุ์ก้านยาว ชะนี และหมอนทอง ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากในประเทศไทย พันธุ์ละ 20 ลูก จากแหล่งพื้นที่จำหน่ายในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ระยอง ชุมพร และสระแก้ว

1.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งที่เตรียมได้จากส่วนของเนื้อ เมล็ด และเปลือกทุเรียนดิบ เตรียมแป้งจากส่วนของเนื้อ เมล็ด และเปลือกของทุเรียนพันธุ์ก้านยาว ชะนี และหมอนทอง สังเกตลักษณะปรากฏ วัตถุประสงค์ และศึกษารูปร่างและลักษณะของเม็ดแป้ง (shape and size of granules) โดยการส่องผ่านกล้อง digital scanning electron microscope โดยวิธีการอ้างอิงตามการศึกษาของ Madruga และคณะ (2014)

การเตรียมแป้งจากเนื้อทุเรียน: เริ่มจากการแยกส่วนของเนื้อทุเรียนห่ามออกจากส่วนของเปลือกและเมล็ด หั่นเป็นชิ้นขนาดเล็กขนาดเท่าๆ กัน ความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำไปเรียงในถาดอบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 36 ชั่วโมง หรือจนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก นำเนื้อทุเรียนอบแห้งที่ได้ไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องบด ความเร็วระดับ 2 เป็นเวลา 2 นาที เก็บแป้งจากเนื้อทุเรียนที่ได้ในถุงพลาสติกปิดสนิท ที่อุณหภูมิห้อง

การเตรียมแป้งจากเมล็ดทุเรียน: ปอกเปลือกหุ้มเมล็ดทุเรียนออก เลือกเฉพาะส่วนที่ขาว หั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก ความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำไปเรียงในถาดอบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 36 ชั่วโมง หรือจนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก นำเมล็ดทุเรียนอบแห้งที่ได้ไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องบด ความเร็วระดับ 2 เป็นเวลา 2 นาที เก็บแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่ได้ในถุงพลาสติกปิดสนิท ที่อุณหภูมิห้อง

การเตรียมแป้งจากเปลือกทุเรียน: เลือกเฉพาะเปลือกด้านในที่มีสีขาว หั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก ความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำไปเรียงในถาดอบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 36 ชั่วโมง หรือจนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก นำเปลือกทุเรียนอบแห้งที่ได้ไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องบด ความเร็วระดับ 2 เป็นเวลา 2 นาที เก็บแป้งจากเปลือกทุเรียนที่ได้ในถุงพลาสติกปิดสนิท ที่อุณหภูมิห้อง

1.3 การสกัดสารจากแป้งที่เตรียมจากเนื้อ เมล็ด และเปลือก ของทุเรียนดิบและทุเรียนสุก

การสกัดสารดัดแปลงจากวิธีการของ Sedej และคณะ (2010) นำแป้ง 10 กรัม ผสมกับ เอทานอลร้อยละ 96 ปริมาณ 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากับที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman (Grade 4 Chr, UK) ทำซ้ำ 2 ครั้ง โดยการเติม เอทานอลร้อยละ 96 ปริมาณ 100 มิลลิลิตร

เพิ่ม (ปริมาตรเอทานอลรวม 300 มิลลิลิตร) นำสารที่สกัดได้ไปทำแห้งโดยเครื่อง vacuum-evaporator เมื่อได้ dried extract นำไปชั่งน้ำหนักและคำนวณ % yield โดยการคิดจากฐานของน้ำหนักเปียกทั้งหมดของสารทั้งหมด เมื่อได้ผงแห้งแล้วนำมาละลายด้วย 96% เอทานอลปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปใช้ในการศึกษาข้อต่อไป

1.4 ศึกษาคุณสมบัติการออกฤทธิ์ โดยนำสารสกัดจากข้อ 1.3 มาทำการศึกษา

1.4.1 ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพ

สารสกัดที่ได้นำมาทดสอบความสามารถในการต้านจุลชีพโดยใช้เชื้อจุลชีพ *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* และ *Candida albicans* นำมาทดสอบด้วยวิธี agar well diffusion assay วัดค่าการยับยั้งจาก clear zone รอบหลุมสารที่หยอดลงไป และหาค่า Minimal inhibitory concentration (MIC) โดย microdilution assay และหา Minimum microbicidal concentration (MMC) โดยการเพาะหลุมที่ไม่มีการเจริญของเชื้อจากการทำ MIC มาซีดลงบนอาหารแข็ง Trypticase soy agar

1.4.2 ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

1) การทดสอบ ABTS radical scavenging activity

การวัดฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างโดย ABTS (2,2-azinobis (3-ethylbenzo thiozoline)-6-sulformic acids) โดยทดสอบ radical cation decolourization assay โดย วิธีของ Re และคณะ (1999) การเกิดขึ้นของอนุมูลอิสระ ABTS⁺ โดยนำสารละลาย ABTS 7 nmol/L และ สารละลาย potassium persulfate มาทำปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำมาเจือจางด้วยเอทานอล (1:89 v/v) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 0.7 ± 0.02 ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร จากนั้นนำสารอนุมูลอิสระที่เจือจางแล้ว 1 มิลลิลิตร มาเติมสารสกัดจากแป๋งทุเรียนที่เจือจางด้วยเอทานอล 10 ไมโครลิตร หรือ Trolox มาทำปฏิกิริยากับ หลังจาก 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลง (734 นาโนเมตร) เป็นเวลา 3 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส คำนวณอัตราการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงต่อนาที ($\Delta A/\text{min}$) และแสดงผลเปรียบเทียบกับค่า $\Delta A/\text{min}$ ของสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน การทดสอบจะใช้แบบ triplicate sample

2) การทดสอบด้วย Nitric oxide scavenging assay

นำสารสกัดจากแป๋งทุเรียนปริมาตร 100 ไมโครลิตร มาเติมในสารละลาย Sodium nitroprusside (SNP) 100 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เพื่อสร้าง nitric oxide ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลาย Sulfanilamide (ร้อยละ 1) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงเติมสารละลาย Naphthylethylenediamine dihydrochloride (NED) (ร้อยละ 0.1) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร วางไว้ในที่มืดอีก 10 นาที หลอดที่สารสกัดแป๋งทุเรียนแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากจะทำให้ Nitric oxide ในหลอดทดลองลดลง และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร แสดงผลการยับยั้งเป็นร้อยละโดยเปรียบเทียบกับหลอดที่ไม่มีสารสกัด (Sumanont และคณะ, 2004)

3) การทดสอบด้วย Superoxide radical scavenging assay (Nakamura และคณะ, 1998) เอนไซม์ Xanthine oxidase เปลี่ยน Hypoxanthine เป็น Xanthine และมีการปล่อยอนุมูลอิสระชนิด Superoxide radical ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสาร NBT และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสงที่ 560 nM หากสารตัวอย่างมีฤทธิ์การทำลายอนุมูลอิสระชนิด Superoxide radical จะทำให้สีจางลง ทดสอบโดยการเติมสารละลาย Hypoxanthine (1.1 มิลลิโมลาร์) 760 ไมโครลิตร NBT (300 ไมโครโมลาร์) 100 ไมโครลิตร สารสกัดแบ่งทุเรียน 100 ไมโครลิตร เอนไซม์ Xanthine Oxidase (2 ยูนิตต่อมิลลิลิตร) 40 ไมโครลิตร หลังจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร เป็นระยะเวลา 6 นาที คำนวณอัตราการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงต่อนาที ($\Delta A/min$) เปรียบเทียบกับหลอดที่ไม่ได้เติมสารสกัดแบ่งทุเรียน และแสดงค่าเป็นร้อยละของการทำลายอนุมูลอิสระชนิด Superoxide radical

4) การทดสอบด้วย Hydroxyl radical scavenging assay การสร้างสารอนุมูลอิสระชนิด Hydroxyl radical ด้วยสาร Deoxyribose, $FeCl_3$, Ascorbic acid, H_2O_2 และสารสกัดแบ่งทุเรียนเตรียมสาร TBA ในสภาพกรด โดยการต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จะได้สารสีชมพู และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร การทดสอบโดยผสมสารละลาย KH_2PO_4 (100 มิลลิโมลาร์) ในปริมาณ 200 ไมโครลิตร, Deoxyribose (15 มิลลิโมลาร์) 200 ไมโครลิตร, $FeCl_3$ (500 ไมโครโมลาร์) 100 ไมโครลิตร, H_2O_2 (10 มิลลิโมลาร์) 100 ไมโครลิตร และ สารสกัดแบ่งทุเรียน 100 ไมโครลิตร วางทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง และเติมสารละลาย (ร้อยละ 1) TBA และ (ร้อยละ 2.8) TCA อย่างละ 1 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร คำนวณร้อยละของการทำลายอนุมูลอิสระเปรียบเทียบกับหลอดที่ไม่ได้เติมสารสกัดแบ่งทุเรียน (Halliwell และคณะ, 1987)

5) การทดสอบ Metal ion chelating activity การวิเคราะห์ Metal ion chelating activity ทำโดยวิธีของ Dinis และคณะ (1994) กล่าวคือใช้สารสกัดแบ่งทุเรียน 800 μL เติมลงในสารละลาย 2 มิลลิโมลต่อลิตร $FeCl_2$ 100 ไมโครลิตร ปฏิกิริยาเริ่มโดยการเติม 5 มิลลิโมลต่อลิตร ferrozine 400 ไมโครลิตร หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 562 นาโนเมตร โดยใช้น้ำเป็น Blank ค่า Metal ion chelating activity รายงานในรูปแบบ mg EDTA equivalents/g compound (Dinis และคณะ, 1994)

6) การทดสอบ Inhibition of lipid peroxidation

การวิเคราะห์นี้ใช้วิธี TBA reactive species assay ซึ่งดัดแปลงโดย Banerjee และคณะ (2005) เพื่อวัดการเกิด lipid peroxide ที่เกิดขึ้นโดยใช้ egg-yolk homogenates เป็น lipid-rich media หลักการวิเคราะห์คือ malondialdehyde ซึ่งเป็น secondary product ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของ polyunsaturated fatty acid จะทำปฏิกิริยากับสองโมเลกุลของ TBA ทำให้เกิด chromogen สีแดงชมพูซึ่งวัดการดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร การวิเคราะห์นี้ทำได้โดยนำน้ำส้มจากอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ มาผสมกับ egg-yolk homogenates 10 มิลลิลิตร (ร้อยละ 10 โดยปริมาตรในน้ำกลั่น) ในหลอดทดลอง และปรับปริมาตรให้เป็น 1 มิลลิลิตร โดยการเติมน้ำกลั่น หลังจากนั้นเติม $FeSO_4$

0.07 โมลต่อลิตร ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองและบ่มไว้เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิด lipid peroxidation หลังจากนั้น เติม acetic acid ร้อยละ 20 ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร (ปรับ pH เป็น 3.5 ด้วย NaOH), 0.8% TBA (w/v เตรียมในสารละลาย 1.1% SDS) 1.5 มิลลิลิตร และ 20% TCA 0.05 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex ก่อนนำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำซึ่งเดือดเป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้น ทำให้เย็นลง ก่อนเติม 1-butanol 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ค่าการดูดกลืนแสงวัดจากชั้นสารละลายอินทรีย์ซึ่งอยู่ข้างบน ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร ร้อยละของการยับยั้ง lipid peroxidation หาได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\% \text{Inhibition} = 100\% \times (A_0 - A_s)/A_0$$

เมื่อ A₀ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม และ A_s คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

1.4.3 ศึกษาฤทธิ์การยับยั้งการอักเสบในเซลล์เพาะเลี้ยง

1) ความเป็นพิษต่อเซลล์

อ้างอิงตามการศึกษาของ Lee และคณะ (2012) ใช้วิธี MTT proliferation assay ทำการเลี้ยงเซลล์ murine macrophage RAW 264.7 จำนวนหลุมละ 5×10^5 เซลล์/มล. ใน 96 well plate ในอาหาร Completed Dulbecco's modified Eagle medium (DMEM) (10% fetal bovine serum supplemented, 2 ของ 100x penicillin/streptomycin และ 1% ของ 100x amphotericin B) บ่ม 24 ชั่วโมง ที่ 37 องศาเซลเซียส 5 % CO₂ เติมสารสกัดแบ่งทุเรียน ความเข้มข้น 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125, 1.56, 0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เลี้ยงต่อเป็นเป็นเวลา 48 ชม. เติม 20 ไมโครลิตร MTT solution ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทุกหลุม บ่ม 4 ชั่วโมง ละลายผลึก formazan ด้วย dimethyl sulfoxide (DMSO) 200 ไมโครลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 570 และ 690 นาโนเมตร ด้วย microplate spectrophotometer คำนวณหา IC₅₀ ค่าความเข้มข้นของสารที่ทำให้เซลล์รอดชีวิต 50 % เมื่อเปรียบเทียบกับหลุมควบคุมที่ไม่มีการเติมสารสกัดแบ่งทุเรียน

2) การยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์

อ้างอิงตามการศึกษาของ Lee และคณะ (2012) โดยเลี้ยงเซลล์ RAW 264.7 จำนวนหลุมละ 5×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใน 96 well plate ในอาหาร Completed Dulbecco's modified Eagle medium (DMEM) บ่ม 24 ชั่วโมง ที่ 37 องศาเซลเซียส 5 % CO₂ ในสภาวะที่มี LPS 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เติมสารสกัดแบ่งทุเรียนความเข้มข้น 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125, 1.56 และ 0 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร โดยใช้หลุมที่มีเฉพาะ LPS 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น Positive control เติมสาร Griess reagent 100 ไมโครลิตร (1% sulfanilamide, 0.1% N-1-naphthylethylenediamine dihydrochloride, และ 2% phosphoric acid) บ่มที่มืดในอุณหภูมิห้อง 10 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 550 นาโนเมตร ที่ baseline 650 นาโนเมตร เปรียบเทียบปริมาณการสร้าง NO จากกราฟมาตรฐาน

1.4.4 ศึกษาหาปริมาณ Total phenolic content

สารสกัดแบ่งทุเรียนนำมาหาปริมาณ Total phenolic ตามวิธีการของ Singleton และคณะ (1999) โดยใช้ 2.5 มิลลิลิตร ของ Folin-Ciocalteu reagent (10%), 0.5 มิลลิลิตร ของสารสกัด และเติม 2 มิลลิลิตร ของ 4% sodium carbonate ครบ 2 ชั่วโมง นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 740 nm โดยผลจะแสดงในค่า Equivalent mg Gallic acid/g

2. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้แบ่งทุเรียนในการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตน การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

คัดเลือกแบ่งทุเรียนที่เหมาะสมในการผลิตพาสต้าจากผลการทดลองในข้อ 1 มาทดลองผลิตเป็นเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน โดยใช้กระบวนการทางสถิติในการวางแผนการทดลอง เพื่อหาสูตร ที่เหมาะสมในการผลิตเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตน กระบวนการผลิตเส้นพาสต้า เริ่มจากการผสมส่วนผสมที่เป็นของแข็งทั้งหมดให้เข้ากัน เติมส่วนผสมที่เป็นของเหลว นวดให้เป็นเนื้อเดียวกัน ปั้นให้เป็นก้อนกลม พักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเข้าเครื่องทำพาสต้าแบบมือหมุน รีดให้เป็นแผ่นประมาณอย่างน้อย 5 ครั้ง ก่อนตัดให้เป็นเส้นความหนา 2 มิลลิเมตร ยาว 30 เซนติเมตร อบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เก็บในถุงพลาสติกปิดสนิท ที่อุณหภูมิห้อง

2.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่งในการผลิตพาสต้า

การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่งในการผลิตพาสต้า โดยใช้แผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ (mixture designs) โดยกำหนดปริมาณแป้งข้าวเจ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 50 ถึง ร้อยละ 70 แป้งมันฝรั่งร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 30 และแป้งมันฝรั่งร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 30 ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัยรวมกันเป็นร้อยละ 60 ของส่วนผสมทั้งหมด คัดเลือกสูตรสำหรับการทดลอง โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกจุดบนพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมด้านเท่า จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ที่กระจายอยู่ทุกๆ ส่วนของบริเวณที่กำหนด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมสูตรในขอบเขตที่แปรผันส่วนประกอบมากที่สุดได้สูตรที่คัดเลือกมา 9 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งส่วนผสมหลักคือ แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง และส่วนผสมอื่นๆ ประกอบด้วย ไข่ไก่ร้อยละ 36.2 น้ำมันมะกอกร้อยละ 2 แชนแทนกัมร้อยละ 1.2 และเกลือร้อยละ 0.6 ตามลำดับ ผลิตเส้นพาสต้าตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น สังเกตลักษณะปรากฏและวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นพาสต้าที่ผลิตได้ เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นพาสต้าปราศจากกลูเตนในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่ง ที่ได้จากแผนการทดลองแบบ มิกเจอร์ดีไซน์

ส่วนผสม	สูตรที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
แป้งข้าวเจ้า (ร้อยละ)	65	55	70	50	55	60	65	70	50
แป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ)	25	20	0	20	25	20	10	30	30
แป้งมันฝรั่ง (ร้อยละ)	10	25	30	30	20	20	25	0	20

2.2 ผลของแป้งจากเนื้อทุเรียนต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตน

สูตรที่เหมาะสมจากข้อ 2.1 เป็นส่วนของแป้งผสม และทดลองเติมแป้งจากเนื้อทุเรียนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ โดยกำหนดระดับของปัจจัย คือ แป้งผสม (ร้อยละ 0-100) และแป้งจากเนื้อทุเรียน (ร้อยละ 0-100) ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยรวมกันเป็นร้อยละ 60 ของส่วนผสมทั้งหมด และกำหนดให้ส่วนผสมอื่นๆ คงที่ ประกอบด้วย ไข่ไก่ร้อยละ 36.2 น้ำมันมะกอกร้อยละ 2 แขน แทนกัมร้อยละ 1.2 และ เกลือร้อยละ 0.6 ตามลำดับ ได้ 5 สิ่งทดลอง ทดลอง 3 ซ้ำ ดังตารางที่ 2 ผลิตเส้นพาสต้าตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น สังเกตลักษณะปรากฏ วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นพาสต้าที่ผลิตได้ และประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นพาสต้าปราศจากกลูเตนในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2 อัตราส่วนของแป้งผสมและแป้งจากเนื้อทุเรียน

ส่วนผสม	สูตร				
	1	2	3	4	5
แป้งผสมจากข้อ 2.1 (ร้อยละ)	100	75	50	25	0
แป้งจากเนื้อทุเรียน (ร้อยละ)	0	25	50	75	100

*แป้งผสมและแป้งจากเนื้อทุเรียน ทั้ง 2 ปัจจัยรวมกันเป็นร้อยละ 60 ของส่วนผสมทั้งหมด

