การพัฒนาศักยภาพแป้งเปลือกทุเรียน

Potential Development the of Flour from Durian Peel

เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์

Jadeniphat Bunyasawat

จักราวุธ ภู่เสม

Chakkrawut Bhoosem

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การพัฒนาศักยภาพแป้งเปลือกทุเรียน

Potential Development the of Flour from Durian Peel

เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์

Jadeniphat Bunyasawat

จักราวุธ ภู่เสม

Chakkrawut Bhoosem

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

ชื่อโครงการวิจัย : การพัฒนาศักยภาพแป้งเปลือกทุเรียน

โดย : เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์ และจักราวุธ ภู่เสม

สาขาวิชา : อาหารและโภชนาการ

คณะ : คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

ปีงบประมาณ : 2561

การผลิตแป้งเปลือกทุเรียน (durian rind flour-DRF) ที่เหมาะสม โดยใช้เปลือกทุเรียนสด 3 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ชะนี (CN) หมอนทอง (MT) และก้านยาว (KY) ด้วยวิธีที่การแตกต่างกัน 3 วิธี เปลือกทุเรียนก่อนเข้าเตาอบลมร้อนทั้งสามวิธีมีกระบวนมีกระบวนการเตรียมที่แตกต่างกัน วิธีที่ 1 (TD-Tray Dry) วิธีที่ 2 (SD-Stream Dry) ส่วนวิธีที่ 3 (BD-Boil Dry)

เปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนี พันธุ์หมอนทอง และพันธุ์ก้านยาว เมื่อผ่านกระบวนการอบแห้ง และปั่นเป็นผงแล้ว พบว่า เปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนี วิธีการทำแห้งแบบที่ 2 (SD-Stream Dry) ให้ปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ เปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาว ส่วนเปลือกทุเรียนที่ให้ปริมาณน้อยที่สุด คือ เปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง วิธีที่ 2 ปริมาณเปลือกทุเรียนผงที่ได้ มีสาเหตุจากปริมาณน้ำหนักของผลทุเรียนทั้งผล สายพันธุ์ทุเรียน และอายุการเก็บ พบว่า ทุเรียนพันธุ์ก้านยาว มีชั้นของเปลือกส่วนที่เป็นสีขาวมากที่สุด รองลงมาคือทุเรียนพันธุ์ชะนี ส่วนทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีส่วนของชั้นเปลือกสีขาวน้อยที่สุด ทุเรียนที่มีน้ำหนักโดยรวมต่อผลมาก จะมีเปลือกชั้นสีขาวมากกว่าทุเรียนที่มีน้ำหนักโดยรวมต่อผลน้อย ซึ่งมีผลต่อน้ำหนักของเปลือกทุเรียนทั้ง 3 สายพันธุ์ในการทำเป็นผง

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนทั้ง 3 สายพันธุ์ ส่วนใหญ่เป็นใยอาหารหยาบ มีส่วน-ประกอบหลัก คือ เซลลูโลส (cellulose) และลิกนิน (lignin) ซึ่งจัดเป็นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ สำหรับใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำที่พบในเปลือกทุเรียน คือ เพคติน

คุณภาพของเปลือกทุเรียนผงในวิธีที่ 2 ให้สีอ่อนสุด รองลงมาคือวิธีที่ 3 สำหรับวิธีที่ 1 ให้สีที่เข้มที่สุด ความเป็นกรด-ด่างของเปลือกทุเรียนสด และเปลือกทุเรียนผง มีความเป็นกรด ความข้นหนืดของเปลือกทุเรียนเกิดจากเพคตินซึ่งเป็นสารประกอบประเภทโพลีแซคคาไรด์

สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาศักยภาพแป้งเปลือกทุเรียน ณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ผู้เข้ารับการอบรมมีความพึงพอใจมากที่สุดในทุกด้านของการถ่ายทอดเทคโนโลยี

การเตรียมเปลือกทุเรียนผงทั้ง 3 วิธี ยังมีส่วนที่ไม่สามารถตีป่นเป็นผงได้ ในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาวิธีการเตรียมเพื่อให้ได้ทุเรียนผงที่ไม่มีส่วนเหลือที่ไม่สามารถตีป่นเป็นผงได้

คำสำคัญ: ทุเรียน เปลือกทุเรียน เปลือกทุเรียนผง แป้ง

ABSTRACT

Research Title	:	Potential Development the of Flour from Durian Peel
Author	:	Jadeniphat Bunyasawat and Chakkrawut Bhoosem
Department	:	Food and Nutrition
Faculty	:	Home Economics Technology
Academic year	:	2018

Suitable durian rind flour production (durian rind flour-DRF) was three strain different durian rind were used include Chanee (CN), Monthong (MT) and Kan Yao (KY). Three methods of durian rind were used. 1 (TD-Tray Dry), 2 (SD-Stream Dry) and 3 (BD-Boil Dry).

Chanee, Monthong and Kan Yao Durian rind after drying and powdered process was found drying method 2 (SD-Stream Dry) to the highest yield of durian rind, Kan Yao the second and the lowest durian rind is Monthong. The total weigh, strain and shelf life of durian was affect to durian rind powder volume. Kan Yao is high volume of the white rind, the second is Chanee and Monthong is lowest in white rind. The most total weigh of durian was affect to white durian rind in the other hand durian low total weigh was affect to white durian rind to the durian rind powder.

Crude fiber is the mainly of chemical compositions of the three strain different durian rind. Cellulose and lignin as non-soluble dietary fiber. The soluble fiber found in durian rind is pectin.

The quality of durian rind powder in Method 2 gave the lightest color, followed by Method 3 for Method 1 to give the darkness color. Acidity of durian peel and durian rind powder acidic. The viscosity of durian rind is derived from pectin-a polysaccharide compound.

For the communication of technology, the potential development of durian rind flour powder at the Faculty of Home Economics Technology, the participants were most satisfied in all aspects.

Preparation of durian peel powder in all 3 ways, there are parts that can not be powdered. In the next study. It is recommended to study the method to obtain powdered durian that cannot be powdered.