2.3 ผลของแป้งจากเมล็ดทุเรียนต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตน

สูตรที่เหมาะสมจากข้อ 2.2 เป็นส่วนของแป้งผสม และทดลองเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ โดยกำหนดระดับของปัจจัย คือ แป้งผสม (ร้อยละ 0-100) และแป้งจากเมล็ดทุเรียน (ร้อยละ 0-40) ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยรวมกันเป็นร้อยละ 60 ของส่วนผสมทั้งหมด และกำหนดให้ส่วนผสมอื่นๆ คงที่ ประกอบด้วย ไข่ไก่ร้อยละ 36.2 น้ำมันมะกอกร้อยละ 2 แขน

แทนกัมร้อยละ 1.2 และ เกลือร้อยละ 0.6 ตามลำดับ ได้ 5 สิ่งทดลอง ทดลอง 3 ซ้ำ ดังตารางที่ 3 ผลิตเส้นพาสต้าตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น สังเกตลักษณะปรากฏ วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นพาสต้าที่ผลิตได้ และประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นพาสต้าปราศจากกลูเตนในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3 อัตราส่วนของแป้งผสมและแป้งจากเมล็ดทุเรียน

ส่วนผสม	สูตร				
	1	2	3	4	5
แป้งผสมจากข้อ 2.2 (ร้อยละ)	100	90	80	70	60
แป้งจากเมล็ดทุเรียน (ร้อยละ)	0	10	20	30	40

*แป้งผสมและแป้งจากเมล็ดทุเรียน ทั้ง 2 ปัจจัยรวมกันเป็นร้อยละ 60 ของส่วนผสมทั้งหมด

2.4 ผลของแป้งจากเปลือกทุเรียนต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตน

สูตรที่เหมาะสมจากข้อ 2.3 เป็นส่วนของแป้งผสม และทดลองเติมแป้งจากเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ โดยกำหนดระดับของปัจจัย คือ แป้งผสม (ร้อยละ 0-100) และแป้งจากเมล็ดทุเรียน (ร้อยละ 0-20) ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยรวมกันเป็นร้อยละ 60 ของส่วนผสมทั้งหมด และกำหนดให้ส่วนผสมอื่นๆ คงที่ ประกอบด้วย ไข่ไก่ร้อยละ 36.2 น้ำมันมะกอกร้อยละ 2 แชนแทนกัมร้อยละ 1.2 และ เกลือร้อยละ 0.6 ตามลำดับ ได้ 5 สิ่งทดลอง ทดลอง 3 ซ้ำ ดังตารางที่ 4 ผลิตเส้นพาสต้าตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น สังเกตลักษณะปรากฏ วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นพาสต้าที่ผลิตได้ และประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเป็นพาสต้าปราศจากกลูเตน การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพาสต้าสูตรที่ถูกคัดเลือก และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน

ตารางที่ 4 อัตราส่วนของแป้งผสมและแป้งจากเปลือกทุเรียน

ส่วนผสม	สูตร				
	1	2	3	4	5
แป้งผสมจากข้อ 2.3 (ร้อยละ)	100	95	90	85	80
แป้งจากเปลือกทุเรียน (ร้อยละ)	0	5	10	15	20

*แป้งผสมและแป้งจากเปลือกทุเรียน ทั้ง 2 ปัจจัยรวมกันเป็นร้อยละ 60 ของส่วนผสมทั้งหมด

2.5 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของพาสต้าปราศจากกลูเตน

1) การต้มเส้นพาสต้า

ต้มน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตรในหม้อ เมื่อน้ำเริ่มเดือดใส่เส้นพาสต้าที่ผ่านการทำแห้ง 100 กรัม ต้มเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นแช่ในน้ำอุณหภูมิห้อง พักให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อไป

2) คุณสมบัติของเส้นพาสต้าหลังการต้ม

ร้อยละน้ำหนักที่หายไปหลังการต้ม (cooking loss) และ ร้อยละของน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (cooking yield) หาได้โดยนำพาสต้าอบแห้งจำนวน 10 กรัม ต้มในน้ำเดือด 250 กรัมเป็นเวลา 10 นาที แช่ในน้ำอุณหภูมิห้อง 10 นาที ชั่งน้ำหนักของเส้นพาสต้า บันทึกผล นำหลังการต้มพาสต้าและพาสต้าหลังการต้ม นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ คำนวณค่าน้ำหนักที่หายไปหลังการต้ม และ น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ดังสมการ

$$\text{น้ำหนักที่หายไปหลังการต้ม (\%)} = \left[\frac{(\text{น้ำหนักของน้ำต้มพาสต้าหลังการอบแห้ง})}{(\text{น้ำหนักพาสต้าก่อนต้ม})} \right] \times 100$$

$$\text{น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (\%)} = \left[\frac{(\text{น้ำหนักพาสต้าหลังต้ม} - \text{น้ำหนักพาสต้าก่อนต้ม})}{(\text{น้ำหนักพาสต้าก่อนต้ม})} \right] \times 100$$

3) การวัดค่าเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์ความแน่นเนื้อ (firmness) และ ความเหนียว (toughness) ของพาสต้าด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-XT2i, Stable Micro Systems™ Co., MA, USA) ตามวิธีการ AACC Method (AACC, 2003) ด้วยความเร็ว 0.17 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทาง 4.5 มิลลิเมตร โดยค่าความแน่นเนื้อมีหน่วยเป็น กรัม และความเหนียว มีหน่วยเป็น กรัมเซนติเมตร

4) การวัดค่าสี

วัดค่าสีของพาสต้าด้วยเครื่องวัดสี Chrome Meter CR-400 (Konica Minolta Co., Osaka, Japan) วัดตัวอย่างพาสต้าก่อนต้มและหลังต้ม แสดงค่าสีในระบบ CIE ค่า L* หรือความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว), ค่า a* (+a = สีแดง, -a = สีเขียว), ค่า b* (+b = สีเหลือง, -b = สีนํ้าเงิน), ค่า C* ความเข้มของสีที่ปรากฏ และ H° เข้าใกล้ 0 องศา หมายถึง วัดจะอยู่ในกลุ่มสีแดง ค่า H° เข้าใกล้ 90 องศา หมายถึง วัดจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง ค่า H° เข้าใกล้ 180 องศา หมายถึง วัดจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว ค่า H° เข้าใกล้ 270 องศา หมายถึง วัดจะอยู่ในกลุ่มสีน้ำเงิน

5) การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้า โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ต้มเส้นพาสต้าเป็นเวลา 10 นาที แช่น้ำอุณหภูมิห้องให้เย็น ก่อนเสิร์ฟตัวอย่าง โดยวิธี 9-point hedonic scale คะแนน 0 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ทดสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์พาสต้าในด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม และทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์สุดท้ายกับผู้บริโภค 100 คน

6) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ผลิตได้ ไปวิเคราะห์ค่า พลังงาน ความชื้น ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า (AOAC, 2012) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ วิธี ABTS assay (Re และคณะ, 1999)

7) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ทางสถิติทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และหากสิ่งทดลองมีความแตกต่าง ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) (Duncan, 1995) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

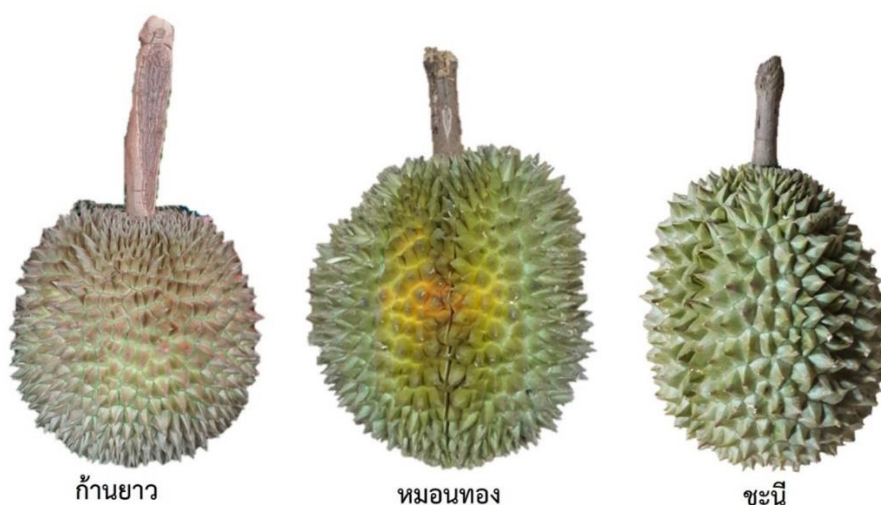
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแป้นทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภคในประเทศไทย

1.1 ข้อมูลพื้นฐานอัตราส่วนประกอบของทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภค

ลักษณะรูปร่างของผลทุเรียนทั้ง 3 พันธุ์ (ภาพที่ 1) มีลักษณะเฉพาะที่เป็นเอกลักษณ์ สอดคล้องกับการรายงานของ อภิชาติ และพัชรี (2560) พันธุ์ก้านยาว ผลรูปทรงกลมมีหนังแน่นเห็นพูไม่ชัดเจน พูเต็มทุกพู หนึ่งในผลจะมี 5 พู แต่ละพูจะเจริญเติบโตได้เท่าๆ กัน สามารถมองเห็นได้ชัดเจน ผลมีขนาดปานกลาง น้ำหนักประมาณ 3 กิโลกรัม เนื้อละเอียดสีเหลืองหนาปานกลาง รสชาติหวานมัน เมล็ดมากค่อนข้างใหญ่ พันธุ์หมอนทองมีขนาดปานกลางน้ำหนักประมาณ 3-4 กิโลกรัม รูปร่างค่อนข้างยาวปลายผลแหลม ร่องพูมองเห็นชัดเจน มักจะพบมีพูใหญ่เพียงอันเดียวเรียกว่า “พูเอก” ฐานหนามเป็นเหลี่ยมระหว่างหนามใหญ่จะมีหนามเล็กวางแซมอยู่ทั่วไปซึ่งเรียกหนามชนิดนี้ว่า “เขี้ยววู” ก้านผลใหญ่แข็งแรง เนื้อหนาสีเหลืองอ่อน เนื้อค่อนข้างแห้งไม่ฉ่ำติดมือ รสชาติหวานมันเมล็ดน้อยและลีบเป็นส่วนใหญ่ ส่วนพันธุ์ชะนีทรงผลกลมยาวตรงกลางป่องออกโดยส่วนด้านหัวจะเรียวและตอนท้ายป้านที่ขาวสวนมักจะเรียกว่า “ทรงหวด” ผลจะใหญ่แต่สันมีความกว้างประมาณ 8 เซนติเมตร เนื้อสีเหลือง รสชาติหวานมันเมล็ดค่อนข้างเล็กและมีจำนวนเมล็ดน้อยโดยเฉพาะมีกลีบน้อยที่สุด การสำรวจข้อมูลด้านราคาเฉลี่ยและอัตราส่วนประกอบของทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภค โดยสุ่มตัวอย่างทุเรียนพันธุ์ก้านยาว ชะนี และหมอนทอง ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากในประเทศไทย แสดงในตารางที่

5



ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภคในปัจจุบัน

ตารางที่ 5 ราคาเฉลี่ยและอัตราส่วนประกอบของทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภค ในช่วงฤดูกาล

พันธุ์ทุเรียน	ก้านยาว	หมอนทอง	ชะนี
ราคาเฉลี่ยทุเรียนสุกในช่วงฤดูกาล (บาทต่อกิโลกรัม)	200-250	100-150	70-80
ส่วนต่างๆ ของทุเรียนดิบที่นำมาผลิตแปรรูปได้			
เมล็ด (ร้อยละ)	16	1.5	20
เนื้อ (ร้อยละ)	33	40	28
เปลือกเฉพาะส่วนที่ขาวที่สามารถบริโภคได้ (ร้อยละ)	10	10	10
ส่วนอื่นๆ เช่น เปลือกหุ้มเมล็ด และเปลือกส่วนที่แข็ง (ร้อยละ)	41	41.5	42

จากข้อมูลการสำรวจพบว่าพันธุ์ก้านยาวมีราคาเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือหมอนทอง และชะนีตามลำดับ สัดส่วนของเมล็ดพันธุ์ชะนีนีมีปริมาณสูงสุดร้อยละ 20 รองลงมาคือพันธุ์ก้านยาวร้อยละ 16 และพันธุ์หมอนทองร้อยละ 1.5 เนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีปริมาณสูงที่สุดร้อยละ 40 รองลงมาคือพันธุ์ก้านยาวร้อยละ 33 และพันธุ์ชะนีย้อยละ 28 ส่วนปริมาณเปลือกส่วนที่สามารถนำมาบริโภคได้ทั้ง 3 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันที่ร้อยละ 10 ลักษณะเนื้อทุเรียน เมล็ด และเปลือกทุเรียนที่ถูกนำมาผลิตเป็นแปรรูปทุเรียนมีลักษณะปรากฏดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะของเนื้อในเมล็ดทุเรียน เนื้อทุเรียน และเปลือกด้านในของทุเรียน

1.2 คุณสมบัติทางกายภาพของแปรรูปที่เตรียมได้จากส่วนของเนื้อ เมล็ด และเปลือกทุเรียนดิบ

การเตรียมแปรรูปจากส่วนของเนื้อ เมล็ด และเปลือกของทุเรียนพันธุ์ก้านยาว หมอนทอง และชะนี จากสังเกตลักษณะปรากฏแสดงในภาพที่ 3 โดยแปรรูปจากส่วนเมล็ดจะมีลักษณะสีขาว ส่วนเนื้อสีเหลือง ส่วนเปลือกสีขาวออกน้ำตาล ทั้ง 3 พันธุ์มีสีที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 3 ลักษณะของแป้งจากส่วนต่างๆ ของทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภค

เมื่อนำแป้งที่ผลิตได้ไปวัดค่าสี (ตารางที่ 6) ด้วยเครื่องวัดค่าสี (Chroma meter model CR-400, KONICA MINOLTA, Japan) ระบบ CIE พบว่า ค่าสีของเมล็ด เนื้อ และเปลือกทั้ง 3 พันธุ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) สอดคล้องกับผลที่สังเกตด้วยตาเปล่า โดยเมล็ดทุเรียนทั้ง 3 พันธุ์มีสีโทนสีขาว แป้งส่วนเนื้อทุเรียนทั้ง 3 พันธุ์ มีค่า H^0 เข้าใกล้ 90 คือมีโทนสีเหลือง พันธุ์ชะนียังมีค่า a^* b^* และ C^* สูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าแป้งจากเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนียังมีแนวโน้มของสีไปทางสีเหลืองแดง สอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่สังเกตด้วยตาเปล่าเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 3 พันธุ์ ทุเรียนพันธุ์ชะนียังมีสีเหลืองเข้มกว่าพันธุ์ก้านยาวและหมอนทองซึ่งมีสีเหลืองอ่อน สีของเปลือกทุเรียนทั้ง 3 พันธุ์มีลักษณะโทนสีขาวออกน้ำตาล ซึ่งสีน้ำตาลที่พบในเปลือกทุเรียนอาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ซึ่งมักพบในผลไม้หลายชนิด โดยเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของผลไม้ เมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ เป็น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) จะเกิดขึ้นได้โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญคือสารตั้งต้น คือ สารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) เอนไซม์ในกลุ่มฟีนอลเลส (phenolase) และออกซิเจน (นิธิยา, 2545) โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลในเปลือกทุเรียนมีปริมาณ 44.67 gallic acid equivalents (GAE) มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง (ธีระพงษ์ และภาณุพงษ์, 2560) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ในเปลือกทุเรียนนี้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Jangam *et al.*, 2011) จะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ของเปลือกทุเรียนเกิดการชำรุด ฉีก ขาด เมื่อถูกระแทก บด หั่น หรือสับ ทำให้

เอนไซม์ สารที่ทำปฏิกิริยา และออกซิเจนเข้ามาสัมผัสกันสาร monophenol (ไม่มีสี) จะถูกออกซิไดซ์ เป็น ไดฟีนอล (diphenol) ซึ่งไม่มีสี และถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็น o-quinone ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดแอมิโนหรือ โปรตีนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจะรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่และมีสีน้ำตาล เช่น เมลานิน (melanin)

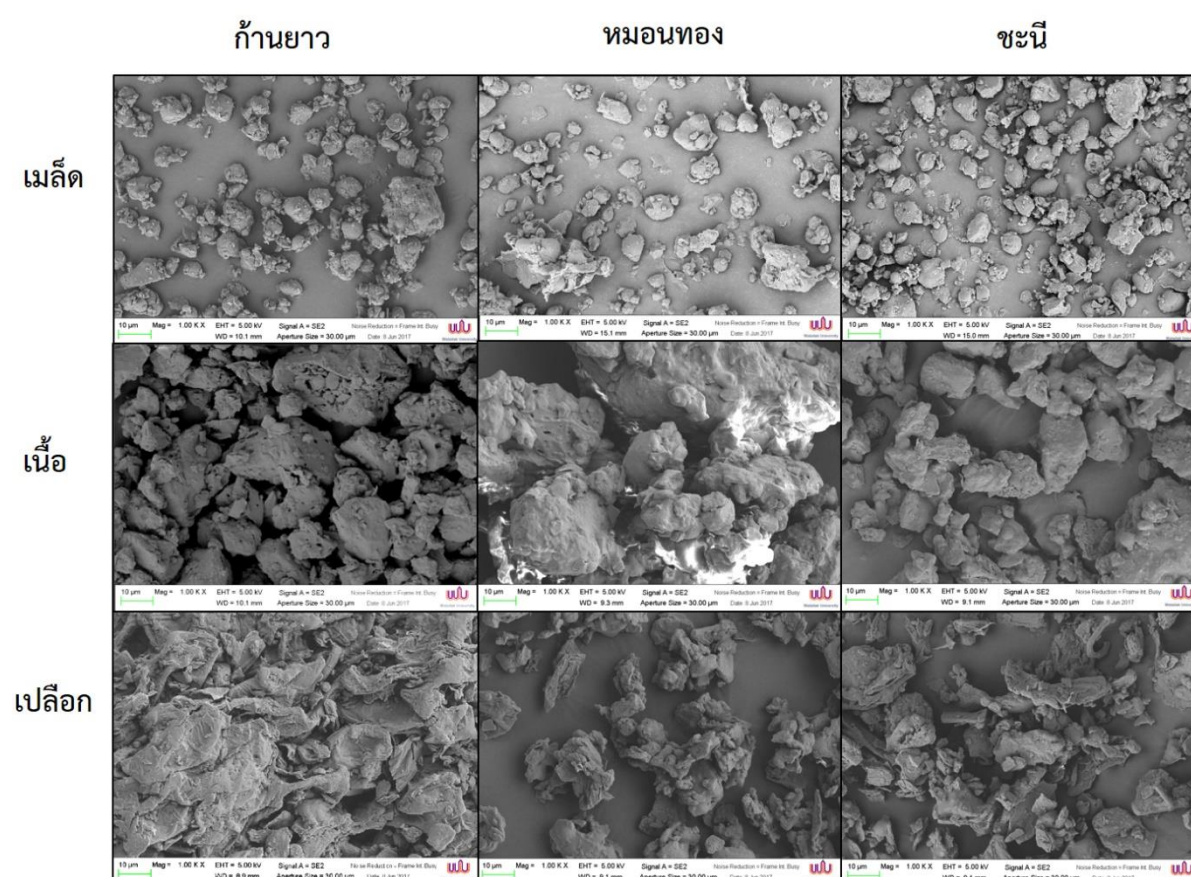
ตารางที่ 6 ค่าสีของแป้งจากส่วนต่างๆ ของทุเรียนพันธุ์ที่นิยมบริโภค

ตัวอย่าง	L*	a*	b*	C*	H ⁰
เมล็ดทุเรียน					
ก้านยาว	107.66±0.25 ^a	6.53±0.03 ^c	8.93±0.06 ^c	11.15±0.14 ^c	54.54±0.13 ^c
หมอนทอง	113.36±0.08 ^b	5.31±0.04 ^b	2.76±0.03 ^a	6.03±0.04 ^b	27.55±0.09 ^a
ชะนี	115.69±0.08 ^c	4.58±0.06 ^a	3.24±0.10 ^b	5.70±0.08 ^a	35.58±0.13 ^b
เนื้อทุเรียน					
ก้านยาว	88.89±0.05 ^c	3.88±0.04 ^a	19.15±0.09 ^a	19.54±0.09 ^a	78.55±0.12 ^c
หมอนทอง	83.21±0.14 ^b	6.04±0.05 ^b	23.82±0.22 ^b	24.57±0.22 ^b	75.77±0.04 ^b
ชะนี	76.57±0.30 ^a	9.11±0.06 ^c	26.49±0.35 ^c	27.50±0.28 ^c	70.56±0.26 ^a
เปลือกทุเรียน					
ก้านยาว	97.86±0.15 ^a	10.67±0.48 ^b	14.24±0.08 ^b	17.50±0.38 ^b	52.59±0.34 ^b
หมอนทอง	105.29±0.27 ^c	7.74±0.05 ^a	12.13±0.11 ^a	14.38±0.10 ^a	57.46±0.19 ^c
ชะนี	98.67±0.50 ^b	11.74±0.18 ^c	14.66±0.08 ^c	18.65±0.31 ^c	51.38±0.07 ^a

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำ
 - ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

การศึกษารูปร่างและลักษณะของเม็ดแป้ง โดยการส่องผ่านกล้อง digital scanning electron microscope แสดงในภาพที่ 4 พบว่า ลักษณะเม็ดแป้งจากส่วนเมล็ดของภายในเซลล์เมื่อดูด้วยกล้อง เม็ดแป้งมีรูปร่างค่อนข้างกลมเป็นเม็ดเล็กๆ และกระจายภายในเซลล์ เมล็ดทุเรียนมีความชื้นร้อยละ 6.6 โปรตีนร้อยละ 7.6 เกลือร้อยละ 3.8 ไขมันร้อยละ 0.4 เส้นใยดิบร้อยละ 4.8 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 76.8 และปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 7.7 (Amin and Arshad, 2009) แป้งจากเนื้อทุเรียนอยู่เป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่ มีรูปร่างเป็นเหลี่ยม โดยทั่วไปเนื้อทุเรียนมีความชื้นร้อยละ 4.4 โปรตีนร้อยละ 6.6 เกลือร้อยละ 2.66 ไขมันร้อยละ 7.0 เส้นใยดิบร้อยละ 8.5 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 70.8 ปริมาณสตาร์ชร้อยละ 40.4 อะมิโลสร้อยละ 0.54 ของปริมาณสตาร์ชทั้งหมด และอะมิโลเพกตินร้อยละ 99.4 ของปริมาณสตาร์ชทั้งหมด (Bai-Ngew *et al.*, 2009) และสารอาหารอื่น เช่น วิตามินซี โพแทสเซียม วิตามินบี วิตามินอี และแคลเซียม เป็นต้น (Rusmiati *et al.*, 2015) ในส่วนของแป้งจากเปลือกทุเรียนลักษณะเป็นเส้นใย อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม

องค์ประกอบของเปลือกทุเรียนประกอบด้วยใยอาหารจากเปลือกทุเรียนมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวนวล ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน เกล็ดและสารในปริมาณ ร้อยละ 5.48, 0.82, 3.58 และ 2.55 ตามลำดับ มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber, TDF) ใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber, SDF) และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber, IDF) ร้อยละ 79.18, 13.05 และ 65.13 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (โศรดา และคณะ, 2553) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 13.09 และ ลิกนินร้อยละ 15.45 (Jun *et al.*, 2010).



ภาพที่ 4 โครงสร้างของแป้งจากส่วนเนื้อ เมล็ด และเปลือกทุเรียนห่าม พันธุ์ที่นิยมบริโภคด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)

1.3 ผลของการต้านจุลชีพของสารสกัดจากเมล็ด เนื้อ และเปลือกทุเรียน

สารสกัดแป้งทุเรียน 8 ชนิด ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามหมายเลขดังนี้

1. สารสกัดแป้งเปลือกชะนี

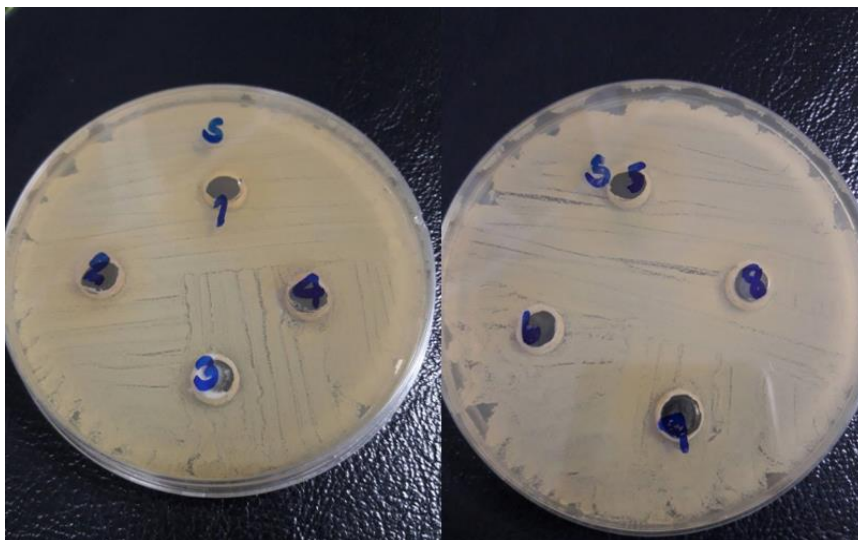
2. สารสกัดแบ่งเมล็ดหอมทอง
3. สารสกัดแบ่งพาสต้า
4. สารสกัดแบ่งเมล็ดชะนี
5. สารสกัดแบ่งเปลือกหอมทอง
6. สารสกัดแบ่งเนื้อชะนี
7. สารสกัดแบ่งเนื้อหอมทอง
8. สารสกัดแบ่งหอมทองปลาร้า

นำสารสกัดแบ่งทุเรียนทั้ง 8 ชนิดมาทดสอบความสามารถในการต้านจุลชีพโดยใช้เชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*), เชื้อเอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*) และ เชื้อแคนดิดา อัลบิ แคนส์ (*Candida albicans*) ผลการทดสอบปรากฏดังนี้

ผลทดสอบเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส

สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส เป็นแบคทีเรียก่อโรค ที่สำคัญในอาหาร แบคทีเรียชนิดนี้ย้อมติดสีแกรมบวก มีรูปร่างเป็นทรงกลม อยู่รวมกันเป็นพวงคล้ายพวงองุ่น ไม่สร้างสปอร์ ไม่เคลื่อนไหว เจริญได้ในที่มีอากาศและ ไม่มีอากาศ แต่เจริญได้ดีกว่าในสภาวะที่มีอากาศ สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส สร้างสารพิษ ชนิดเอนทีโรทอกซิน สารพิษที่สร้างมีสมบัติพิเศษ คือ ทนความร้อน สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ชนิด intoxication ซึ่งเกิดจากบริโภคอาหารที่มีสารพิษ enterotoxin ที่เชื้อสร้างขึ้น ปนเปื้อนในปริมาณน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม จะสามารถทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยได้ มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียน เป็นตะคริวในช่องท้อง และอ่อนเพลีย ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับสภาพความต้านทานสารพิษของร่างกาย ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อในอาหารและปริมาณสารพิษที่สร้างขึ้นในอาหาร รวมทั้งสภาพร่างกายโดยทั่วไปของผู้ที่ได้รับเชื้อ (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2560)

ภาพที่ 5 แสดงผลของสารสกัดแบ่งทุเรียนทั้ง 8 ชนิด ต่อเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส พบว่า สารสกัดแบ่งทุเรียนทั้ง 8 ชนิด ที่ความเข้มข้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร ไม่สามารถยับยั้งเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียสได้ สอดคล้องกับผลการศึกษา Minimal inhibitory concentration (MIC) คือ ปริมาณสารสกัดต่ำสุดที่ป้องกันไม่ให้เกิดการเจริญของแบคทีเรียในหลอดทดลอง (ตารางที่ 7)



ภาพที่ 5 ผลของสารสกัดแบ่งทุเรียนทั้ง 8 ชนิด ต่อเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส

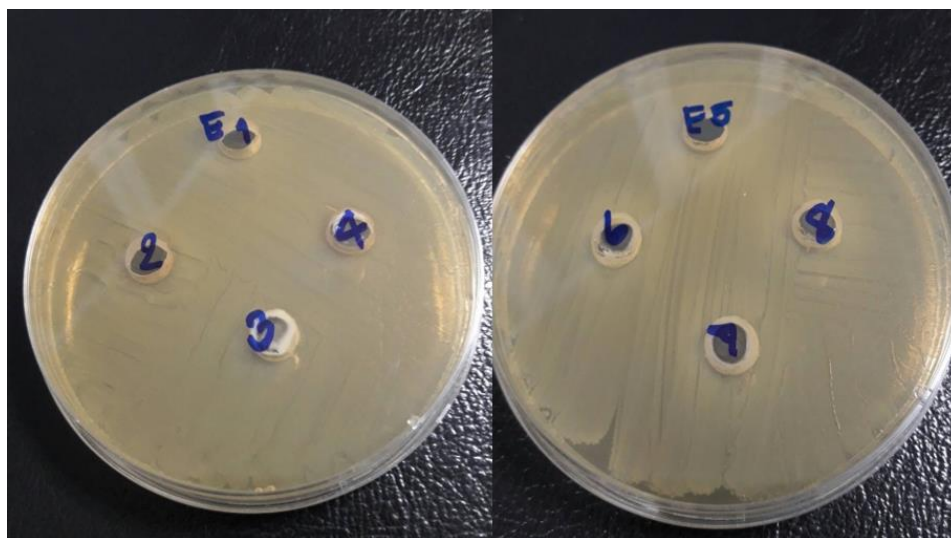
ตารางที่ 7 ผลของ MIC สารสกัดแบ่งทุเรียนทั้ง 8 ชนิด มีความเข้มข้น 200 ug/ml ต่อเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส

Final dilution	เปลือกชะนี	เมล็ด หมอนทอง	เมล็ดชะนี	เปลือก หมอนทอง	เนื้อชะนี	เนื้อหมอนทอง	หมอนทอง ปลาร้า
Negative control (media only)	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส
Positive control (media +bacteria)	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น
50 ug/ml	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น
25 ug/ml	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น
12.5 ug/ml	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น
6.25 ug/ml	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น
3.125 ug/ml	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น
MIC (ug/ml)							
(minimum inhibition concentration)	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50

ผลทดสอบเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล

เชื้อเอสเชอริเชีย โคไล เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างเป็นแท่ง ไม่สร้างสปอร์เป็น facultative anaerobe เจริญได้ทั้งที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน และเป็นแบคทีเรียที่จัดอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์ม ประเภท fecal coliform ซึ่งเป็นโคลิฟอร์มที่พบในอุจจาระของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น จึงใช้เป็นดัชนีบ่งชี้สุขลักษณะของอาหารและน้ำ เชื้อเอสเชอริเชีย โคไล ส่วนใหญ่ไม่ใช่จุลินทรีย์ก่อโรค แต่บางชนิดที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2560) ภาพที่ 6 แสดงผลของสารสกัดแบ่งทุเรียนทั้ง 8 ชนิด ต่อเชื้อเอสเชอริ

เซีย โคไล พบว่า สารสกัดแปรงทุเรียนทั้ง 8 ชนิด ที่ความเข้มข้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่สามารถยับยั้งเชื้อเอสเชอริเชีย โคไลได้ สอดคล้องกับผลการศึกษา MIC (ตารางที่ 8)



ภาพที่ 6 ผลของสารสกัดแปรงทุเรียนทั้ง 8 ชนิด ต่อเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล

ตารางที่ 8 ผลของ MIC สารสกัดแปรงทุเรียนทั้ง 8 ชนิด มีความเข้มข้น 200 ug/ml ต่อเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล

Final dilution	เปลือกขะนิ	เมล็ด หอมทอง	เมล็ดขะนิ	เปลือก หอมทอง	เนื้อขะนิ	เนื้อหอมทอง	หอมทอง ปลาร้า
Negative control (media only)	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส
Positive control (media +bacteria)	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น
50 ug/ml	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น
25 ug/ml	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น
12.5 ug/ml	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น
6.25 ug/ml	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น
3.125 ug/ml	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ขุ่น
MIC (ug/ml)							
(minimum inhibition concentration)	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50

ผลทดสอบเชื้อแคนดิดา อัลบิแคนส์

เชื้อแคนดิดา อัลบิแคนส์ เป็นเชื้อราประเภทยีสต์ที่พบได้ตามปกติในระบบทางเดินอาหารและช่องคลอด เมื่อร่างกายมีภูมิคุ้มกันต่ำ หรือมีการเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นกรดต่าง ก็จะทำให้เชื้อรา ชนิดนี้เจริญจนเกิดเป็นโรคขึ้นได้ ระดับของเชื้อแคนดิดา อัลบิแคนส์ จะถูกควบคุมด้วยระบบภูมิคุ้มกันและโพรไบโอติก

จากผลการทดลองนำสารสกัดแปรงทุเรียนทั้ง 8 ชนิดมาทดสอบความสามารถในการต้านจุลชีพโดยใช้เชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส เชื้อเอสเชอริเชีย โคไล และ เชื้อแคนดิดา อัลบิแคนส์ ที่ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้ง 3 ชนิดได้ อาจเนื่องจากความเข้มข้นของสารสกัดแปรงทุเรียนที่มีปริมาณน้อยเกินไปไม่เพียงพอต่อการยับยั้งการทำงานของเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส เชื้อเอสเชอริเชีย โคไล และ เชื้อแคนดิดา อัลบิแคนส์ Lipipun และคณะ (2002) รายงานการทดสอบการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ด้วยสารโพลีแซคคาไรด์เจลจากเปลือกของผลทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) ต่อเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส เชื้อเอสเชอริเชีย โคไล และ เชื้อแคนดิดา อัลบิแคนส์ โดยเทคนิคจุลชีววิเคราะห์ใช้วิธี Simple Agar Diffusion Method และ Broth Dilution Method โพลีแซคคาไรด์เจลที่ความเข้มข้น 0.32 % ในน้ำกลั่น แสดงให้เห็น inhibition zone บนอาหารวุ้น TSA ด้านการเจริญของเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส และ MIC ของสารโพลีแซคคาไรด์เจลในอาหาร TSB ต่อเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส เท่ากับ 0.64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร อย่างไรก็ตามความเข้มข้นต่ำสุดของสารละลายโพลีแซคคาไรด์เจลในน้ำกลั่นที่ 1.25% และ 2.50% ให้ผลยับยั้งการเจริญบนอาหารวุ้น MNG ต่อเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส และเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล ตามลำดับ ได้ผลของ inhibition zone ที่มีขอบเขตที่คมและชัดเจน ได้ผลของการยับยั้งของสารละลายโพลีแซคคาไรด์เจลในความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ 1% ในอาหาร

1.4 ผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเมล็ด เนื้อ และเปลือกทุเรียน

อนุมูลอิสระ หมายถึงสารที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวในอะตอมหรือโมเลกุล เป็นสาเหตุให้เกิดโรคต่าง ๆ มากมาย ได้แก่ โรคชราโรคเมะเร็ง โรคหัวใจขาดเลือด โรคความจำเสื่อม โรคข้ออักเสบ โรคภูมิแพ้ โรคความดันโลหิต โรคเหงือก โรคเกี่ยวกับสายตา เกิดความผิดปกติของปอด และระบบประสาท เป็นต้น ธรรมชาติหรือร่างกายของสิ่งมีชีวิตจึงมีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่ในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งกลไกในการต้านอนุมูลอิสระมีหลายรูปแบบ เช่น การดักจับอนุมูลอิสระการยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอนการจับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน การหยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระการเสริมฤทธิ์และการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งจากธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ทั้งนี้การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงคุณภาพและปริมาณมีหลาย แต่ละวิธีมีความจำเพาะแตกต่างกัน ปกติมักใช้หลายวิธีรวมกันในการตรวจสอบและสรุปผลทั้งนี้เพื่อให้ผลการทดสอบมีความถูกต้องและแม่นยำ (บุหรัน, 2556)

1) ผลการทดสอบ ABTS radical scavenging activity

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส (ABTS radical cation decolorization assay) เป็นวิธีการวัดความสามารถในการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส (ABTS^{•+}, 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical) เป็นสารสังเคราะห์ที่มีสีเขียวปนน้ำเงิน สามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เนื่องจากสีของ ABTS^{•+} ปกติจะมีค่าการดูดกลืนแสงสูง จึงต้องทำการเจือจาง ABTS^{•+} ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์จากนั้นนำ ABTS^{•+} ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างที่ละลายด้วยเอทานอลเจือจางซึ่งจะทำให้สีจางลง และตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา จึงสามารถหาความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างได้จากการคำนวณสีที่จางลงของการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} ซึ่งวิธีการคำนวณและการเทียบกับสารมาตรฐาน trolox ของวิธีนี้คือ ABTS^{•+} ละลายได้ดีในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์จึงทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว และทำปฏิกิริยาได้ดีในช่วง pH กว้าง ส่วนข้อเสียคือ ABTS^{•+} ไม่เป็นสารธรรมชาติที่พบในร่างกายหรือในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตและต้องมีการทำปฏิกิริยากับสารอื่นก่อนถึงจะเกิดเป็นอนุมูลอิสระ (บุหรณ์, 2556) สารสกัดจากแป๊ะทูลเรียนสามารถกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS assay เรียงลำดับความสามารถจากค่า IC₅₀ ได้จากการกำจัดได้ดีที่สุดคือ เมล็ดชะนี เปลือกชะนี เนื้อหมอนทองปลาร้า เมล็ดหมอนทอง เนื้อหมอนทอง เปลือกหมอนทอง และเนื้อชะนี ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดแป๊ะทูลเรียน ทดสอบ ABTS radical scavenging activity แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (SC₅₀ ± SE)