Keywords: Durian, Durian rind, Durian rind powder and Flour

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้ได้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากคณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ซึ่งให้โอกาส และอนุมัติโครงการวิจัยนี้

ผู้วิจัยรู้สึกสำนึกในพระคุณของท่านคณาจารย์ทั้งในอดีต และปัจจุบันที่ได้ถ่ายทอดความรู้และเป็นแบบอย่างในการทำงานให้กับผู้วิจัย

ยิ่งไปกว่านั้น ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้บังคับบัญชา เพื่อน พี่ น้องคณาจารย์ ที่ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ และอีกทั้งหลายท่านที่มิอาจเอ่ยนามได้ครบถ้วน ณ ที่นี้ ที่สละเวลาให้ความร่วมมือ และข้อมูลเพื่องานวิจัยเป็นอย่างดี

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่ถูกอ้างนามถึงในการวิจัยครั้งนี่ทุกท่าน และที่ขาดเสียมิได้คือผู้ที่คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนอยู่เบื้องหลังคนสำคัญได้แก่ ผู้ที่เป็นบิดา มารดาของคณะผู้วิจัย

ด้วยความสนับสนุนของท่านทั้งหลาย ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณด้วยความสำนึกยิ่ง

คณะผู้วิจัย

2561

สารบัญ

			หน้า
บทคัดย่อ			**(1)**
Abstract			**(2)**
กิตติกรรมประกาศ			**(3)**
สารบัญ			**(4)**
สารบัญตาราง			**(6)**
สารบัญภาพ			**(8)**
บทที่	**1**	**บทนำ**	**1**
	1.1	ความเป็นมาและความสำคัญ	1
	1.2	วัตถุประสงค์	2
	1.3	ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
	1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
	1.5	กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
บทที่	**2**	**ตรวจเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**4**
	2.1	แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
	2.2	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่	**3**	**วิธีดำเนินการทดลอง**	**20**
	3.1	วัตถุดิบ และอุปกรณ์	20
	3.2	วิธีการทดลอง	22
บทที่	**4**	**ผลการทดลอง**	**28**
	4.1	ผลการเตรียมเปลือกทุเรียน	28
	4.2	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนผง	30
	4.3	ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของเปลือกทุเรียนผง	32
	4.4	ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี	46
บทที่	**5**	**สรุปและข้อเสนอแนะ**	**58**
	5.1	สรุป	58
	5.2	ข้อเสนอแนะ	58
เอกสารและสิ่งอ้างอิง			**59**

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก **68**

ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพ 69

ภาคผนวก ข ภาพกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี 77

ภาคผนวก ค ประวัติคณะผู้วิจัย 83

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	น้ำหนักเปลือกทุเรียนสดและเปลือกทุเรียนหลังการตัดแต่ง	46
4.2	น้ำหนักเปลือกทุเรียนก่อนการอบ หลังการอบ และหลังการบดเป็นแป้ง	47
4.3	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเปลือกทุเรียนผงพันธ์ชะนีที่แตกต่างกัน 3 วิธี	48
4.4	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเปลือกทุเรียนผงพันธ์หมอนทองที่แตกต่างกัน 3 วิธี	49
4.5	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเปลือกทุเรียนผงพันธ์ก้านยาวที่แตกต่างกัน 3 วิธี	50
4.6	ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนีก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียนด้วยวิธีที่ 1 (TD-Tray Dry)	51
4.7	ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนีก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียนด้วยวิธีที่ 2 (SD-Stream Dry)	53
4.8	ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนีก่อนการอบ ระหว่างการอบ หลังการอบ และแป้งเปลือกทุเรียนด้วยวิธีที่ 3 (BD-Boil Dry)	54
4.9	ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียนด้วยวิธีที่ 1 (TD-Tray Dry)	55
4.10	ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 2 (SD-Stream Dry)	56
4.11	ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 3 (BD-Boil Dry)	57
4.12	ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาวก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียนด้วยวิธีที่ 1 (TD-Tray Dry)	57
4.13	ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาวก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียนด้วยวิธีที่ 2 (SD-Stream Dry)	59
4.14	ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาวก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียนด้วยวิธีที่ 3 (BD-Boil Dry)	61
4.15	ค่าความเป็นกรด-ด่างของเปลือกทุเรียนสดและแป้งเปลือกทุเรียน	62
4.16	ปริมาณน้ำอิสระของแป้งเปลือกทุเรียน 3 สายพันธุ์	63
4.17	ความข้นหนืดของแป้งเปลือกทุเรียน 3 สายพันธุ์	64

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.18	จำนวนผู้ตอบแบบประเมินจำแนกตามสถานภาพ	65
4.19	ร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี จำแนกตามเพศ	66
4.20	ร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี จำแนกตามอายุ	67
4.21	ค่าคะแนนความพึงพอใจของการได้รับการบริการของเจ้าหน้าที่ ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	68
4.22	ค่าคะแนนความพึงพอใจของด้านวิทยากร ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	70
4.23	ค่าคะแนนกระบวนการ/ขั้นตอนการให้บริการ ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	71
4.24	ค่าคะแนนสิ่งอำนวยความสะดวก ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	73
4.25	ค่าคะแนนความพึงพอใจของด้านประโยชน์จากการรับบริการ	74

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะของใบ ช่อดอก และผลของทุเรียน	6
2.2	ปริมาณการบริโภคทุเรียนภายในประเทศและการส่งออก	8
2.3	กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว	9
2.4	วิธีการผลิตแป้งมันฝรั่ง	10
2.5	กรรมวิธีการผลิตแป้งจากพืชประเภทหัว	11
2.6	กรรมวิธีการผลิตแป้งจากพืชประเภทลำต้น	12
2.7	กรรมวิธีการผลิตแป้งจากพืชประเภทผล	13
2.8	กรรมวิธีการผลิตแป้งจากมะพร้าว	14
2.9	(a) เปลือกทุเรียนที่ไม่ได้ผ่านการฟอกสี (b) โฮโ,เซลลูโลส และ (c) เซลลูโลส	18
3.1	ขั้นตอนการเตรียมแป้งเปลือกทุเรียน วิธีที่ 1	23
3.2	ขั้นตอนการเตรียมแป้งเปลือกทุเรียน วิธีที่ 2	24
3.3	ขั้นตอนการเตรียมแป้งเปลือกทุเรียน วิธีที่ 3	25
4.1	ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมโครงการ	65
4.2	ข้อมูลของผู้เข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีจำแนกตามเพศ	66
4.3	ข้อมูลของผู้เข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีจำแนกตามอายุ	67
4.4	คะแนนความพึงพอใจของการได้รับการบริการของเจ้าหน้าที่ ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	69
4.5	คะแนนความพึงพอใจด้านวิทยากร ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	70
4.6	คะแนนความพึงพอใจต่อกระบวนการ/ขั้นตอนการให้บริการที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	72
4.7	คะแนนภูมิความพึงพอใจด้านวิทยากร ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	73
4.8	คะแนนความพึงพอใจต่อประโยชน์จากการรับบริการ ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	75