SC ₅₀ (µg/ml) of ABTS radical scavenging activity	Mean(µg/ml)	SE	ลำดับการต้าน อนุมูลอิสระ
เนื้อหมอนทองปลาร้า	12.89	0.73	3
เนื้อหมอนทอง	16.37	1.07	5
เนื้อชะนี	24.57	0.81	7
เปลือกหมอนทอง	18.05	1.22	6
เปลือกชะนี	10.55	0.57	2
เมล็ดหมอนทอง	13.16	2.90	4
เมล็ดชะนี	6.79	0.51	1

2) ผลการทดสอบด้วย Nitric oxide scavenging assay

ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, NO) จัดเป็นอนุมูลอิสระชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติเป็นสารสื่อกลางการอักเสบ ไนตริกออกไซด์สังเคราะห์ขึ้นจาก L-arginine และโมเลกุลของออกซิเจนโดยการเร่งปฏิกิริยาของ

เอนไซม์ nitric oxide synthase (NOS) (วศพล และคณะ, 2559) ไนตริกออกไซด์ ที่ผลิตจากเอนไซม์ Endothelial NOS (eNOS) มีหน้าที่ทำให้หลอดเลือดขยายตัว ยับยั้งการเกาะตัวของเกล็ดเลือด ลดการจับของเม็ดเลือดขาวกับผนังหลอดเลือด และทำให้การเพิ่มจำนวนของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบลดลง เป็นผลให้การไหลเวียนของเลือดเป็น ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดและหัวใจ มักมีภาวะที่เซลล์เยื่อบุหลอดเลือดทำงานผิดปกติ เป็นผลให้มีชีวปริมาณออกฤทธิ์ของไนตริกออกไซด์ลดลง โดยอาจมีสาเหตุจากการลดการผลิตไนตริกออกไซด์ของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด และการเพิ่มการผลิตอนุมูลอิสระนำไปสู่ภาวะหลอดเลือดแข็ง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจวิธีการเพิ่มชีวปริมาณออกฤทธิ์ของไนตริกออกไซด์ของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือดทำได้หลายวิธีเช่นการเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ eNOS เป็นต้น รวมทั้งการต้านอนุมูลอิสระเป็นอีกหนทางหนึ่งในการเพิ่มชีวปริมาณออกฤทธิ์ของไนตริกออกไซด์ (สุพัตรา และกล่าวขวัญ, 2560) โดยไนตริกออกไซด์ที่สร้างขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการเกิดพยาธิสภาพของการอักเสบ เช่น การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อเกิดการบาดเจ็บ ภาวะหัวใจขาดเลือด เกิดการอักเสบแบบฉับพลัน และเรื้อรังโดย ไนตริกออกไซด์ที่เพิ่มมากกว่าปกติจะทำปฏิกิริยากับ superoxide anion radical ($O_2^{\cdot-}$) เกิดเป็น peroxynitrite ($ONOO^{\cdot-}$) ที่มีฤทธิ์รุนแรงฆ่าจุลชีพได้และยังสามารถทำลายเซลล์เนื้อเยื่อบริเวณที่เกิดการบาดเจ็บทำให้เกิดการอักเสบเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการยับยั้งไนตริกออกไซด์ เป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษาฤทธิ์ด้านการอักเสบ (วศพล และคณะ, 2559) สารสกัดจากแป๋งทุเรียนสามารถกำจัดอนุมูลอิสระ โดยการทดสอบ Nitric oxide scavenging activity ได้โดยเรียงลำดับความสามารถจากค่า SC_{50} ได้จากการกำจัดได้ดีที่สุดไปได้น้อยที่สุดดังนี้ เมล็ดหมอนทอง เปลือกหมอนทอง เมล็ดชะนี เปลือกชะนี เนื้อหมอนทอง เนื้อชะนี และเนื้อหมอนทองปลาร้า ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดแป๋งทุเรียน โดยการทดสอบ Nitric oxide scavenging activity แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ($SC_{50} \pm SE$)

of Nitric oxide scavenging activity	Mean($\mu g/ml$)	SE	ลำดับการต้านอนุมูลอิสระ
เนื้อหมอนทองปลาร้า	681.22	174.67	7
เนื้อหมอนทอง	356.98	149.64	5
เนื้อชะนี	575.91	247.25	6
เปลือกหมอนทอง	140.16	53.25	2
เปลือกชะนี	352.90	3.37	4
เมล็ดหมอนทอง	57.61	16.28	1
เมล็ดชะนี	254.57	135.36	3

3) ผลการทดสอบด้วย Superoxide radical scavenging assay

สารสกัดจากแป๊ะทู่เรียนสามารถกำจัดอนุมูลอิสระชนิด Superoxide ได้โดยเรียงลำดับความสามารถจากค่า SC_{50} ได้จากการกำจัดได้ดีที่สุดไปได้น้อยที่สุดดังนี้ เนื้อหมอนทอง เนื้อหมอนทองปลาร้า เปลือกหมอนทอง เปลือกชะนี เนื้อชะนี เมล็ดหมอนทอง และเมล็ดชะนี ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดแป๊ะทู่เรียน ทดสอบ Superoxide scavenging activity แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ($SC_{50} \pm SE$)

SC_{50} ($\mu g/ml$) of superoxide scavenging	Mean($\mu g/ml$)	SE	ลำดับการต้าน อนุมูลอิสระ
เนื้อหมอนทองปลาร้า	80.48	22.39	2
เนื้อหมอนทอง	56.38	22.77	1
เนื้อชะนี	90.90	24.51	5
เปลือกหมอนทอง	82.73	8.293	3
เปลือกชะนี	88.363	7.97	4
เมล็ดหมอนทอง	101.06	30.83	6
เมล็ดชะนี	174.91	2.60	7

4) ผลการทดสอบด้วย Hydroxyl radical scavenging assay

สารสกัดจากแป๊ะทู่เรียนสามารถกำจัดอนุมูลอิสระชนิด Hydroxyl radical ได้โดยเรียงลำดับความสามารถจากค่า SC_{50} ได้จากการกำจัดได้ดีที่สุดไปได้น้อยที่สุดดังนี้ เมล็ดหมอนทอง เนื้อหมอนทองปลาร้า เนื้อชะนี เปลือกหมอนทอง เนื้อหมอนทอง เมล็ดชะนี และเปลือกชะนี ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดแป๊ะทูเรียน ทดสอบ Hydroxyl radical scavenging activity แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ($SC_{50} \pm SE$)

SC_{50} ($\mu g/ml$) of Hydroxyl radical scavenging activity	Mean($\mu g/ml$)	SE	ลำดับการต้านอนุมูลอิสระ
เนื้อหมอนทองปลาร้า	107.10	21.31	2
เนื้อหมอนทอง	184.87	51.16	5
เนื้อชะนี	120.73	5.35	3
เปลือกหมอนทอง	126.88	16.87	4
เปลือกชะนี	623.47	61.75	7
เมล็ดหมอนทอง	2.28	0.22	1
เมล็ดชะนี	500.48	400.63	6

5) ผลการทดสอบ Metal ion chelating activity

ฤทธิ์การจับไอออนของโลหะของสารสกัดทุเรียนเรียงตามค่า CC_{50} (50% of Metal ion chelating activity) จากมากไปน้อยดังนี้ เมล็ดชะนี เมล็ดหมอนทอง เปลือกหมอนทอง เนื้อหมอนทอง เนื้อชะนี เนื้อหมอนทองปลาร้า และเปลือกชะนี ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดแป๊ะทูเรียน ทดสอบ Metal ion chelating activity แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่สามารถจับไอออนของโลหะได้ร้อยละ 50 ($CC_{50} \pm SE$)

CC_{50} ($\mu g/ml$) of Metal ion chelating activity	Mean($\mu g/ml$)	SE	ลำดับการต้านอนุมูลอิสระ
เนื้อหมอนทองปลาร้า	543.24	71.25	6
เนื้อหมอนทอง	462.26	4.75	4
เนื้อชะนี	518.53	77.22	5
เปลือกหมอนทอง	172.59	11.59	3
เปลือกชะนี	548.77	230.21	7
เมล็ดหมอนทอง	92.59	29.91	2
เมล็ดชะนี	54.90	1.47	1

6) ผลการทดสอบ Inhibition of lipid peroxidation

ความสามารถในการยับยั้งการเกิด lipid peroxidation พบไม่สามารถตรวจวัดได้ โดยมีความ IC_{50} มากกว่า 200 $\mu g/ml$ ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นสูงสุดในทดลองนี้ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดแป๊ะทูเรียน ทดสอบ Metal ion chelating activity แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่สามารถจับไอออนของโลหะได้ร้อยละ 50 ($IC_{50} \pm SE$)

IC_{50} ($\mu g/ml$) of Metal ion chelating activity	Mean($\mu g/ml$)	ลำดับการต้านอนุมูล อิสระ
เนื้อหมอนทองปลาร้า	>200	-
เนื้อหมอนทอง	>200	-
เนื้อชะนี	>200	-
เปลือกหมอนทอง	>200	-
เปลือกชะนี	>200	-
เมล็ดหมอนทอง	>200	-
เมล็ดชะนี	>200	-

ผลจากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเมล็ด เนื้อ และเปลือกทุเรียน ทั้ง 6 วิธี พบว่า สารสกัดจากส่วนของเมล็ดทุเรียนชะนี และเมล็ดทุเรียนหมอนทองมีแนวโน้มให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนของเนื้อและเปลือกทุเรียน อาจเนื่องจากส่วนของเมล็ดมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าส่วนของเนื้อและเปลือก โดยเมล็ดทุเรียนมีโปรตีนร้อยละ 7.6 (Amin and Arshad, 2009) เนื้อทุเรียนโปรตีนร้อยละ 6.6 (Bai-Ngew *et al.*, 2009) เปลือกทุเรียนโปรตีนร้อยละ 5.48 (โศรดา และคณะ 2553) โปรตีนในทุเรียนเมื่อผ่านขั้นตอนการสกัดจะมีขนาดเล็กลงเป็นเปปไทด์ที่มีขนาดเล็กมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าเปปไทด์ขนาดใหญ่ โดยในทุเรียนมีกรดอะมิโนหลายชนิด ที่พบในปริมาณสูง เช่น ไลซีน วาลีน ไอโซลิวซีน กรดกลูตามิก เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557)

1.5 ผลการศึกษาฤทธิ์การยับยั้งการอักเสบในเซลล์เพาะเลี้ยงของสารสกัดจากเมล็ด เนื้อ และเปลือกทุเรียน

การอักเสบ (inflammation) เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนเกิดจากปฏิกิริยาการตอบสนอง ของเซลล์ภายในร่างกายต่อสิ่งกระตุ้นหรือสารที่มีอันตรายซึ่งจะเกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันร่างกายทั้ง humoral

และ cellular ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่หลอดเลือดเล็กๆ ส่งผลให้สารภายในหลอดเลือดรั่วสูของว่างระหว่างเซลล์ ดังนั้น เม็ดเลือดขาวจึงเคลื่อนเข้าสู่บริเวณอักเสบเกิดกระบวนการทำลายสิ่งแปลกปลอมโมเลกุลไขมันแตกปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยเซลล์ใกล้เคียง อาการที่ปรากฏคือ ปวด บวม แดงและร้อน อันเป็นผลมาจากการที่สารสื่อ (mediator) หรือตัวกระตุ้นอื่นไปกระตุ้นปลายประสาททำให้รู้สึกปวด มีการเพิ่มความสามารถในการซึมผ่านของผนังหลอดเลือดทำให้เกิดอาการบวม ขนาดและการไหลของเลือดในหลอดเลือดฝอยเปลี่ยนแปลงทำให้บริเวณนั้นแดงและร้อน (สันติ และคณะ, 2561) ในขณะที่มีปฏิกิริยาการอักเสบเกิดขึ้นเซลล์แมโครฟาจซึ่งเป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดหนึ่งจะหลั่งสารสื่อกลางในการอักเสบชนิดต่างๆ เช่น ไนตริกออกไซด์ และพรอสตาแกลนดิน E_2 (prostaglandins E_2) และไซโตไคน์ (cytokine) เป็นต้น เพื่อช่วยในการกำจัดสิ่งรุกราน อย่างไรก็ตาม การหลั่งสารสื่อกลางการอักเสบต่างๆ ในปริมาณมากเกินไปจะทำให้มีการทำลายเนื้อเยื่อ ปัจจุบันพบว่าการหลั่งสารสื่อกลางการอักเสบที่มากเกินไปหรือหลังเป็นระยะเวลาต่อเนื่องเกี่ยวข้องกับการเกิดพยาธิวิทยาของโรคต่างๆ เช่น โรคกระดูกและลำไส้อักเสบโรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ (Rheumatoid arthritis) โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) โรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease) ภาวะช็อกจากการติดเชื้อ (Septic shock) โรคเบาหวาน และโรคอักเสบต่างๆ การยับยั้งการหลั่งสารสื่อกลางการอักเสบ เช่น ไนตริกออกไซด์ และพรอสตาแกลนดิน E_2 ที่มากเกินไปเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยป้องกันและรักษาโรคต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบได้ ในปัจจุบันมีความพยายามในการค้นหาโมเลกุลสารจากธรรมชาติที่สามารถลดการผลิตสารสื่อกลางการอักเสบเหล่านี้ เพื่อนำไปสู่การผลิตยาต้านการอักเสบที่มีประสิทธิภาพสูงแต่มีผลข้างเคียงที่ต่ำ (กล่าวขวัญ และคณะ, 2557)

1) ผลของความเป็นพิษต่อเซลล์

การตรวจสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ในหลอดทดลองเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถให้ข้อมูลเบื้องต้นได้ ซึ่งการตรวจสอบมีหลายวิธี Methyl tetrazolium 3-[4,5-Dimethylthiazol-2-yl]-2, 5-Diphenyl tetrazoliumbromide (MTT) assay เป็นวิธีตรวจสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ในหลอดทดลองจากความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ Dehydrogenase และ Cofactor ในไมโทคอนเดรียที่รีดิวซ์สาร 3-[4,5-Dimethylthiazol-2-yl]-2, 5-Diphenyltetrazolium Bromide (MTT) ที่มีสีเหลืองให้กลายเป็นผลึกฟอร์มาซาน (Formazan) ที่มีสีม่วงได้ ดังนั้นจึงใช้ผลึก ฟอร์มาซานแสดงถึงควมมีชีวิตของเซลล์ โดยเซลล์ที่ตายนั้นจะมีลักษณะใสไม่มีสีส่วนเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่จะมีผลึกสีม่วงเกิดขึ้นภายในเซลล์ ซึ่งเมื่อนำมาละลายในตัวทำละลาย เช่น DMSO จะได้สารละลายสีม่วงน้ำเงินที่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ด้วยเครื่อง Spectrophotometer นำมาคำนวณร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งนิยมรายงานความเป็นพิษของสารจากระดับความเข้มข้นที่ทำให้เซลล์ตาย 50% (50% Cytotoxic concentration: CC_{50}) (สุพัตรา และคณะ, 2555)

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์เมคโครฟาจ RAW 264.7 ของสารสกัดแปรงทุเรียน พบว่า มีความเป็นพิษเรียงจากน้อยไปมากดังนี้ เปลือกหอมทอง เนื้อชะนี เปลือกชะนี เนื้อหอมทอง เนื้อหอมทองปลาร้า เมล็ดชะนี และเมล็ดหอมทอง ตามลำดับ ความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ของสารสกัดจากแปรงทุเรียน ขึ้นอยู่กับปัจจัยทั้งจากตัวทำละลาย ชนิดของเซลล์ไลน์ที่นำมาทดสอบ ระดับความเข้มข้นของสารสกัด (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ความเป็นพิษของสารสกัดแปรงทุเรียน โดยการทดสอบ MTT แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่ทำให้เซลล์ RAW 264.7 ตายร้อยละ 50 ($CC_{50} \pm SE$)

CC_{50} ($\mu g/ml$)	Mean	SE	ลำดับความเป็นพิษต่อเซลล์ (น้อยไปมาก)
เนื้อหอมทองปลาร้า	109.80	10.42	5
เนื้อหอมทอง	130.00	26.94	4
เนื้อชะนี	161.02	10.89	2
เปลือกหอมทอง	169.93	9.51	1
เปลือกชะนี	134.20	25.25	3
เมล็ดหอมทอง	42.60	9.89	7
เมล็ดชะนี	91.43	15.00	6

2) ผลการยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์

ผลของสารสกัดแปรงทุเรียนในการการยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ที่สร้างจากเมคโครฟาจเซลล์ RAW 264.7 ที่ถูกกระตุ้นด้วยไลโปโพลีแซคคาไรด์ (LPS) โดยพบสามารถยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ได้จากมากไปน้อยเรียงลำดับดังนี้ เมล็ดชะนี เปลือกหอมทอง เนื้อชะนี เนื้อหอมทอง เปลือกชะนี และเนื้อหอมทองปลาร้า ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17ฤทธิ์การยับยั้งการสร้าง NO ของสารสกัดแปंगทุเรียน แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่ยับยั้งการสร้าง NO ของเซลล์ RAW 264.7 ลงร้อยละ 50 ($IC_{50} \pm SE$)

IC_{50} ($\mu g/ml$) of inhibition of NO production	Mean	SE	ลำดับฤทธิ์การยับยั้งการสร้าง Nitric oxide
เนื้อหมอนทองปลาร้า	42.35	0.18	6
เนื้อหมอนทอง	33.98	0.18	4
เนื้อชะนี	31.82	0.19	3
เปลือกหมอนทอง	23.56	0.21	2
เปลือกชะนี	38.16	0.18	5
เมล็ดหมอนทอง	140.03	0.05	7
เมล็ดชะนี	21.96	0.21	1

1.6 ผลการศึกษาปริมาณ Total phenolic content ในสารสกัดแปंगทุเรียน

ตารางที่ 18 แสดงปริมาณ Total phenolic ในสารสกัดแปंगทุเรียนจากส่วนเมล็ด เนื้อและเปลือกทุเรียน ตรวจสอบด้วยวิธี Folin-Ciocalteu พบว่าในเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีมีปริมาณ Total phenolic สูงที่สุด เท่ากับ $5,392.92 \pm 451.68$ gallic acid equivalents (GAE) มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือเมล็ดชะนี เมล็ดหมอนทอง เนื้อหมอนทองปลาร้า เปลือกชะนี เปลือกหมอนทอง ตามลำดับ โดยเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีปริมาณ Total phenolic ต่ำที่สุด เท่ากับ $3,198.58 + 139.21$ GAE มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Total phenolic ในสารสกัดจากพาสต้ากับสารจากแปंगอีก 7 ชนิด ด้วยสถิติ ANOVA พบทุกชนิดมีค่า Total phenolic แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p value < 0.05) ปริมาณ Total phenolic ในเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีมีปริมาณสูงที่สุดอาจเนื่องจากมีปริมาณสารแคโรทีนอยด์สูงสังเกตได้จากสีของเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีจะมีสีเข้มกว่าทุเรียนพันธุ์หมอนทองและพันธุ์ก้านยาว ในทุเรียนชะนีสุกมีปริมาณสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ คือเบต้าแคโรทีนประมาณร้อยละ 80 และ แอลฟาแคโรทีนประมาณร้อยละ 20 นอกจากนี้ยังมีลูทีนและซีแซนทีนเล็กน้อย ในทุเรียนสุกพบว่าทุเรียนพันธุ์ชะนีสุกมีปริมาณสารกลุ่มแคโรทีนอยด์สูงกว่าทุเรียนพันธุ์หมอนทองประมาณ 9 เท่า (Wisutiamonkul และคณะ 2017)

ตารางที่ 18 ปริมาณ Total phenolic content ในสารสกัดแป้งทุเรียน

สารสกัดแป้งทุเรียน	TPC (mg GAE/g)*	ลำดับการมี Total phenolic
เนื้อหอมทองปลาร้า	4,130.46 ± 138.21	4
เนื้อหอมทอง	3,198.58 ± 139.21	7
เนื้อชะนี	5,392.92 ± 451.68	1
เปลือกหอมทอง	3,548.97 ± 112.48	6
เปลือกชะนี	3,569.13 ± 119.78	5
เมล็ดหอมทอง	4,221.45 ± 38.05	3
เมล็ดชะนี	4,954.76 ± 52.02	2

* gallic acid equivalents (GAE) มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง

2. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้แป้งทุเรียนในการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตน การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

2.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่งในการผลิตพาสต้า

การศึกษาค้นคว้าส่วนที่เหมาะสมของการใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่งในการผลิตพาสต้า จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ โดยกำหนดปริมาณแป้งข้าวเจ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 50 ถึง ร้อยละ 70 แป้งมันฝรั่งร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 30 และแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 30 ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัยรวมกันเป็นร้อยละ 60 ของส่วนผสมทั้งหมด การสังเกตลักษณะปรากฏของพาสต้าระหว่างการผลิตและหลังการต้มในน้ำเดือด (ตารางที่ 19) พบว่า การนวดและการรีดแป้ง สูตรที่ 1 และสูตรที่ 8 มีลักษณะเป็นก้อนยาก เนื้อสัมผัสค่อนข้างร่วนแห้ง แข็ง รีดเป็นแผ่นไม่ได้ ร่วนมาก ทั้งสองสูตรเป็นสูตรที่มีปริมาณแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังสูง สูตรที่ 4 และ 7 ให้คุณลักษณะที่ดีกว่าสูตรอื่น คือสามารถปั้นส่วนผสมให้เป็นก้อนได้ดี เนื้อสัมผัสนุ่มใกล้เคียงกับการใช้แป้งสาลี รีดเป็นแผ่นได้ หลังการต้มพาสต้า พบว่า สูตรที่ 7 ให้ลักษณะปรากฏที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ คือมี เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าทั่วไป มีความแข็งเล็กน้อย มีการแตกหักบ้างบางส่วน มีโอกาสในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์พาสต้าได้ดีกว่าสูตร ดังนั้นสูตรที่ 7 จึงเป็นสูตรที่ถูกคัดเลือกเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์พาสต้าในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 19 ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ระหว่างการผสม และการรีดเป็นเส้น

สูตรที่	ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้
ลักษณะเส้นพาสต้าระหว่างการนวด และการรีดเป็นเส้น	
1	ป็นเป็นก้อนยาก เนื้อสัมผัสค่อนข้างร่วนแห้ง แข็ง รีดเป็นแผ่นไม่ได้ ร่วนมาก
2	ป็นเป็นก้อนได้ เนื้อสัมผัสนิ่มกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 8 รีดเป็นแผ่นได้ แต่ขาดง่าย
3	ป็นเป็นก้อนได้ เนื้อสัมผัสนิ่มกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 8 รีดเป็นแผ่นได้ แต่ขาดง่าย
4	ป็นเป็นก้อนได้ดี เนื้อสัมผัสนิ่มใกล้เคียงกับการใช้แป้งสาลี รีดเป็นแผ่นได้
5	ป็นเป็นก้อนได้ เนื้อสัมผัสนิ่มกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 8 รีดเป็นแผ่นได้ แต่ขาดง่าย
6	ป็นเป็นก้อนได้ เนื้อสัมผัสนิ่มกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 8 รีดเป็นแผ่นได้ แต่ขาดง่าย
7	ป็นเป็นก้อนได้ดี เนื้อสัมผัสนิ่มใกล้เคียงกับการใช้แป้งสาลี รีดเป็นแผ่นได้
8	ป็นเป็นก้อนยาก เนื้อสัมผัสค่อนข้างร่วนแห้ง แข็ง รีดเป็นแผ่นไม่ได้ ร่วนมาก
9	ป็นเป็นก้อนได้ เนื้อสัมผัสนิ่มกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 8 รีดเป็นแผ่นได้ แต่ขาดง่าย
ลักษณะเส้นพาสต้าหลังการต้ม	
1	เนื้อสัมผัสแข็งมาก หัก ร่วน ขาดเป็นชิ้นเล็กๆ
2	เนื้อสัมผัสแข็ง หัก ร่วน ขาดเป็นชิ้นเล็กๆ
3	เนื้อสัมผัสแข็ง หัก ร่วน ขาดเป็นชิ้นเล็กๆ
4	เนื้อสัมผัสแข็ง หัก ร่วน ขาดเป็นชิ้นเล็กๆ
5	เนื้อสัมผัสแข็ง หัก ร่วน ขาดเป็นชิ้นเล็กๆ
6	เนื้อสัมผัสแข็ง หัก ร่วน ขาดเป็นชิ้นเล็กๆ
7	เนื้อสัมผัสแข็งเล็กน้อย เกิดการแตกหักบางส่วนแต่ไม่มากเท่าสูตรอื่น เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเส้นพาสต้า
8	เนื้อสัมผัสแข็งมาก หัก ร่วน ขาดเป็นชิ้นเล็กๆ
9	เนื้อสัมผัสแข็ง หัก ร่วน ขาดเป็นชิ้นเล็กๆ

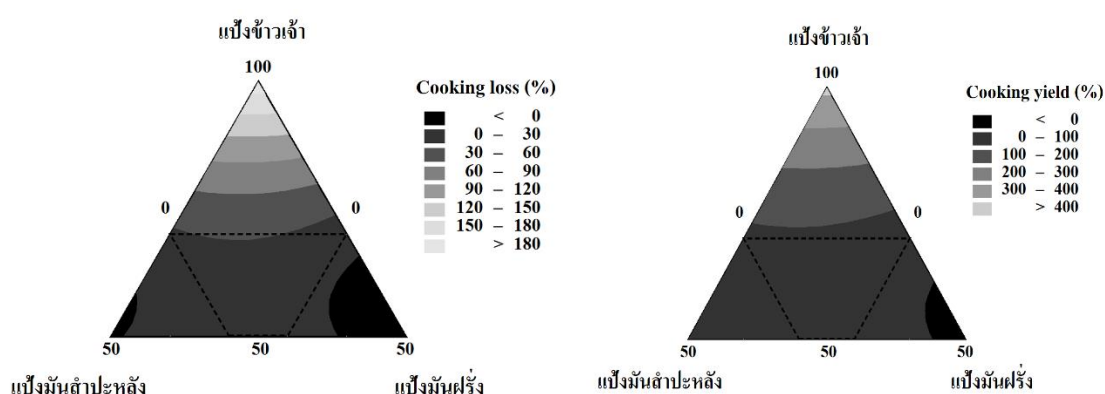
ร้อยละน้ำหนัที่หายไปในการต้ม และร้อยละของน้ำหนัที่ได้ของเส้นพาสต้า แสดงในตารางที่ 20 พบว่า ทั้ง 9 สูตร มีค่าร้อยละน้ำหนัที่หายไปในการต้ม และร้อยละของน้ำหนัที่ได้ในของเส้นพาสต้า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) สูตรที่ 1 และ สูตรที่ 8 มีค่าร้อยละน้ำหนัที่หายไปในการต้ม และร้อยละของน้ำหนัที่ได้ของเส้นพาสต้าสูงที่สุด เมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วย Mixture response surface contour plots (ภาพที่ 8) พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าในสูตรมากขึ้นส่งผลให้แนวโน้มของน้ำหนัที่หายไปในการต้ม และน้ำหนัที่ได้ของเส้นพาสต้าสูงขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้ามการเพิ่มปริมาณแป้งมันฝรั่งแนวโน้มของค่าน้ำหนัที่หายไปในการต้ม และน้ำหนัที่ได้ของเส้นพาสต้าลดลง โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำหนัที่หายไปในการต้ม และน้ำหนัที่ได้ของเส้นพาสต้า เกิดจาก

หลายปัจจัย เช่น คุณภาพของวัตถุดิบทั้งส่วนที่เป็นแป้ง โปรตีน และองค์ประกอบอื่น อุณหภูมิและเวลาในการต้ม เป็นต้น (Dziki and Laskowski, 2005)

ตารางที่ 20 ร้อยละน้ำหนัที่หายไปในการต้ม และ ร้อยละของน้ำหนัที่ได้ของเส้นพาสต้า

สูตรที่	Cooking loss (%)	Cooking yield (%)
1	25.51±0.35 ^g	76.27±0.06 ^h
2	16.04±0.07 ^d	57.78±0.21 ^f
3	15.53±0.39 ^c	54.44±0.50 ^e
4	12.56±0.29 ^b	44.76±0.25 ^d
5	11.81±0.05 ^a	40.66±0.39 ^a
6	12.00±0.11 ^a	42.78±0.12 ^b
7	12.64±0.23 ^b	43.58±0.34 ^c
8	24.39±0.29 ^f	76.34±0.56 ^h
9	17.49±0.16 ^e	59.73±0.64 ^g

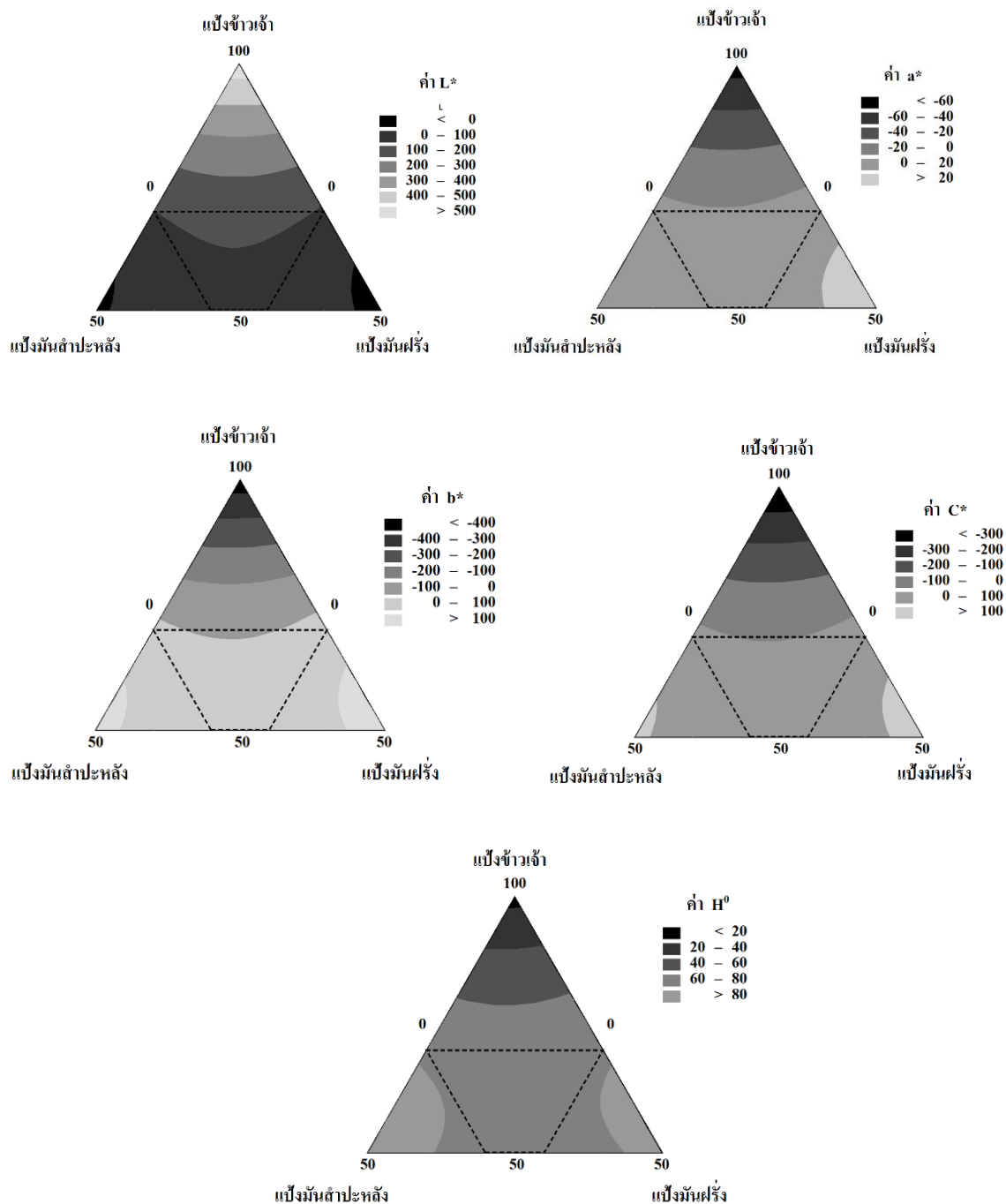
หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำ
- ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 8 Mixture response surface contour plots แสดงผลของแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่ง ต่อค่าหนัที่หายไปในการต้ม และน้ำหนัที่ได้ของเส้นพาสต้า

ค่าสีของเส้นพาสต้าก่อนต้มทั้ง 9 สูตร พบว่า แป้งข้าวเจ้ามีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของพาสต้าสูงที่สุด การเติมแป้งข้าวเจ้าในส่วนผสมปริมาณมากทำให้สีของเส้นพาสต้ามีค่า L^* แสดงค่าความ

สว่างของพาสต้า มีแนวโน้มเป็นสีขาวขึ้น ค่า a^* มีแนวโน้มไปทางสีแดงมากขึ้น ค่า b^* เป็นสีน้ำเงินมากขึ้น ค่า H^0 เข้าใกล้ 90 ซึ่งตัวอย่างอยู่ในกลุ่มสีแดง (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 ค่าสีของเส้นพาสต้าก่อนต้ม

จากข้อมูลด้านลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ ค่าหนักที่หายไปหลังการต้ม น้ำหนักที่ได้ของเส้นพาสต้า ค่าสีของพาสต้าทั้ง 9 สูตร พบว่า พาสต้าสูตรที่ 7 มีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าทั่วไป มีความแข็ง

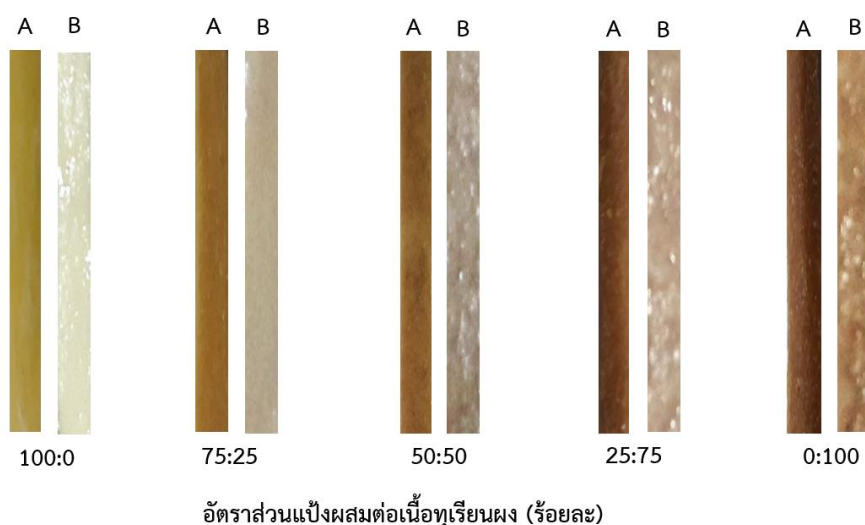
เล็กน้อย มีการแตกหักบ้างบางส่วน มีความเหมาะสมที่สุดในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์พาสต้าเมื่อเทียบกับอีก 8 สูตร ดังนั้นสูตรที่ 7 จึงเป็นสูตรที่ได้รับการคัดเลือกเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์พาสต้าในขั้นตอนต่อไป

2.2 ผลของแป้งจากเนื้อทุเรียนต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตน

จากข้อมูลในข้อ 2.1 สูตรที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 65 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10 และแป้งมันฝรั่งร้อยละ 25 นำมาเป็นส่วนผสมของแป้งผสม เพื่อศึกษาผลของการเติมแป้งจากเนื้อทุเรียนในอัตราส่วนที่ต่างกัน (ร้อยละ 0-100) การสังเกตลักษณะปรากฏ (ตารางที่ 21 และภาพที่ 10) พบว่าสูตรที่มีการเติมแป้งจากเนื้อทุเรียนร้อยละ 25 เป็นสูตรที่ให้ลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด คือระหว่างการนวดและการรีดเป็นเส้นป็นง่าย เนื้อสัมผัสไม่แข็งหรือนิ่มจนเกินไป สีเหลืองใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าปกติ รีดเป็นเส้นได้ หลังการต้มเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าทั่วไป มีผิวเรียบเป็นเนื้อเดียวกัน เหมาะที่จะนำไปพัฒนาเป็นเส้นพาสต้าในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 21 ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ระหว่างการนวด การรีด และหลังการต้มของเส้นพาสต้าที่เติมแป้งจากเนื้อทุเรียน