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทุเรียนเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญอันดับต้นของประเทศ มีพื้นที่ปลูกประมาณ 600,000 ไร่ แต่ละปีจะมีผลผลิตประมาณ 500,000-550,000 ตัน มูลค่าประมาณ 10,000-12,000 ล้านบาท สามารถนำเงินเข้าประเทศจากมูลค่าการส่งออกปีละประมาณ 5,600 ล้านบาท ส่วนประเทศ อื่นๆ มีปริมาณและมูลค่าแตกต่างกันไป(ปราโมช, 2556) ทุเรียนที่นิยมบริโภค ได้แก่ หมอนทอง ชะนี และก้านยาว และนอกจากนี้ยังมีพันธุ์อื่นได้แก่ กระดุมทอง พวงมณี เป็นต้น แต่ไม่เป็นที่นิยมมากนัก

ทุเรียนหมอนทอง มีลักษณะ ผลขนาดใหญ่ น้ำหนักผลตั้งแต่ 2.0 - 4.5 กก. ทรงผลยาว (oblong) ก้านผลแหลม ไหล่ผลกว้าง พูเห็นชัดเจน เปลือกค่อนข้างบาง เนื้อหนาหยาบ สีเหลืองอ่อน รสหวานจัดกลิ่นน้อย

ทุเรียนชะนี มีลักษณะ ผลเป็นรูปทรงกระบอก (cylindroidal) หรือทรงไข่ ปลายแหลม ขนาดผลปานกลาง กลางผลป่อง (ellipsoidal) พูเห็นเด่นชัด ร่องพูไม่ลึก เนื้อละเอียดและเหนียว สีเหลืองเข้ม รสหวานมัน กลิ่นแรง แต่เนื้อไม่หนานัก

ทุเรียนก้านยาว ผลทรงกลม (round) หรือทรงลิ้นจี่ (obovate) คือ ค่อนข้างยาว มีไหล่ผลด้านขั้วผลกว้างและเรียวไปทางก้านผล ขนาดไม่โตนัก พูไม่เด่นชัด ก้านผลยาวเห็นได้ชัด เนื้อบาง สีเหลืองละเอียดและเหนียว เมล็ดโต รสหวานมัน กลิ่นน้อย เนื้อไม่ค่อยแฉะเละแม้ว่าจะสุกเกินไปบ้าง เมล็ดโตจำนวนเมล็ดมาก

เปลือกทุเรียนเป็นส่วนประกอบของผลทุเรียนที่มีความสำคัญมากในการห่อหุ้มเนื้อ และเปลือกทุเรียน ที่จะทำให้เนื้อส่วนในมีความอร่อยตามสายพันธ์ โดยเพราะพันธ์ ชะนี จะมีส่วนเปลือกที่หนา แต่เมื่อได้ลิ้มรองรสชาติของเนื้อ เปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณมาก โดยเปลือกทุเรียนจะมีน้ำหนักมากกว่าครึ่งหนึ่งของน้ำหนักทุเรียนทั้งผล ในฤดูที่ทุเรียนให้ผลผลิตมาก เปลือกทุเรียนเหลือทิ้งกลายเป็นเป็นขยะซึ่งส่งผลเสียกระทบต่อสภาวะแวดล้อมได้อย่างมาก มีรายงานการศึกษารูปแบบวิธีการสกัดและคุณสมบัติของเพคตินจากเปลือกทุเรียน (Wai et al., 2009) แต่ยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจังเกี่ยวกับการสกัดเพคตินจากทุเรียนของไทยซึ่งเป็นพืชสงวนและเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ โดยเฉพาะทุเรียนพันธุ์หมอนทองซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมในตลาดเนื่องจากมี

รสชาดดี ให้ปริมาณเนื้อมาก จึงทำให้การผลิตป้อนตลาดจำนวนมากกว่าทุเรียนพันธุ์อื่นและปัจจุบันเกษตรกรยังสามารถปรับปรุงให้มีผลผลิตเกือบตลอดทั้งปี เปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่พบปริมาณมากในฤดูกาลเก็บเกี่ยว โดยที่องค์ประกอบของเปลือกทุเรียนพบวามีปริมาณเส้นใยสูงมาก สอดคล้องกับการรายงานของ โศรดา และคณะ(2553) ได้ทำการศึกษาการเสริมใยอาหารจากเปลือกทุเรียนต่อคุณภาพของขนมปังขาว พบว่า การเพิ่มปริมาณใยอาหารจากเปลือกทุเรียนโดยการทดแทนส่วนของแป้งในขนมปังในระดับที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มจะที่ทำให้ปริมาตรของขนมปังลดลง มีสีคล้ำมากขึ้น มีเนื้อสัมผัสนิ่มลง เหนียวเหนอะเพิ่มขึ้น และยืดหยุ่นตัวลดลง

คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเปลือกทุเรียนที่ยังไม่มีผู้ใดเห็นคุณค่า และประโยชน์ในการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบอาหาร คณะผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะนำเปลือกทุเรียนมาตากแห้งแล้วบดเป็นแป้งเพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทย เครื่องดื่ม เบเกอรี และอาหารแปรรูป โดยร่วมกับสวนชุมชนสวนทุเรียนคุณจันทนา จันทเลิศ ตำบลพลวง อำเภอคิชกูฏ จังหวัดจันทบุรี เพื่อใช้ส่วนเปลือกทุเรียนที่เหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เบเกอรี พร้อมบริโภคให้กับกลุ่มคน ทุกเพศ ทุกวัย ได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตแป้งเปลือกทุเรียน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หมอนทอง ชะนี และก้านยาว
1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของแป้งจากเปลือกทุเรียน
1.2.3 เพื่อศึกษาคุณคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งจากเปลือกทุเรียน
1.2.4 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการการพัฒนาศักยภาพแป้งเปลือกทุเรียน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ข้อมูลจากการศึกษาการเตรียมแป้งฟลาวจากเปลือกทุเรียน คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งการพัฒนาอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังเป็นการนำส่วนที่เหลือจากการจำหน่ายเนื้อทุเรียนมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าและเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน
1.3.2 ลดทรัพยากรที่เหลือทิ้งจากชุมชน และเป็นอีกทางเลือกในการเพิ่มรายได้แก่เกษตรกรและชุมชน