ตัวอย่าง	ระหว่างการนวดและการรีดเป็นเส้น	หลังการให้ต้มในน้ำเดือด
0 %	ป็นง่ายไม่เหนียว สีเหลืองอ่อน รีดเป็นเส้นได้	เนื้อสัมผัสแข็งเล็กน้อย
25 %	ป็นง่าย เนื้อสัมผัสไม่แข็งหรือนิ่มจนเกินไป สีเหลืองใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าทั่วไป รีดเป็นเส้นได้	เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าทั่วไป
50 %	ป็นได้ เนื้อสัมผัสเริ่มเหนียว สีเหลืองเข้ม รีดได้ แต่ตัดยากเส้นจะติดกัน	เนื้อสัมผัสนุ่มเกินไป
75 %	ป็นยาก สีส้ม เนื้อสัมผัสเหนียวเหมือนทุเรียนกวน รีดเป็นเส้นยาก แต่ตัดยากเส้นจะติดกัน	เหลวละ
100 %	ป็นยาก เนื้อสัมผัสเหนียวเหมือนทุเรียนกวน สีส้มเข้ม รีดเป็นเส้นยาก แต่ตัดยากเส้นจะติดกัน	เหลวละไม่เป็นเส้น



ภาพที่ 10 ลักษณะของเส้นพาสต้าที่มีการเติมแป้งผสมและแป้งจากเนื้อทุเรียนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 22 แสดงผลของแป้งจากเนื้อทุเรียนต่อน้ำหนักที่หายไปหลังการต้ม และหนักที่ได้ของเส้นพาสต้าหลังการต้ม ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพที่สำคัญของความต้านทานต่อการสลายตัวของพาสต้าระหว่างการต้ม โดยน้ำหนักที่หายไปหลังการต้ม และน้ำหนักที่ได้ของเส้นพาสต้าหลังการต้มมีความสัมพันธ์กับการถูกชะของของแข็งในพาสต้า หากเส้นพาสต้ามีการสลายตัวต่ำแสดงถึงคุณภาพที่ดีของพาสต้า หากพาสต้ามีคุณภาพต่ำโครงสร้างพอลิเมอร์ของสตาร์ชมีการจับตัวกับเป็นโครงข่ายที่ไม่แข็งแรงเนื่องจากการขาดโครงข่ายของกลูเตน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์พาสต้ามีค่าน้ำหนักที่หายไปสูง (Larrosa *et al.*, 2016) โดยทั่วไปค่าน้ำหนักที่หายไปของพาสต้าที่ผู้บริโภคมักรับอยู่ที่ร้อยละ 7.0-8.0 (Susanna and Prabhasankar, 2013) จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าค่าน้ำหนักที่หายไปหลังการต้มแปรผันตรงกับปริมาณแป้งจากเนื้อทุเรียน การเติมแป้งจากเนื้อทุเรียนในอัตราส่วนร้อยละ 100 มีค่าน้ำหนักที่หายไปสูงที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลจากโครงสร้างของแป้งจากเนื้อทุเรียนขาดโครงข่ายเชื่อมต่อของเส้นใยการขัดขวางการบวมตัวของแป้ง ความน่าจะเป็นอีกประการหนึ่งก็คือปริมาณน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในแป้งจากเนื้อทุเรียนเป็นอุปสรรคขัดขวางการเกิดเจลลาตินของสตาร์ช โดยการเกิดเจลลาตินในเซชันของแป้งมีแนวโน้มลดลงเมื่อเกิดการจับตัวกันของโครงสร้างระหว่างสตาร์ชกับน้ำตาล (Bai-Ngew *et al.*, 2014) การเติมแป้งจากเนื้อทุเรียนในอัตราส่วนร้อยละ 25 มีค่าน้ำหนักที่หายไปหลังการต้มต่ำที่สุด และค่าน้ำหนักที่ได้ของเส้นพาสต้าหลังต้มสูงที่สุด อาจเป็นผลจากปริมาณแป้งจากเนื้อทุเรียนมีปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสม ส่งผลให้โครงสร้างเครือข่ายพอลิเมอร์ของพาสต้ามีความเสถียรสูงกว่าสูตรอื่น และทำให้น้ำที่ถูกจับอยู่ในเครือข่ายการเกิดเจลลาตินในเซชันของสตาร์ชเกิดขึ้นได้ดี โดยทั่วไปสตาร์ชจากแหล่งที่มาต่างกันส่งผลต่อการจับตัวกับน้ำและโครงสร้างการเกิดเจลต่างกัน ในการทดลองนี้เส้นพาสต้ามีส่วนประกอบของแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง และแป้งจากเนื้อทุเรียน

เป็นองค์ประกอบ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในแป้ง พบว่าจากเนื้อทุเรียนซึ่งมีปริมาณความชื้นสูงกว่าแป้งชนิดอื่น การเติมแป้งจากเนื้อทุเรียนในปริมาณสูงอาจส่งผลให้ค่าน้ำหนักที่ได้ของเส้นพาสต้าหลังการต้มมีค่าต่ำลง

ตารางที่ 22 น้ำหนักที่หายไป น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ความแน่นเนื้อ และความเหนียวของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแป้งจากเนื้อทุเรียน (0-100 %) ก่อนและหลังต้ม

ตัวอย่าง	น้ำหนักที่หายไปหลังการต้ม (%)	น้ำหนักที่ได้ของพาสต้าหลังต้ม (%)	พาสต้าก่อนต้ม		พาสต้าหลังต้ม	
			ความแน่นเนื้อ (g)	ความเหนียว (g.cm)	ความแน่นเนื้อ (g)	ความเหนียว (g.cm)
0 %	10.29±0.36 ^c	43.63±0.29 ^c	3348.84±22.01 ^c	111.67±1.17 ^b	120.89±1.77 ^b	14.34±0.43 ^b
25 %	7.26±0.14 ^a	46.41±0.36 ^e	2589.91±26.65 ^a	92.34±3.02 ^a	230.42±1.01 ^d	33.24±0.08 ^e
50 %	9.41±0.26 ^b	44.68±0.20 ^d	2781.91±74.31 ^b	96.01±0.29 ^a	223.42±1.07 ^c	23.82±0.45 ^d
75 %	11.34±0.12 ^d	34.59±0.22 ^b	3477.65±79.33 ^d	108.47±2.28 ^b	117.92±3.44 ^b	17.13±2.24 ^c
100 %	14.33±0.24 ^e	20.56±0.34 ^a	4059.32±39.49 ^e	117.89±2.27 ^c	26.15±1.30 ^a	3.73±0.11 ^a

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำ
- ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสมีความสำคัญต่อการประเมินคุณภาพเส้นพาสต้า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ชื่นชอบการรับประทานเส้นพาสต้าที่มีความแน่นเนื้อที่เหมาะสมและความเหนียวเล็กน้อย ความแน่นเนื้อและความเหนียวของพาสต้าก่อนและหลังต้ม พบว่า การปริมาณการเติมแป้งจากเนื้อทุเรียนแปรผันตรงกับความแน่นเนื้อและความเหนียวของพาสต้า โดยแป้งจากเนื้อทุเรียนมีปริมาณอะไมโลเพกตินสูง (ร้อยละ 99.26–99.21) แต่มีปริมาณอะมิโลสเล็กน้อย (ร้อยละ 0.19–0.75) อัตราส่วนของอะมิโลสต่ออะมิโลเพกตินของแป้งจากเนื้อทุเรียนคล้ายกับที่พบในแป้งจากข้าวเหนียว (Bai-Ngew *et al.*, 2014) การเพิ่มปริมาณของแป้งจากเนื้อทุเรียนที่ร้อยละ 100 มีผลต่อโครงสร้างของพาสต้าหลังต้ม เนื่องจากค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวลดลง ดังนั้นการเสียดทานเนื่องจากความร้อนส่งผลต่อการละลายของแป้งจากเนื้อทุเรียน ความแน่นเนื้อของพาสต้าลดลง และค่าน้ำหนักที่หายไปหลังการต้มสูงขึ้น

การวัดค่าสีของพาสต้า (ตารางที่ 23) พบว่า การเพิ่มปริมาณเติมแป้งจากเนื้อทุเรียนส่งผลให้ความเข้มและค่า a^* ของค่าสีพาสต้าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าความเข้มของพาสต้ามีสีเหลืองออกส้มแปรผันตรงกับปริมาณแป้งจากเนื้อทุเรียน อาจเนื่องจากเนื้อทุเรียนมีสารแคโรทีนเป็นองค์ประกอบ (Wisutiamonkul *et al.*, 2017) ค่าความสว่างของพาสต้าหลังต้มลดลงจากค่าความสว่างก่อนต้ม อาจเกิดจากผลของความร้อนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง สีของรงควัตถุที่เป็นองค์ประกอบ เช่น แคโรทีนอยด์

ตารางที่ 23 ค่าสีของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแป้งจากเนื้อทุเรียน (0-100 %) ก่อนและหลังต้ม

ตัวอย่าง	พาสต้าก่อนต้ม			พาสต้าหลังต้ม		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0 %	92.65±0.22 ^e	1.00±0.02 ^a	25.31±0.25 ^d	79.70±0.53 ^e	-3.27±0.19 ^a	23.64±0.13 ^c
25 %	72.33±0.33 ^d	8.37±0.26 ^b	24.09±0.09 ^c	72.51±0.14 ^d	1.06±0.06 ^b	24.69±0.07 ^d
50 %	66.28±0.08 ^b	11.46±0.08 ^c	28.54±0.01 ^e	60.63±0.24 ^c	5.36±0.52 ^c	24.79±0.05 ^d
75 %	67.47±0.44 ^c	10.58±0.48 ^d	16.42±0.37 ^a	55.56±0.36 ^b	9.41±0.19 ^d	21.49±0.37 ^b
100 %	56.68±0.27 ^a	13.58±0.20 ^e	18.67±0.48 ^b	47.09±0.15 ^a	12.50±0.07 ^e	17.45±0.18 ^a

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำ
 - ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 30 คน (ตารางที่ 24) พบว่า พาสต้าสูตรที่มีการเติมแป้งจากเนื้อทุเรียนร้อยละ 25 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงที่สุด (6.07±0.69 คะแนน) เมื่อเทียบกับสูตรอื่น ในทางตรงกันข้ามสูตรที่มีการเติมแป้งจากเนื้อทุเรียนร้อยละ 100 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมต่ำที่สุด (1.27±0.45 คะแนน) จากข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส พาสต้าที่มีการเติมแป้งจากเนื้อทุเรียนร้อยละ 25 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นพาสต้าปราศจากกลูเตนในขั้นตอนถัดไป เนื่องจากให้ลักษณะปรากฏที่ดี เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับพาสต้าทั่วไป ค่าน้ำหนักที่หายไปในการต้มต่ำ และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูง เมื่อเทียบกับสูตรอื่น

ตารางที่ 24 คะแนนความชอบ (n = 30) ของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแป้งจากเนื้อทุเรียน (0-100 %)

ตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0 %	4.33±0.66 ^c	5.97±0.67 ^c	5.03±0.49 ^d	2.77±1.04 ^b	4.43±1.01 ^c
25 %	6.10±1.12 ^d	5.50±0.86 ^c	6.07±0.78 ^e	6.00±0.59 ^d	6.07±0.69 ^d
50 %	3.47±1.07 ^b	3.50±0.97 ^b	4.00±3.63 ^c	3.63±0.93 ^c	2.57±0.90 ^b
75 %	2.13±0.94 ^a	3.10±1.27 ^{ab}	2.97±1.27 ^b	1.57±0.77 ^a	2.27±0.74 ^b
100 %	1.80±0.71 ^a	2.90±1.52 ^a	1.90±0.66 ^a	1.37±0.49 ^a	1.27±0.45 ^a

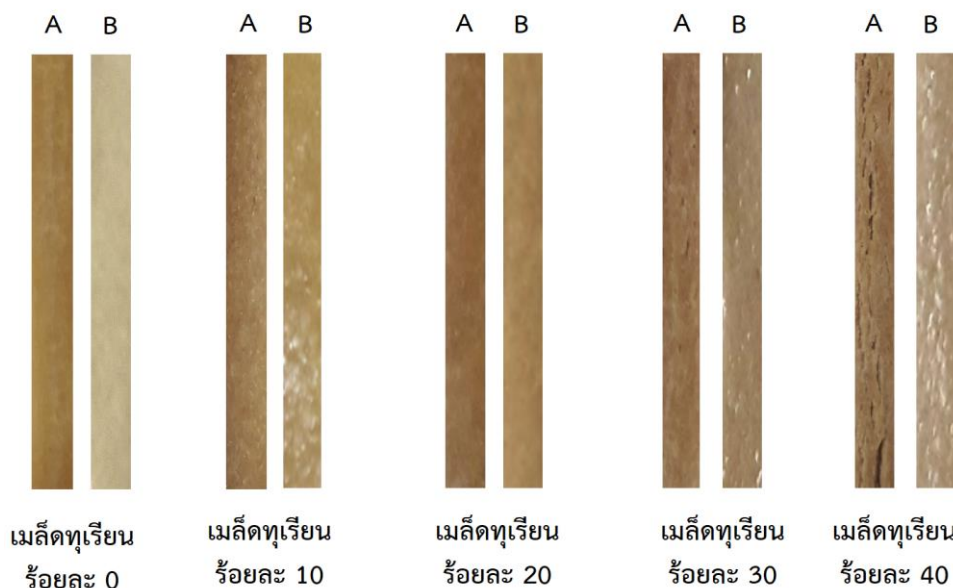
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

2.3 ผลของแป้งจากเมล็ดทุเรียนต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตน

สูตรที่เหมาะสมจากข้อ 2.2 เป็นส่วนของแป้งผสม และทดลองเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนในอัตราส่วนที่ต่างกัน วางแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ โดยกำหนดระดับของปัจจัย คือ แป้งผสม (ร้อยละ 0-100) และแป้งจากเมล็ดทุเรียน (ร้อยละ 0-40) ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยรวมกันเป็นร้อยละ 60 ของส่วนผสมทั้งหมด และกำหนดให้ส่วนผสมอื่นๆ คงที่ ประกอบด้วย ไข่ไก่ร้อยละ 36.2 น้ำมันมะกอกร้อยละ 2 แขนพ่นกัมร้อยละ 1.2 และ เกลือร้อยละ 0.6 ตามลำดับ จากการสังเกตลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ระหว่างการนวด การรีด และหลังการต้มของเส้นพาสต้าที่เติมแป้งจากเมล็ดทุเรียน (ตารางที่ 25 และภาพที่ 11) การเติมแป้งทุเรียนจากเมล็ดทุเรียนในปริมาณร้อยละ 40 พบว่าระหว่างการนวดและการรีดเป็นเส้นแป้งผสมมีลักษณะแข็ง แห้ง และร่วน หลังการต้มในน้ำเดือด พาสต้ามีลักษณะแข็ง แตกหักง่าย ผิวสัมผัสขรุขระ การเติมแป้งเมล็ดทุเรียนร้อยละ 20 พบว่า ระหว่างการนวดและการรีดเป็นเส้นแป้งผสมมีลักษณะปั้นง่าย ตัดเป็นเส้นง่าย หลังการต้มเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าปกติ มีความแข็งเล็กน้อย

ตารางที่ 25 ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ระหว่างการนวด การรีด และหลังการต้มของเส้นพาสต้าที่เติมแป้งจากเมล็ดทุเรียน

ตัวอย่าง	ระหว่างการนวดและการรีดเป็นเส้น	หลังการให้ต้มในน้ำเดือด
0 %	เหนียวและ ปั้นยากมาก ระหว่างตัดเส้นติดกัน	เส้นหักง่าย เนื้อสัมผัสนิ่มและ
10 %	เริ่มปั้นได้บางส่วน ระหว่างตัดเส้นติดกัน	เส้นหักง่าย เนื้อสัมผัสนิ่มและ
20 %	ปั้นง่าย ตัดเส้นง่าย	เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าปกติ มี ความแข็งเล็กน้อย
30 %	ปั้นง่าย ค่อนข้างแข็ง ตัดง่าย	เนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง ผิวขรุขระ
40 %	ปั้นได้ แข็งมาก แห้ง ร่วน	เนื้อสัมผัสแข็ง หักง่าย ผิวขรุขระ



ภาพที่ 11 ลักษณะของเส้นพาสต้าที่มีการเติมแป้งผสมและแป้งจากเมล็ดทุเรียนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

สูตรที่มีการเติมแป้งจากเนื้อทุเรียนร้อยละ 25 ถูกคัดเลือกมาใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมแป้งผสม 100 กรัม ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 48.75 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 7.5 กรัม แป้งมันฝรั่ง 18.75 กรัม และเนื้อทุเรียนผง 25 กรัม การทดลองเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนแป้งผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของพาสต้าในอัตราส่วน ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 พบว่า พาสต้าสูตรที่มีการเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนร้อยละ 20 มีค่าน้ำหนักที่หายไปหลังการต้มต่ำที่สุด (3.17%) เมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ (ตารางที่ 26) ในทางตรงกันข้ามการเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนร้อยละ 40 มีค่าน้ำหนักที่หายไปหลังการต้มสูงที่สุด (9.47%) อาจเกิดจากการมีปริมาณเส้นใยอาหารที่บริโภคได้สูงเกินไปทำให้ความแข็งแรงของโครงสร้างพาสต้าลดลง (Mirhosseini *et al.*, 2015) การเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนในสูตรพาสต้าในระดับที่เหมาะสมทำให้เกิดเครือข่ายโพลีเมอร์ที่มีเสถียรภาพซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของพาสต้า เนื่องจากมีบทบาทสำคัญในการดักจับคาร์โบไฮเดรต ดังนั้นการขาดเครือข่ายที่มีเสถียรภาพจึงไม่สามารถเก็บกักแป้งได้ดังนั้นจึงปล่อยออกระหว่างการต้ม (Padalino *et al.*, 2014)

ในส่วนน้ำหนักที่ได้ของเส้นพาสต้าหลังต้มแปรผันตรงกับปริมาณแป้งจากเมล็ดทุเรียน พบว่า การเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนช่วยปรับปรุงค่าน้ำหนักที่ได้ของพาสต้าหลังต้ม โดยสูตรที่มีการเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนร้อยละ 40 มีค่าน้ำหนักที่ได้ของเส้นพาสต้าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่น เนื่องจากเมล็ดทุเรียนมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 50-70 (Mirhosseini *et al.*, 2015) อาจส่งผลต่อการดูดน้ำที่ถูกจับอยู่ในเครือข่ายการเกิดเจลลาติในเซชันของสตาร์ชเกิดขึ้นได้ค่าน้ำหนักที่ได้ของเส้นพาสต้าหลังต้มจึงมีปริมาณที่สูงขึ้น พาสต้าที่มีการเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนร้อยละ 40 มีค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวของพาสต้าหลังต้มสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่น สอดคล้องกับการรายงานของ ระดับความแน่นเนื้อและความเหนียวขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของแป้งและสภาวะการเกิดเจลลาติไนซ์ การเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนซึ่งมีองค์ประกอบที่