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การพัฒนาแป้งเปลือกทุเรียน ที่เหลือจากการตัดแต่งเพื่อบริโภคมาแปรรูป เพื่อเพิ่มมูลค่าของเปลือกทุเรียน โดยใช้เปลือกทุเรียน 3 สายพันธุ์ คือ หมอนทอง ชะนี และก้านยาว ศึกษาหลักการและกรรมวิธีของการผลิตแป้งจากเปลือกทุเรียน ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติกายภาพ และทางประสาทสัมผัส

1.5 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

บทที่ 2

ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

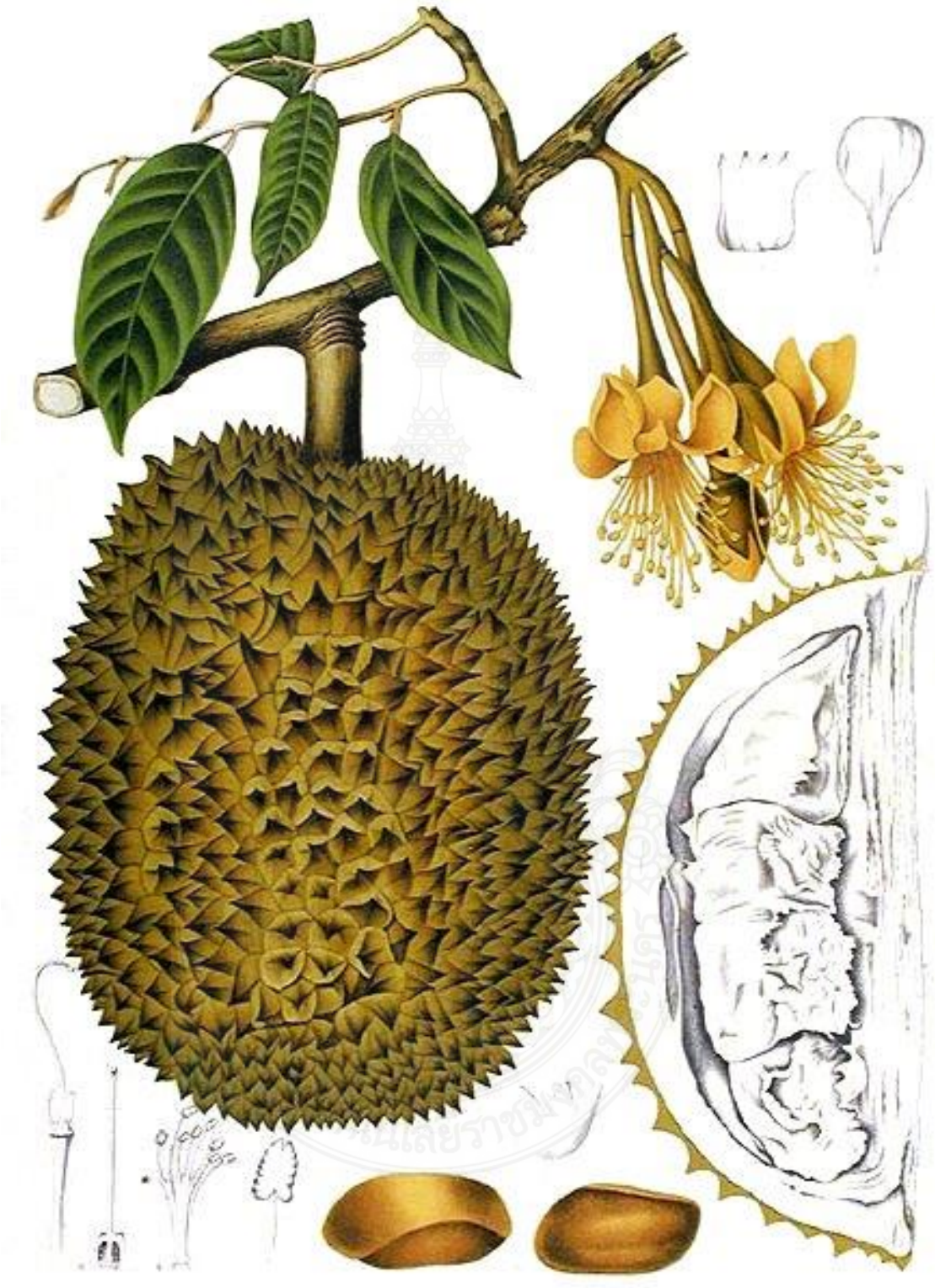
2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ทุเรียน