เป็นเส้นใยอาหาร โพลีแซคคาไรด์กัม และโปรตีน (Mirhosseini *et al.*, 2015) อาจทำให้ความแน่นเนื้อและความเหนียวของพาสต้าหลังต้มสูงขึ้น

ตารางที่ 26 น้ำหนักที่หายไป น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ของเส้นพาสต้า ความแน่นเนื้อ และความเหนียวของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแป้งจากเมล็ดทุเรียน (0-40 %) ก่อนและหลังต้ม

ตัวอย่าง	น้ำหนักที่หายไปหลังการต้ม (%)	น้ำหนักที่ได้ของพาสต้าหลังต้ม (%)	พาสต้าก่อนต้ม		พาสต้าหลังต้ม	
			ความแน่นเนื้อ (g)	ความเหนียว (g.cm)	ความแน่นเนื้อ (g)	ความเหนียว (g.cm)
0 %	7.26±0.14 ^d	46.41±0.36 ^a	2589.91±26.65 ^a	92.34±3.02 ^a	230.42±1.01 ^a	33.24±0.08 ^a
10 %	5.53±0.40 ^b	57.30±0.21 ^b	3033.95±45.33 ^b	97.40±5.37 ^b	234.56±3.78 ^b	33.84±0.46 ^a
20 %	3.17±0.15 ^a	71.55±0.39 ^c	3369.36±36.69 ^c	112.67±2.23 ^c	246.22±2.97 ^c	36.67±1.13 ^b
30 %	6.60±0.42 ^c	75.35±0.36 ^d	3499.96±51.83 ^d	126.44±2.36 ^d	359.01±9.41 ^d	39.55±2.33 ^c
40 %	9.47±0.35 ^e	87.35±0.14 ^e	3725.80±16.42 ^e	152.72±0.89 ^e	398.67±8.30 ^e	41.56±1.73 ^d

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำ
- ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

สูตรพาสต้าที่ปราศจากกลูเตนเสริมด้วยแป้งจากเมล็ดทุเรียน มีความเข้มข้นสีที่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งค่า L *, a * และ b * ลักษณะปรากฏของพาสต้าปราศจากกลูเตน (ตารางที่ 27) โดยความเข้มข้นสีพาสต้า และการเปลี่ยนแปลงค่า a* แปรผันตรงกับปริมาณแป้งจากเมล็ดทุเรียน ตัวอย่างที่มีการเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนร้อยละ 40 มีค่า a* สูงที่สุด และค่า b* ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่น สอดคล้องกับการรายงานของ Mirhosseini *et al.* (2015)

ตารางที่ 27 ค่าสีของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแป้งจากเมล็ดทุเรียน (0-40 %) ก่อนและหลังต้ม

ตัวอย่าง	พาสต้าก่อนต้ม			พาสต้าหลังต้ม		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0 %	72.33±0.33 ^e	8.37±0.26 ^a	24.09±0.09 ^d	72.51±0.14 ^e	1.06±0.06 ^a	24.69±0.07 ^c
10 %	64.39±0.19 ^d	9.40±0.30 ^b	23.46±0.16 ^c	66.44±0.36 ^d	5.35±0.05 ^b	21.13±0.04 ^b
20 %	63.47±0.27 ^c	9.46±0.40 ^b	21.18±0.56 ^b	61.13±0.03 ^c	7.31±0.01 ^c	19.46±0.04 ^a
30 %	61.37±0.18 ^b	10.69±0.20 ^c	20.59±0.19 ^a	60.21±0.21 ^b	7.43±0.17 ^c	19.19±0.18 ^a
40 %	58.35±0.23 ^a	11.61±0.20 ^d	20.61±0.30 ^a	57.06±0.16 ^a	8.66±0.10 ^d	19.25±0.09 ^a

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวนผู้ 3 ซ้ำ
- ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 28 แสดงคะแนนความชอบของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแป้งจากเมล็ดทุเรียน (0-40 %) พาสต้าสูตรที่มีการเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนร้อยละ 20 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงสุด (7.43+0.63 คะแนน) เมื่อเทียบกับสูตรอื่น ในทางตรงกันข้ามสูตรที่มีการเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนร้อยละ 40 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมต่ำที่สุด (3.80+1.71 คะแนน) จากข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส พาสต้าที่มีการเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนร้อยละ 20 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นพาสต้าปราศจากกลูเตนในขั้นตอนถัดไป เนื่องจากให้ลักษณะปรากฏที่ดี เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับพาสต้าทั่วไป และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงเมื่อเทียบกับสูตรอื่น

ตารางที่ 28 คะแนนความชอบ (n = 30) ของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแป้งจากเนื้อทุเรียน (25 %) แป้งจากเมล็ดทุเรียน (0-40 %)

ตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0 %	5.67±0.84 ^b	5.47±0.97 ^a	6.00±0.91 ^b	5.57±0.68 ^b	5.67±0.61 ^b
10 %	6.47±0.51 ^c	6.30±0.84 ^b	6.07±0.87 ^b	5.77±0.63 ^b	6.03±0.67 ^b
20 %	7.10±0.66 ^d	7.03±0.41 ^c	7.20±0.61 ^d	7.03±0.76 ^c	7.43±0.63 ^c
30 %	6.30±1.26 ^c	6.83±0.38 ^c	6.97±0.67 ^c	5.67±1.52 ^b	5.87±1.25 ^b
40 %	4.20±1.69 ^a	5.77±1.74 ^a	4.57±1.96 ^a	3.27±1.55 ^a	3.80±1.71 ^a

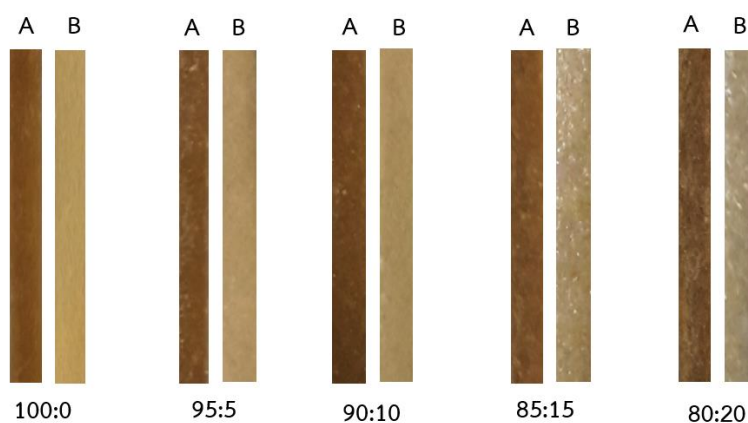
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

2.4 ผลของแป้งจากเปลือกทุเรียนต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตน

สูตรที่เหมาะสมจากข้อ 2.3 เป็นส่วนของแป้งผสม และทดลองเติมแป้งจากเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนที่ต่างกัน จากการสังเกตลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ระหว่างการนวด การรีด และหลังการต้มของเส้นพาสต้าที่เติมแป้งจากเปลือกทุเรียน (ตารางที่ 29 และภาพที่ 12) การเติมแป้งจากเปลือกทุเรียนในปริมาณร้อยละ 20 พบว่า ระหว่างการนวดและการรีดเป็นเส้นแป้งผสมมีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็ง หลังการต้มในน้ำเดือด พาสต้ามีลักษณะแข็ง ผิวสัมผัสขรุขระ การเติมแป้งจากเปลือกทุเรียนร้อยละ 10 พบว่า ระหว่างการนวดและการรีดเป็นเส้นแป้งผสมมีลักษณะปั้นง่าย ตัดเป็นเส้นง่าย หลังการต้มเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าปกติ

ตารางที่ 29 ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ระหว่างการนวด การรีด และหลังการต้มของเส้นพาสต้าที่เติมแป้งจากเปลือกทุเรียน

ตัวอย่าง	ระหว่างการนวดและการรีดเป็นเส้น	หลังการให้ต้มในน้ำเดือด
0 %	ปั้นง่าย ตัดเส้นง่าย	เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าปกติ มีความแข็งเล็กน้อย
5 %	ปั้นง่าย ตัดเส้นง่าย	เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าปกติ มีความแข็งเล็กน้อย
10 %	ปั้นง่าย ตัดเส้นง่าย	เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเส้นพาสต้าปกติ
15 %	ปั้นง่าย ตัดเส้นง่าย เนื้อสัมผัสแข็ง	เนื้อสัมผัส ค่อนข้างแข็ง
20 %	ปั้นง่าย ค่อนข้างแข็ง ตัดง่าย เนื้อสัมผัสแข็ง	เนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง ผิวขรุขระ



อัตราส่วนแป้งผสมต่อเปลือกทุเรียนผง (ร้อยละ)

ภาพที่ 12 ลักษณะของเส้นพาสต้าที่มีการเติมแป้งผสมและเปลือกจากเนื้อทุเรียนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

สูตรที่มีการเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนร้อยละ 20 ถูกคัดเลือกมาใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมแป้งผสม 100 กรัม ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 39 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 6 กรัม แป้งมันฝรั่ง 15 กรัม เนื้อทุเรียนผง 20 กรัม และ เมล็ดทุเรียนผง 20 กรัม การทดลองเติมแป้งจากเปลือกทุเรียนทดแทนแป้งผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพและเสริมใยอาหารของพาสต้าในอัตราส่วน ร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 พบว่า พาสต้าสูตรที่มีการเติมแป้งจากเปลือกทุเรียนร้อยละ 10 มีค่าน้ำหนักที่หายไปในการต้มต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่น (ตารางที่ 30) ค่าน้ำหนักที่ได้ของเส้นพาสต้าหลังการต้มที่มีการเติมแป้งจากเปลือกทุเรียนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยพาสต้าสูตรที่มีการเติมแป้งจากเปลือกทุเรียนร้อยละ 20 จะมีค่าน้ำหนักที่ได้ของพาสต้าหลังการต้มสูงที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ การเติมแป้งจากเปลือกทุเรียนทำให้โครงสร้างของเพอไลเมอร์ในพาสต้ามีความเสถียรมากขึ้น โดยทั่วไปแป้งจากเปลือกทุเรียนมีปริมาณเถ้าร้อยละ 4.84 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 13.09 และลิกนินร้อยละ

15.45 (Jun *et al.*, 2010) การเติมแป้งจากเปลือกทุเรียนทำให้ค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวของพาสต้า ก่อนและหลังต้มเพิ่มขึ้น พาสต้าที่มีการเติมแป้งจากเปลือกทุเรียนร้อยละ 20 มีค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวของพาสต้าหลังต้มสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่น

ตารางที่ 30 น้ำหนักที่หายไป น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ของเส้นพาสต้า ความแน่นเนื้อ และความเหนียวของ พาสต้าที่มีส่วนผสมของแป้งจากเปลือกทุเรียน (0-20 %) ก่อนและหลังต้ม

ตัวอย่าง	น้ำหนักที่หายไปหลังการต้ม (%)	น้ำหนักที่ได้ของพาสต้าหลังต้ม (%)	พาสต้าก่อนต้ม		พาสต้าหลังต้ม	
			ความแน่นเนื้อ (g)	ความเหนียว (g.cm)	ความแน่นเนื้อ (g)	ความเหนียว (g.cm)
0 %	3.17±0.15 ^b	71.55±0.39 ^a	3369.36±36.69 ^a	112.67±2.23 ^a	246.22±2.97 ^a	36.67±1.13 ^a
5 %	3.07±0.07 ^b	80.21±0.25 ^b	3449.84±37.08 ^b	118.40±1.28 ^b	246.58±6.89 ^a	39.67±1.36 ^b
10 %	2.66±0.20 ^a	82.49±0.47 ^c	3556.51±59.73 ^c	123.37±2.26 ^c	250.01±3.33 ^b	40.21±1.20 ^c
15 %	2.89±0.29 ^{ab}	84.53±0.40 ^d	3656.99±45.27 ^d	129.10±5.54 ^d	259.76±1.92 ^c	46.17±0.54 ^d
20 %	3.20±0.08 ^b	96.44±0.29 ^e	3742.18±43.06 ^e	137.80±2.53 ^e	267.18±2.60 ^d	49.29±2.04 ^e

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำ
- ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

สูตรพาสต้าที่ปราศจากกลูเตนเสริมด้วยแป้งจากเปลือกทุเรียน มีความเข้มข้นของสีที่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งค่า L*, a* และ b* (ตารางที่ 31) ลักษณะปรากฏของพาสต้าปราศจากกลูเตน การเปลี่ยนแปลงค่า L*, a* และ b* แปรผกผันตรงกับปริมาณแป้งจากเปลือกทุเรียน แนวโน้มโทนสีของแป้งจากเปลือกทุเรียนมีสีออกน้ำตาลซึ่งอาจเป็นผลจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ของเปลือกทุเรียน

ตารางที่ 31 ค่าสีของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแป้งจากเปลือกทุเรียน (0-20 %) ก่อนและหลังต้ม

ตัวอย่าง	พาสต้าก่อนต้ม			พาสต้าหลังต้ม		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0 %	63.47±0.27 ^e	9.46±0.40 ^b	21.18±0.56 ^a	61.13±0.03 ^e	7.31±0.01 ^e	19.46±0.04 ^d
5 %	60.76±0.04 ^d	4.36±0.14 ^b	17.06±0.61 ^d	59.42±0.45 ^d	6.32±0.07 ^d	17.87±0.10 ^c
10 %	58.40±0.49 ^c	4.27±0.04 ^b	13.59±0.08 ^b	57.24±0.07 ^c	5.23±0.05 ^c	17.58±0.20 ^c
15 %	56.59±0.20 ^b	4.28±0.28 ^b	15.79±0.16 ^c	54.81±0.13 ^b	5.01±0.03 ^b	16.09±0.11 ^b
20 %	54.35±0.14 ^a	3.27±0.21 ^a	8.69±0.19 ^a	50.58±0.18 ^a	4.32±0.06 ^a	12.66±0.34 ^a

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำ
- ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ในส่วนของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส (ตารางที่ 32) พบว่า พาสต้าสูตรที่มีการเติมแป้งจากเปลือกทุเรียนร้อยละ 0, 5 และ 10 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$) โดยพาสต้าสูตรที่มีการเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงที่สุด (7.57 ± 0.57 คะแนน) เมื่อเทียบกับสูตรอื่น ในทางตรงกันข้ามสูตรที่มีการเติมแป้งจากเปลือกทุเรียนร้อยละ 20 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมต่ำที่สุด (3.37 ± 1.90 คะแนน) จากผลการทดลองในด้านต่างๆ พาสต้าที่มีการเติมแป้งจากเมล็ดทุเรียนร้อยละ 10 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นพาสต้าปราศจากกลูเตน เนื่องจากให้ลักษณะปรากฏที่ดี เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับพาสต้าทั่วไป และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เท่ากับ 7.30 ± 0.70 , 7.23 ± 0.69 , 7.28 ± 0.81 , 7.30 ± 0.73 และ 7.58 ± 0.75 คะแนน ตามลำดับ

ตารางที่ 32 คะแนนความชอบ ($n = 30$) ของพาสต้าที่มีส่วนผสมของแป้งจากเนื้อทุเรียน (25 %) แป้งจากเมล็ดทุเรียน (20 %) และแป้งจากเปลือกทุเรียน (0-20 %)

ตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0 %	7.13 ± 0.63^c	7.07 ± 0.45^c	7.23 ± 0.57^c	7.03 ± 0.76^c	7.47 ± 0.63^c
5 %	7.17 ± 0.65^c	7.10 ± 0.06^c	7.23 ± 0.63^c	7.17 ± 0.75^c	7.50 ± 0.63^c
10 %	7.27 ± 0.52^c	7.13 ± 0.51^c	7.27 ± 0.52^c	7.27 ± 0.45^c	7.57 ± 0.57^c
15 %	5.90 ± 1.16^b	6.43 ± 1.07^b	6.47 ± 1.11^b	4.13 ± 0.82^b	4.53 ± 1.41^b
20 %	3.90 ± 1.35^a	5.73 ± 1.41^a	5.47 ± 1.48^a	3.07 ± 1.36^a	3.37 ± 1.90^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P\leq 0.05$)

ลักษณะปรากฏของพาสต้าปราศจากกลูเตนก่อนและหลังต้มแสดงในภาพที่ 13 ซึ่งเป็นสูตรที่ประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า 35.1 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 13.5 กรัม แป้งมันฝรั่ง 5.4 กรัม แป้งจากเนื้อทุเรียน 18 กรัม แป้งจากเมล็ดทุเรียน 18 กรัม แป้งจากเปลือกทุเรียน 10 กรัม แชนแทนกรัม 2 กรัม ไข่ไก่ 60 กรัม เกลือ 1 กรัม และน้ำมันมะกอก 2 กรัม การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพาสต้าที่ผลิตได้ พบว่า พาสต้าปราศจากกลูเตนมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 11.98, 7.58, 8.45, 2.48 และ 69.52 กรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี เท่ากับ 0.39 และพลังงาน เท่ากับ 384.41 แคลลอรี่ต่อ 100 กรัม มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด $1,673.50 \text{ mg GAE/g}$



พาสต้าก่อนต้ม

พาสต้าหลังต้ม

ภาพที่ 13 ลักษณะปรากฏของพาสต้าปราศจากกลูเตนก่อนและหลังต้ม

ตารางที่ 33 องค์ประกอบทางเคมีพาสต้า

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย
ความชื้น (ร้อยละ)	11.98 (g/100g)
โปรตีน (ร้อยละ)	7.58 (g/100g)
ไขมัน (ร้อยละ)	8.45 (g/100g)
เถ้า (ร้อยละ)	2.48 (g/100g)
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	69.51 (g/100g)
วอเตอร์แอกทิวิตี (water activity)	0.39
พลังงาน	384.41 Kcal/100g
Total phenolic content	1,673.50 mg GAE/g
Antioxidant (IC ₅₀)	
ABTS radical scavenging activity	41.31 µg/ml
Nitric oxide scavenging assay	1313.72 µg/ml
Superoxide radical scavenging assay	178.35 µg/ml
Hydroxyl radical scavenging assay	1148.24 µg/ml
Metal ion chelating activity	633.84 µg/ml

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแป้งทุเรียนพันธุ์ก้านยาว ชะนี และหมอนทอง ส่วนของเมล็ด เนื้อ และเปลือก หลังจากผ่านการอบแห้งและบดให้ละเอียดได้แป้งที่มีลักษณะแตกต่างกัน ส่วนของเมล็ดได้แป้งเนื้อละเอียดเนียนสีขาว เนื้อทุเรียนได้เนื้อละเอียดสีเหลือง และเปลือกได้เนื้อสีขาวปนเทา เมื่อส่องดูด้วยกล้องแป้งจากส่วนต่างๆ มีลักษณะโครงสร้างและขนาดอนุภาคที่แตกต่างกัน เมื่อนำสารสกัดจากส่วนเมล็ด เนื้อ และเปลือกของทุเรียนพันธุ์ชะนี และหมอนทองไปศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส เชื้อเอสเชอริเชีย โคลิ และ เชื้อแคนดิดา อัลบิแคนส์ พบว่า ที่ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้ง 3 ชนิดได้ อาจเนื่องจากความเข้มข้นของสารสกัดแป้งทุเรียนที่มีปริมาณน้อยเกินไปไม่เพียงพอต่อการยับยั้งการทำงานของเชื้อ ผลจากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเมล็ด เนื้อ และเปลือกทุเรียน ทั้ง 6 วิธี พบว่า สารสกัดจากส่วนของเมล็ดมีแนวโน้มให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนของเนื้อและเปลือกทุเรียน การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์เมคโครฟาจ RAW 264.7 ของสารสกัดแป้งทุเรียน พบว่า เปลือกหมอนทองมีความเป็นพิษต่อเซลล์น้อยที่สุด การการยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ที่สร้างจากเมคโครฟาจเซลล์ RAW 264.7 ที่ถูกกระตุ้นด้วยไลโปโพลีแซคคาไรด์ พบว่า เมล็ดชะนี สามารถยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์มากที่สุด ปริมาณ Total phenolic ในสารสกัด พบว่าในเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีมีปริมาณ Total phenolic สูงที่สุด
2. การผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งทุเรียน พบว่า ค่าความแน่นเนื้อ และความเหนียวของพาสต้าปราศจากกลูเตนแปรผันตรงกับปริมาณแป้งทุเรียน ค่า L^* ค่า b^* และ คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของพาสต้าปราศจากกลูเตนมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณแป้งทุเรียนที่เพิ่มขึ้น สูตรที่เหมาะสมในการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งทุเรียน ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งจากเนื้อทุเรียน แป้งจากเมล็ดทุเรียน แป้งจากเปลือกทุเรียน แชนแทนกัม ไซไค โกลิอ และน้ำมันมะกอก เท่ากับ 35.1, 13.5, 5.4, 18, 18, 10, 2, 60, 1 และ 2 กรัม ตามลำดับ โดยมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคประมาณเท่ากับ 7.58 ± 0.75 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของแป้งทุเรียน และผลิตภัณฑ์พาสต้า
2. การศึกษากระบวนการผลิตแป้งและผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนสู่การพัฒนาในระดับอุตสาหกรรม
3. การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับทุเรียน และการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทิ้งจากทุเรียน

ผลผลิต

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในระดับชาติ

นรินทร์ เจริญพันธ์ และวิดา กวานเหียน (2561). ผลของแป้งจากเศษเหลือทิ้งของทุเรียนต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 26(5): XX-XX.

นำเสนอผลงานต่อที่ประชุมวิชาการ

Charoenphun, N. and Kwanhian, W. 2017. Effect of flour from durian waste on quality of gluten free pasta. The 43rd Congress on Science and Technology of Thailand (STT 43), during 17-19 October, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

รายงานสรุปการเงิน

รหัสโครงการ 555192 เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย 2560A10802240 สัญญาเลขที่ 8/2560

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ ผลของแป้งจากเศษเหลือทิ้งของทุเรียนต่อคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ดร. นรินทร์ เจริญพันธ์

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2560

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559

รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%)	200,000	บาท	เมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2560
งวดที่ 2 (40%)	160,000	บาท	เมื่อวันที่ 21 กรกฎาคม 2560
งวดที่ 3 (10%)	40,000	บาท	เมื่อวันที่ 30 มีนาคม 2561
รวม	400,000	บาท	

รายจ่าย

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
1. ค่าตอบแทนที่ปรึกษา	0	0	0
2. ค่าจ้าง	110,000	110,000	0
3. ค่าวัสดุ	213,000	213,000	0
4. ค่าใช้สอย	37,000	37,000	0
5. ค่าครุภัณฑ์	0	0	0
6. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	40,000	40,000	0
ค่าสาธารณูปโภค 10 %			
รวม	400,000	400,000	0

นางสาว นรินทร์ เจริญพันธ์

(นางสาวนรินทร์ เจริญพันธ์)

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

บรรณานุกรม

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2557. ทูเรียน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://chantrabook.files.wordpress.com/2015/09/000163.pdf> (2 มกราคม 2561)
- กล่าวขวัญ ศรีสุข สาวินีย์ สีมารักษ์ ปริยาภา เกตุกุล พรสุตา กันแก้ว เอกรัฐ ศรีสุข กาญจนา หิรัญเพ็ง เบญจวรรณ ชิวปรีชา และคำรณ เลียดประถม. 2557. ฤทธิ์ด้านการอักเสบของพืชสมุนไพรบางชนิดในโครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ดจังหวัดจันทบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา (ฉบับพิเศษ)*: 304-311.
- ญาธิปวีร์ ปักแก้ว. 2559. ทูเรียน ราชแห่งผลไม้ รับประทานอย่างไร ได้ประโยชน์. *อาหารและสุขภาพ*. 46: 15-20.
- ธีระพงษ์ นิลละอ และภาณุพงษ์ ใจวุฒ. 2560. การพัฒนาสารสกัดมาตรฐานของเปลือกผลไม้ไทย 6 ชนิดเพื่อเป็นสารยับยั้งไทโรซิเนส. (ออนไลน์) แหล่งที่มา: <http://postgrads.mfu.ac.th/ckfinder/userfiles/files/File28.pdf> (2 มกราคม 2561)
- นิธิยา รัตนานนท์. 2545. เคมีอาหาร. โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ
- นิรนาม. 2560. อาหารต้านแคนดิดา (Candida Diet). (ออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://www.honestdocs.co/the-candida-diet> (2 มกราคม 2561).
- บุหรัน พันธุ์สุวรรณ 2556 อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 21: 275-286.
- ผกาวัลย์ มุสิกพงศ์ พสุธา ัญญะกิจไพศาล และสุนันท์ พงษ์สามารถ. 2548. ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อสเตรปโตคอกคัสไมวแทนส์ และเชื้อแอกติโนมัยซีเทมโคมิแทนส์ ของเจลโพลีแซกคาไรด์ที่สกัดจากเปลือกทุเรียน. *วารสารทันตแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย* 26: 137-144.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์. 2560. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com> (2 มกราคม 2561)
- วศพล ฉัตรเกตุ นันทพงศ์ ขำทอง และธีรทัศน์ สุดสาย. 2559. ฤทธิ์ด้านการอักเสบและต้านอนุมูลอิสระของสารบริสุทธิ์ที่แยกได้จากส่วนสกัดเฮกเซนของเหง้าว่านเปรี้ยว. *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยรังสิต*. 49-57
- โศรดา วัลภา กุศลภัส วชิรศิริ ดำรงชัย สิทธิสำอาง และจิตติชญา สุวรรณทัฬ. 2553. ผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกทุเรียนต่อคุณภาพของขนมปังขาว. *วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร (พิเศษ)*: 205-208.
- สันติ โพธิ์ศรี ปราโมทย์ มหคุณากร และอัจฉรา ศรีสถไส. 2561. ฤทธิ์ด้านการอักเสบของสารสกัดจากใบรางจืด: ผลต่อการสร้าง nitric oxide และ prostaglandin E₂ ในเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7). (ออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://gsbooks.gs.kku.ac.th/51/gradresearch10/file/MMP14.pdf> (2 มกราคม 2561)

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2557. ทูเรียน. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <http://www.oae.go.th/fruits/index.php/2013-01-25-03-34-09?id=156> (28 กันยายน 2559)
- สุพัทธา ทองทา เพชรรัตน์ ไสว และกล่าวขวัญ ศรีสุข. 2560. การศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์เพิ่มการผลิตไนตริกออกไซด์ของแตงโมบางสายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา* 22 (ฉบับพิเศษ): 14-22.
- สุพัทธา โพธิ์เอี่ยม อินทิรา เพชรทับทิม และเกษม สร้อยทอง. 2555. ความเป็นพิษต่อเซลล์ของ Beauvericin และสารสกัดหยาบที่ได้จากเชื้อราสกุล *Beauveria* sp. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร* 7: 35-43.
- อภิชาติ ศรีสะอาด และ พัทรี สำโรงเย็น. 2560. แบบอย่างและแนวทางการปลูก ทูเรียนยุคใหม่ & ระยะเวลา. สำนักพิมพ์นาคา. สมุทรสาคร. 136 หน้า.
- AACC. 2003. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Amid, B.T. and Mirhosseini, H. 2012. Influence of different purification and drying methods on rheological properties and viscoelastic behaviour of durian seed gum. *Carbohydrate Polymers* 90: 452-461.
- Amin, A.M. and Arshad, R. 2009. Proximate composition and pasting properties of durian (*Durio zibethinus*) seed flour. (Online). Available <https://www.inderscienceonline.com/doi/pdf/10.1504/IJPTI.2009.030685> (2 February 2018)
- AOAC, 2012, Official Methods of Analysis of Association of Official Agricultural Chemists. 19th edn. Washington, District of Columbia.
- Arancibia-Avila, P., Toledo, F., Park, Y., Jung, S.T., Kang, S.G., Heo, B.G., Lee, S.H. Sajewicz, M., Kowalska, T. and Gorinstein, S. 2008. Antioxidant properties of durian fruit as influenced by ripening. *LWT - Food Science and Technology* 41: 2118-2125.
- Bai-Ngew, S., Therdthai, N., Dhamvithee, P. and Zhou, W. 2014. A study of the effect of the drying process on the composition and physicochemical properties of flours obtained from durian fruits of two ripening stages. *International Journal of Food Science & Technology* 49: 230-237.
- Banerjee, A., Dasgupta, N. and De, B. 2005. *In vitro* study of antioxidant activity of *Syzygium cumini* fruit. *Food Chemistry* 90: 727-733.
- Chingsuwanrote, P., Muangnoi, C., Parengam, K. and Tuntipopipat, S. 2016. Antioxidant and anti-inflammatory activities of durian and rambutan pulp extract. *International Food Research Journal* 23: 939-947.

- Cornelia, M., Siratantri, T. and Prawita, R. 2015. The utilization of extract durian (*Durio zibethinus* L.) seed gum as an emulsifier in vegan mayonnaise. *Procedia Food Science* 3: 1–18.
- D'Amico, S., Maschle, J., Jekle, M., Tomoskozi, S., Lango, B. and Schoenlechner, R. 2015. Effect of high temperature drying on gluten-free pasta properties. *LWT - Food Science and Technology* 63: 391-399.
- Dinis, T.C.P., Madeira, V.M.C., and Almeida, L.M. 1994. Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and -5aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 315: 161-169
- Duazo, N.O., Bautista, J.R., and Teves, F.G. 2012. Crude methanolic extract activity from rinds and seeds of native durian (*Durio zibethinus*) against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *African Journal of Microbiology Research* 6: 6483-6486.
- Duncan, D.B., 1995, Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometrics* 11: 1–42.
- Dziki, D. and Laskowski, J. 2005. Evaluation of the cooking quality of spaghetti. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 14/55: 153–158.
- Florda, F.A., Soares Jr, M.S., da Silva, F.A., Grosmann, M.V.E. and Souto, L.R.F. 2013. Microstructure, texture and colour of gluten-free pasta made with amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse. *LWT - Food Science and Technology* 54: 132-138.
- Foschia, M., Horstmann, S., Arendt, E.K. and Zannini, E. 2016. Nutritional therapy – Facing the gap between coeliac disease and gluten-free food. *International Journal of Food Microbiology* DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.06.014>.
- Halliwel, B., Gutteridge, J.M.C., Aruoma O.I. 1987. The deoxyribose method: A simple 'test tube' assay for determination of rates constants for reactions of hydroxyl radical. *Analytical Biochemistry*. 165: 224-215.
- Jangam, S.V. Law, C.L. and Mujumdar, A.S. 2011. Drying of foods, vegetables and fruits volume 2. (Online). Available [http://www.kmutt.ac.th/dtrl/pdf/Drying%20of%20FVF Volume%202.pdf](http://www.kmutt.ac.th/dtrl/pdf/Drying%20of%20FVF%20Volume%202.pdf) (2 February 2018)
- Jun, T. Y., Arumugam, S. D., Latip, N. H. A., Abdullah, A. M. and Latif, P. A. 2010. Effect of activation temperature and heating duration on physical characteristics of activated carbon prepared from agriculture waste. *Environment Asia* 3: 143-148.

- Larrosa, V., Lorenzo, G., Zaritzky, N. and Califano, A., 2016, Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. *LWT - Food Science and Technology* 70: 96-103.
- Lee, J.Y, Kim, Y.J, Kim, H.J, Kim, Y.S and Park, W. 2012. Immunostimulatory effect of laminarin on RAW 264.7 mouse macrophages. *Molecules* 17: 5404-5411.
- Lipipun, V., Nantawanit, N. and Pongsamart, S. 2002. Antimicrobial activity (*in vitro*) of polysaccharide gel from durian fruit-hulls. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 24: 31-38.
- Madruga, M.S., Albuquerque, F.S.M. de., Silva, I.R.A., Amaral, D.S.do., Magnani, M., Neto, V.Q. 2014. Chemical, morphological and functional properties of Brazilian jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch. *Food Chemistry* 143: 440-445.
- Maran, J.P. 2015. Statistical optimization of aqueous extraction of pectin from waste durian rinds. *International Journal of Biological Macromolecules* 73: 92-98.
- Marengo, M., Bonomi, F., Marti, A., Pagani, M.A., Elkhaila, A.E.O., Iametti, S. 2015. Molecular features of fermented and sprouted sorghum flours relate to their suitability as components of enriched gluten-free pasta. *LWT - Food Science and Technology* 63: 511-518.
- Mirhosseini, H. and Amid, B.T. 2013. Effect of different drying techniques on flow ability characteristics and chemical properties of natural carbohydrate-protein gum from durian fruit seed. *Chemistry Central Journal* 7: 1-14.
- Mirhosseini, H., Rashid, N.F.A., Amid, B.T., Cheong, K.W., Kazemi, M. and Zulkurnain, M. 2015. Effect of partial replacement of corn flour with durian seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of gluten free pasta. *LWT - Food Science and Technology* 63: 184-190.
- Moongngarm, A. 2011. Influence of Germination Conditions on Starch, Physicochemical Properties, and Microscopic Structure of Rice Flour. 2010 International Conference on Biology, Environment and Chemistry IPCBEE. 1: 78-82.
- Nakamura, Y., Ohto, Y., Murakami, A., Ohigashi, H. 1998. Superoxide scavenging activity of Rosmarinic acid from *Perilla frutescens* Britton Var. *acuta* f. *viridis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 4545-4550.
- Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Spinelli, S., Conto, F. and Nobile, M. A. D. 2014. Chemical composition, sensory and cooking quality evaluation of durum wheat

- spaghetti enriched with pea flour. *International Journal of Food Science & Technology* 49: 1544–1556.
- Re. R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M, and Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26: 1231-1237.
- Rosa-Sibakov, N., Heinio,R.L., Cassan, D., Holopainen-Mantila, U., Micard, V., Lantto, R. and Sozer, N. 2016. Effect of bioprocessing and fractionation on the structural, textural and sensory properties of gluten-free faba bean pasta. *LWT - Food Science and Technology* 67: 27-36.
- Rusmiati, Ashari, S., Widodo, M. A. and Bansir, L. 2015. The nutritional composition of red durians from banyuwangi, Indonesia. *Food Science and Quality Management* 37: 46-51.
- Sah, B.P., Pathak, T., Sankar, S., Suresh, B. 2014. Phytochemical investigations on the fruits of *Durio zibenthinus* Linn. for antimicrobial activity. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* 5: 878-891.
- Sanguinetti, A.M., Secchi, N., Caro, A.D., Fadda, C., Fenu, P.A.M., Catzeddu, P. and Piga, A. 2015. Gluten-free fresh filled pasta: The effects of xanthan and guar gum on changes in quality parameters after pasteurisation and during storage. *LWT - Food Science and Technology* 64: 678-684.
- Sedej, I., Sakac., M.B., Misan, A.C., Madic, A.I. 2010. Antioxidant activity of wheat and buckwheat flours. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118: 59-68.
- Singleton, V.L., Orthofer,R., Lamuela-Raventós, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent Methods. *Enzymoogy* 78: 152-299.
- Sumanont, Y., Murakami, Y., Tohda, M., Vajragupta, O., Matsumoto, K., Watanabe, H. 2004. Evaluation of the nitric oxide radical scavenging activity of manganese complexes of curcumin and its derivative. *Biological & Pharmaceutical Bulletin* 27: 170-173.
- Susanna, S. and Prabhasankar, P. 2013. Study on development of Gluten free pasta and its biochemical and immunological validation. *LWT - Food Science and Technology* 50: 613-621.
- Wisutiamonkul, A., Ampomah-Dwamena, C., Allan, A. C. and Ketsa, S. 2017. Carotenoid accumulation in durian (*Durio zibethinus*) fruit is affected by ethylene via modulation

of carotenoid pathway gene expression. *Plant Physiology and Biochemistry*. 115: 308–319.

ประวัตินักวิจัยและคณะ

หัวหน้าโครงการ

ชื่อหัวหน้าโครงการ	ดร.นรินทร์ เจริญพันธ์
ตำแหน่งทางวิชาการ	อาจารย์
คุณวุฒิ	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร)
หน่วยงานต้นสังกัด	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว
สถานที่ติดต่อ	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ตำบลวัฒนานคร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว
โทรศัพท์	037 - 261560
โทรสาร	037 - 261801
โทรศัพท์เคลื่อนที่	087 - 1844069
E-mail	narinch@buu.ac.th ; narinch@go.buu.ac.th
สัดส่วนที่ทำวิจัย (ร้อยละ)	50

คณะผู้วิจัย

ชื่อผู้วิจัย	ผศ.ดร.วิดา กวานเทียน
ตำแหน่งทางวิชาการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
คุณวุฒิ	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (จุลชีววิทยาการแพทย์)
หน่วยงานต้นสังกัด	สำนักวิชาสหเวชศาสตร์และสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
สถานที่ติดต่อ	สำนักวิชาสหเวชศาสตร์และสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ต.ไทยบุรี อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช 80161
โทรศัพท์	075 - 673101
โทรสาร	075 - 673135
โทรศัพท์เคลื่อนที่	087 - 4922257
E-mail	kwiyada@wu.ac.th
สัดส่วนที่ทำวิจัย (ร้อยละ)	50