ทุเรียน (durian) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Durio zibethinus Murr.*วงศ์ *Bombaceaceae* ชื่อท้องถิ่นภาคเหนือเรียก มะทุเรียน ภาคใต้เรียก เรียน มาเลเซียใต้เรียก ดูรียัน (กัวลาลัมเปอร์เค-ดาห์) ดือแย (กลันตัน-ตรังกานู) คำว่าทุเรียนมาจากภาษามาเลย์ ดูริแปลว่าหนาม และเสียงเอียนทำให้คำดังกล่าวเป็นคำนาม ส่วนชื่อสปีชี่ส์มาจากชื่อวิทยาศาสตร์ของชะมดชนิดหนึ่ง Large Indian Civet (Viverra zibetha) ทุเรียนมีถิ่นกำเนิดบริเวณหมู่เกาะอินโดนีเซีย และแถบประเทศบรูไนและมาเลเซีย เป็นไม้ผลที่มีขนาด ผลใหญ่ มีหนามแหลม รสชาติหวานมัน ได้ชื่อว่าเป็นราชาของผลไม้ (King of the fruits) เป็นไม้ผลยืนต้น สูง 5-15 เมตร ทุเรียนมีใบเขียวตลอดปีเป็นใบเดี่ยวขนาดใหญ่เป็นคู่อยู่ตรงกันข้ามระนาบเดียวกัน ก้านใบกลมยาว 2-4 เซนติเมตร แผ่นใบรูปไข่แกมขอบขนานเรียบปลายใบ ใบเรียวแหลมยาว 10-18 เซนติเมตร ผิวใบเรียบลื่น มีไขนวล ใบด้านบนมีสีเขียว ท้องใบสีน้ำตาล เส้นใบด้านล่างนูนเด่นดอก เป็นดอกช่อ 3-30 ดอก เกิดตามลำต้นและกิ่ง เป็นดอกสมบูรณ์เพศทรงระฆังยาว 1-2 เซนติเมตร ดอกมีกลีบดอกห้ากลีบ มีสีขาวและมีกลิ่นหอม ผลเป็นผลสดเดี่ยว เปลือกผลสีเขียวมีหนามแหลม แตกตามแต่ละส่วนของผลเรียกเป็นพู เมื่อสุกจะมีสีน้ำตาลอ่อน ผลยาวได้ถึง 3 เซนติเมตร หนัก 1-3 กิโลกรัม เนื้อในจะนิ่มกึ่งอ่อนกึ่งแข็งมีสีขาว เมื่อสุกสีเหลืองมีรสหวาน เมล็ดกลมรีมีเยื่อหุ้ม เปลือกสีน้ำตาลผิวเรียบ เนื้อในเมล็ดสีขาวมีรสฝาด ดอกทุเรียนมีขนาดใหญ่ มีน้ำหวานมาก ส่งกลิ่นหนักหอมเอียน เป็นลักษณะเฉพาะของดอกไม้ที่ถูกผสมเกสรโดยค้างคาวบางชนิดที่กินน้ำหวานและเกสรดอกไม้ งานวิจัยในประเทศมาเลเซียและประเทศไทยพบว่าทุเรียนส่วนใหญ่รับการผสมเกสรจากค้างคาวเล็บกุด (Eonycteris spelaea) ซึ่งเป็นค้างคาวถ้ำกินผลไม้ ปัจจุบันนี้ค้างคาวดังกล่าวมีจำนวนประชากรลดลงมากเนื่องจาก ถูกล่าและมีการระเบิดภูเขาหิน ทำให้แหล่งที่อยู่อาศัยของค้างคาวดังกล่าวลดลง การลดจำนวนประชากรค้างคาวอาจมีผลต่อปริมาณผลทุเรียนที่เก็บเกี่ยวได้ในอนาคต ทุเรียนพันธุ์ต่างๆ มีชื่อเรียกและมีรหัสหมายเลขกำกับ เช่น กบ (D99) ชะนี (D123) ก้านยาว (D158) และหมอนทอง (D159) แต่ละสายพันธุ์มีรสและกลิ่นที่แตกต่างกัน ในประเทศไทยมีทุเรียนมากกว่า 200 สายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่ได้รับความนิยมใช้เป็นต้นตอมากที่สุดคือพันธุ์ชะนี เพราะทนต่อโรครากเน่าโคนเน่า พันธุ์ที่ปลูกในเชิงพาณิชย์มากที่สุดในประเทศไทยคือพันธุ์ชะนี กระดุมทอง หมอนทอง และ

ก้านยาว ประเทศไทยส่งออกทุเรียนเกินกว่าร้อยละ 50 ของทุเรียนที่มีจำหน่ายในตลาดโลก ปริมาณการกินทุเรียนในตลาดโลกเมื่อ 10 ปีที่แล้วคือ 1.4 ล้านตัน ตลาดขยายไกลไปจนถึงญี่ปุ่น ออสเตรเลีย สหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกา บางส่วนในรูปของผลิตภัณฑ์แช่แข็ง ทุเรียนมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันปี พ.ศ.2551 นักวิจัยของประเทศชิลีทำการทดสอบทุเรียน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ หมอนทอง ชะนี ก้านยาว พวงมณีและกระดุม ที่สุกเท่าๆ กัน เพื่อเลือกใช้เป็นอาหารเสริม พบว่าทุเรียนหมอนทอง ชะนี และพวงมณี มีปริมาณโพลีฟีนอลรวม ฟลาโวนอยรวม แอนไซยานิน และฟลาวานอล มากกว่าที่พบในพันธุ์กระดุมและก้านยาวอย่างมีนัยสำคัญ การตรวจสอบด้วยเครื่องมือพบว่าพันธุ์หมอนทอง ชะนี และพวงมณีมีกรดคาเฟอิกและสารเควอเซติน เป็นสารหลัก การตรวจสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันพบว่าหมอนทอง ชะนี และพวงมณี มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าพันธุ์กระดุมและก้านยาว โดยการทดสอบด้วยวิธี FRAP, CUPRAC และ TEAC ผู้วิจัยจึงแนะนำให้พิจารณาใช้ทุเรียน 3 สายพันธุ์ดังกล่าวเป็นอาหารเสริมได้ ปีเดียวกันนี้นักวิจัยชาวโปแลนด์พบว่า ทุเรียนหมอนทองมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันดีกว่าพันธุ์ชะนีและก้านยาว และพบว่าทุเรียนหมอนทองมีฤทธิ์ลดไลพิดในพลาสม่าและคงปริมาณสารต้านออกซิเดชันในหนูไขมันสูงได้ (คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, 2556)

ผลทุเรียนเป็นผลเดี่ยว (simple) จัดเป็นชนิดผลแบบแคบซูล (capsule) มีเปลือก (rind) หนาและแข็งสีน้ำตาลอ่อนมีหนาม (spine) แหลมทรงปิรามิดรอบผล ทรงผลมีหลายแบบเช่น กลม (rounded) กลมรี (oval) กลมแป้น (oblate) ทรงกระบอก (cylindroidal) รูปรี (elliptic) รูปไข่ (ovate) รูปไข่กลับ (obovate) และทรงขอบขนาน (oblong) ดังภาพที่ 1 ผลเจริญมาจาก 1 รังไข่ แต่แบ่งเป็น 3-5 ช่อง (compartment) ซึ่งผนังภายในช่องจะเป็นมันเรียบ แต่ละช่องจะมี 1-6 เมล็ด เนื้อ (aril) ที่รับประทานได้มีประมาณ 20-35% ของน้ำหนักผล สีเนื้อขึ้นอยู่กับพันธุ์ ส่วนมากมีสีเหลืองอ่อนถึงเหลืองเข้มและมีกลิ่นแรง กลิ่นส่วนใหญ่มาจากส่วนประกอบของ thiols, esters, hydrogen sulphide และ diethyl sulphide การไว้ผลต่อต้นจะขึ้นอยู่กับขนาดต้นซึ่งจะไว้ผลประมาณ 50-150 ผล/ต้น การเจริญเติบโตของผลเป็นแบบ simple sigmoid curve การพัฒนาของผลใช้เวลาประมาณ 90-150 วันหลังดอกบาน โดยจะสะสมน้ำหนักมากที่สุดในช่วง 50-80 วันหลังดอกบาน ลักษณะของใบ ช่อดอก และผลของทุเรียนแสดงไว้ในภาพที่ 1



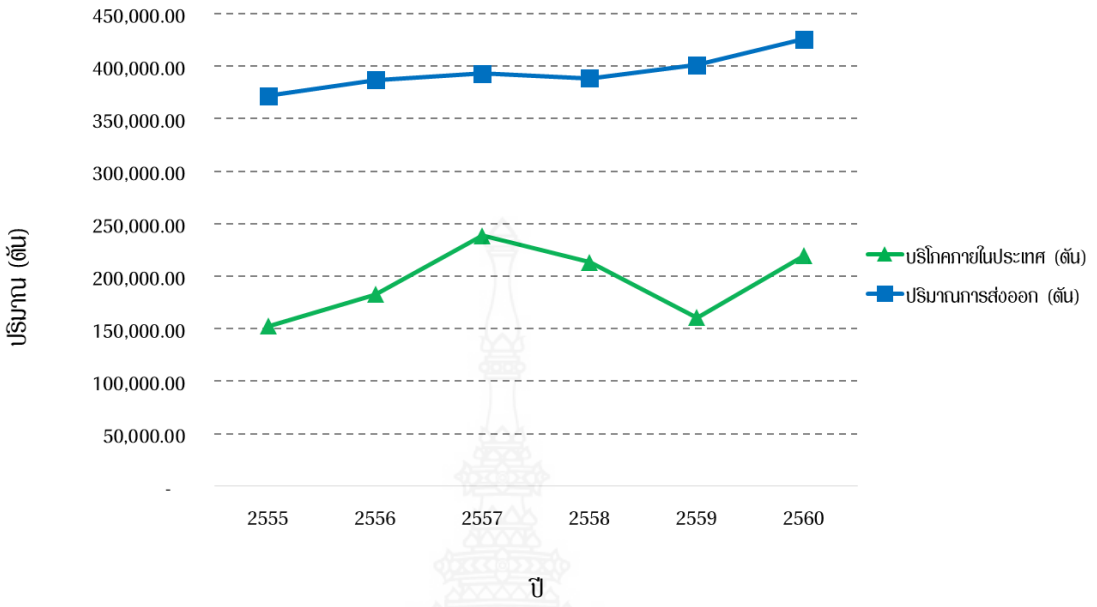
ภาพที่ 2.1 ลักษณะของใบ ช่อดอก และผลของทุเรียน

ที่มา : คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, 2556

ทุเรียน (*Durio zibethinus Murr.*) เป็นผลไม้เขตร้อนที่มีลักษณะแตกต่างจากไม้ผลชนิดอื่นๆ ผลปกคลุมเต็มไปด้วยหนามทรงพิรามิด ผลประกอบด้วย 5 พู ภายในผลมีเนื้อและเมล็ดที่เจริญมาจากเยื่อหุ้มเมล็ดและเป็นส่วนที่ใช้รับประทาน รสชาติหวานมันมีคุณค่าทางอาหารสูง และมีกลิ่นเฉพาะตัวเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ทุเรียนเป็นผลไม้ที่เจริญได้ดีในเขตร้อนชื้น อุณหภูมิ 24 – 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ประมาณ 70 – 80 เปอร์เซ็นต์ ฝนตกสม่ำเสมอ แหล่งปลูกทุเรียนในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่แถบตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี ตราด ระยอง ชุมพร และสุราษฎร์ธานี (ทรงพล, 2531) ทุเรียนที่พบในประเทศไทย มีมากกว่า 100 พันธุ์ ซึ่งมีพันธุ์สำคัญที่นิยมปลูกสำหรับการบริโภคหรือการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศคือ พันธุ์หมอนทอง พันธุ์ชะนี พันธุ์ กระดุม พันธุ์กระดุมทอง และพันธุ์ก้านยาว

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและผู้ส่งออกทุเรียนรายใหญ่ของโลก ซึ่งตลาดหลักสำคัญของไทยคือ ประเทศจีน โดยส่งออกในรูปทุเรียนสดประมาณร้อยละ 90 ของการส่งออกทั้งหมด ในปี 2555 – 2559 การส่งออกทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์ของไทยเพิ่มขึ้นจาก 365,912 ตัน (คิดเป็นทุเรียนสด 371,946 ตัน) มูลค่า 7,167.28 ล้านบาท ในปี 2555 เป็น 394,795 ตัน (คิดเป็นทุเรียนสด 401,359 ตัน) มูลค่า 18,398.00 ล้านบาท ในปี 2559 หรือเพิ่มข้นร้อยละ 1.53 และร้อยละ 28.23 ต่อปี ตามลำดับ แบ่งเป็น ทุเรียนสด ทุเรียกวน ทุเรียนแช่แข็ง และทุเรียนอบแห้ง ปี 2559 การส่งออกทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์เพิ่มข้นจาก 381,470 ตัน (คิดเป็นทุเรียนสด 388,522 ตัน)มูลค่า 15,563.24 ล้านบาท ในปี 2558 หรือเพิ่มข้นร้อยละ 3.49 และร้อยละ 18.21 ตามลำดับ เนื่องจากความต้องการในตลาดต่างประเทศเพิ่มข้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ราคาส่งออกทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับสูง จูงใจให้ผู้ประกอบการส่งออกทุเรียนสด ทุเรียนแช่แข็งแบบแกะเปลือก และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มากข้น (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2557)

ปี 2560 คาดว่าจะมีเนื้อที่ให้ผล 595,896 ไร่ ผลผลิต 652,000 ตัน และผลผลิตต่อไร่ 1,094 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจาก 578,861 ไร่ ผลผลิต 561,803 ตัน และผลผลิตต่อไร่ 971 กิโลกรัม ในปี 2559 ร้อยละ 2.94 ร้อยละ 16.05 และร้อยละ 12.72 ตามลำดับ เนื้อที่ให้ผลเพิ่มข้นจากปีที่แล้ว เนื่องจากการขยายเนื้อที่ปลูกใหม่ปี 2555 เริ่มให้ผลผลิต ประกอบกับในช่วง 3-4 ปีที่ผ่านมาราคาที่เกษตรกรขายได้อยู่ในเกณฑ์ดี จึงจูงใจให้เกษตรกรดูแลรักษาสวนทุเรียนเป็นอย่างดี สำหรบผลผลิตต่อไร่คาดว่าเพิ่มขึ้น หากสภาพภูมิอากาศ ในปี 2560 เอื้ออำนวยต่อการออกดอกและติดผล (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2557)



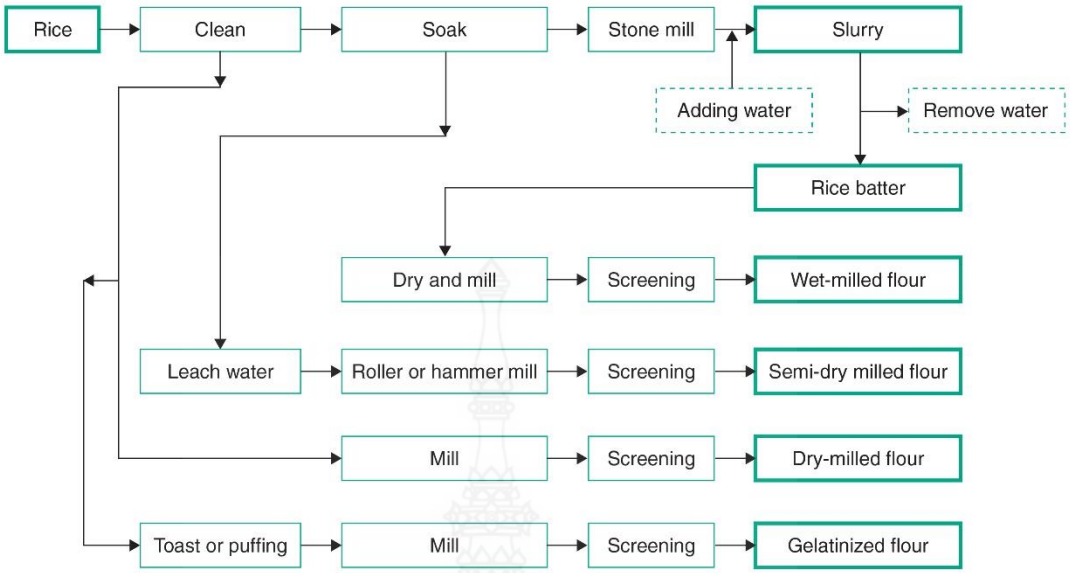
ภาพที่ 2.2 ปริมาณการบริโภคทุเรียนภายในประเทศและการส่งออก
ที่มา : ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2557

2.1.2 แป้ง

แป้งเป็นอาหารหลักที่จำเป็นสำหรับมนุษย์มาช้านานเนื่องจากแป้งเป็นแหล่งอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกายสูง ดังนั้นวัตถุดิบส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตแป้ง ได้แก่ ธัญพืชชนิดต่างๆ ดังภาพที่ 2.3 พืชประเภทหัว เช่น มันสำปะหลัง มันฝรั่ง ท้าวยายม่อม ดังภาพที่ 2.4 ลำต้น ได้แก่ สาคู ดังภาพที่ 2.5 แป้งบางชนิดสามารถผลิตได้จากผล เช่น กล้วยไข่ กล้วยหอมทอง กล้วยหักมุก และกล้วย(กุหลาบ และขวัญชัย, 2556) ดังภาพที่ 2.6 แป้งทุเรียน(เวียง และคณะ, 2551) ดังภาพที่ 2.7 และแป้งบางชนิดได้จากเมล็ด เช่น แป้งเมล็ดขนุน(ดารารัตน และคณะ, 2554) ดังภาพที่ 2.8 เป็นต้น กรรมวิธีการผลิตแป้งมีดังนี้

2.1.2.1 การผลิตแป้งจากธัญพืช

ธัญพืชหมายถึง พืชตระกูลหญ้าที่เราใช้เมล็ดเป็นอาหาร ธัญพืชที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวโอ๊ต ข้าวไรย์ และข้าวบาร์เลย์ การผลิตแป้งจากเมล็ดธัญพืชจากข้าวต่างๆ เช่น แป้งข้าวเจ้า (rice flour) เป็นแป้ง (flour) ที่ผลิตจากการบดเมล็ดข้าว (rice) มีทั้งแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคือ ข้าวหักหรือปลายข้าว กรรมวิธีการผลิตโดยทั่วไปมีกรรมวิธีการผลิต 3 วิธี คือ วิธีโม่แห้ง วิธีโม่น้ำ และวิธีผสม (ภาพที่ 2.3)



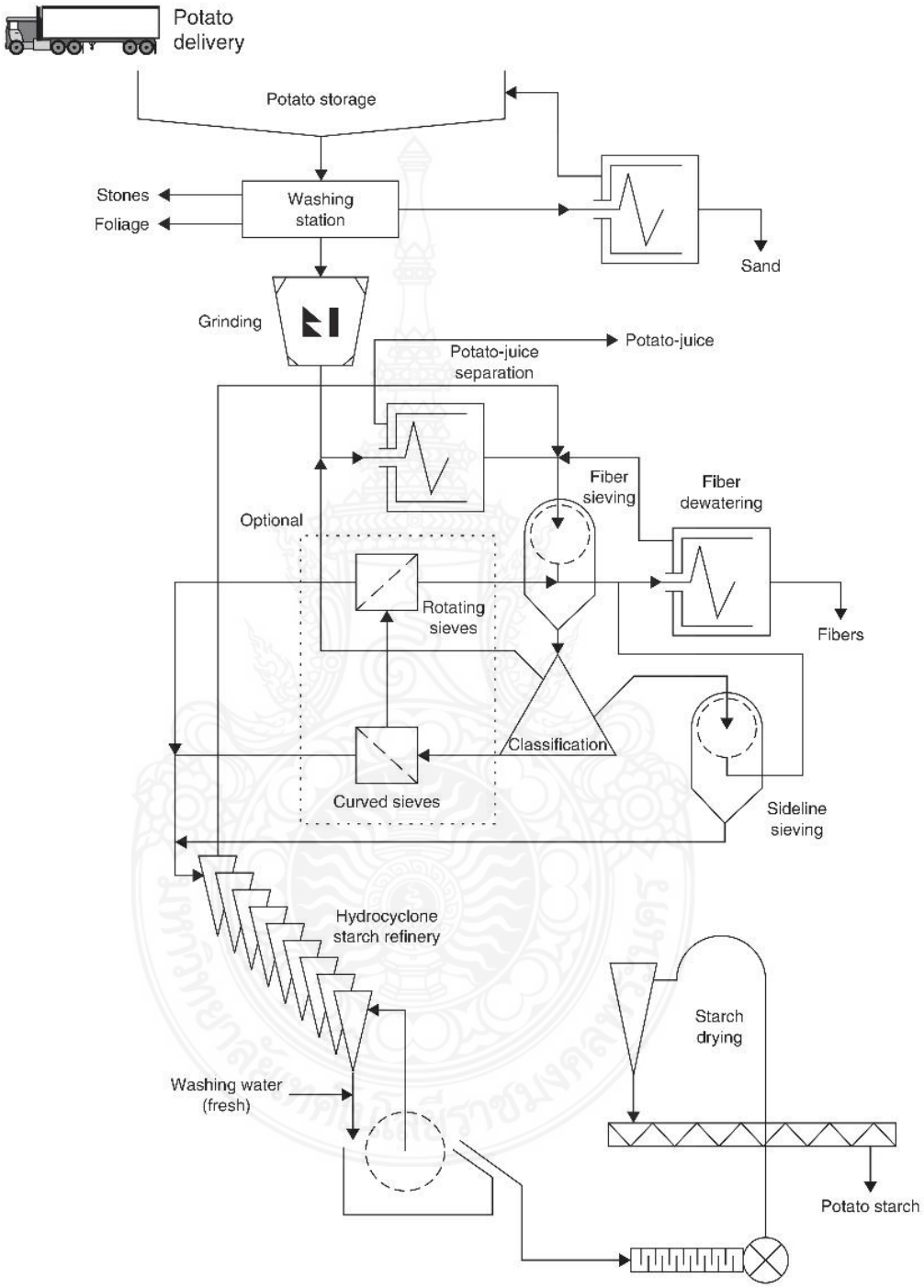
ภาพที่ 2.3 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว

ที่มา : ดัดแปลงจาก Wrigley et al., 2004

การผลิตแป้งข้าวด้วยการโม่แห้ง ได้จากการนำข้าวมาทำความสะอาด (cleaning) เพื่อแยกสิ่งสกปรกออก แล้วจึงนำไปบดให้ป่นแป้งจะมีคุณภาพต่ำ เพราะเม็ดแป้งค่อนข้างหยาบและมีสิ่งเจือปนสูง อายุการเก็บรักษาสั้น เพราะเกิดกลิ่นหืน (rancidity) ได้ง่ายเพราะมีปริมาณไขมันสูง และถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย ส่วนการผลิตแป้งข้าวด้วยวิธีการโม่น้ำ เป็นวิธีการผลิตแป้งข้าว

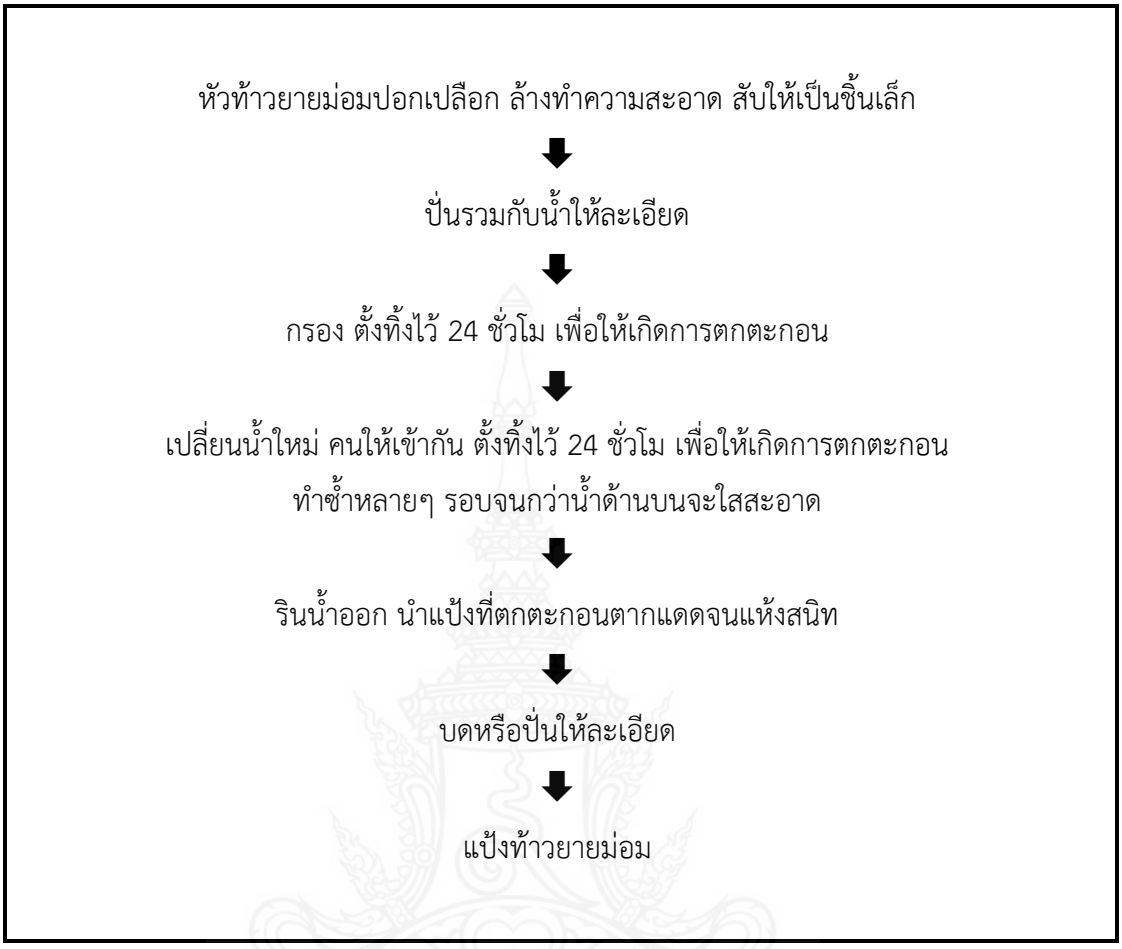
2.1.2.2 การผลิตแป้งจากธัญพืชหัว

พืชหัว หมายถึง พืชที่มีรากหรือลำต้นใต้ดินของพืชที่ใช้สะสมอาหาร เพื่อการงอกและการเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ต่อไป ลักษณะเป็นหัวอยู่ใต้ดิน มีรูปร่างต่างๆ เช่น กลม กลมรี กลมยาว หรือรูปร่างไม่แน่นอนโดยอาหารที่พืชสะสมไว้ในหัว



ภาพที่ 2.4 วิธีการผลิตแป้งมันฝรั่ง

ที่มา : ดัดแปลงจาก BeMiller and Whistler, 2009

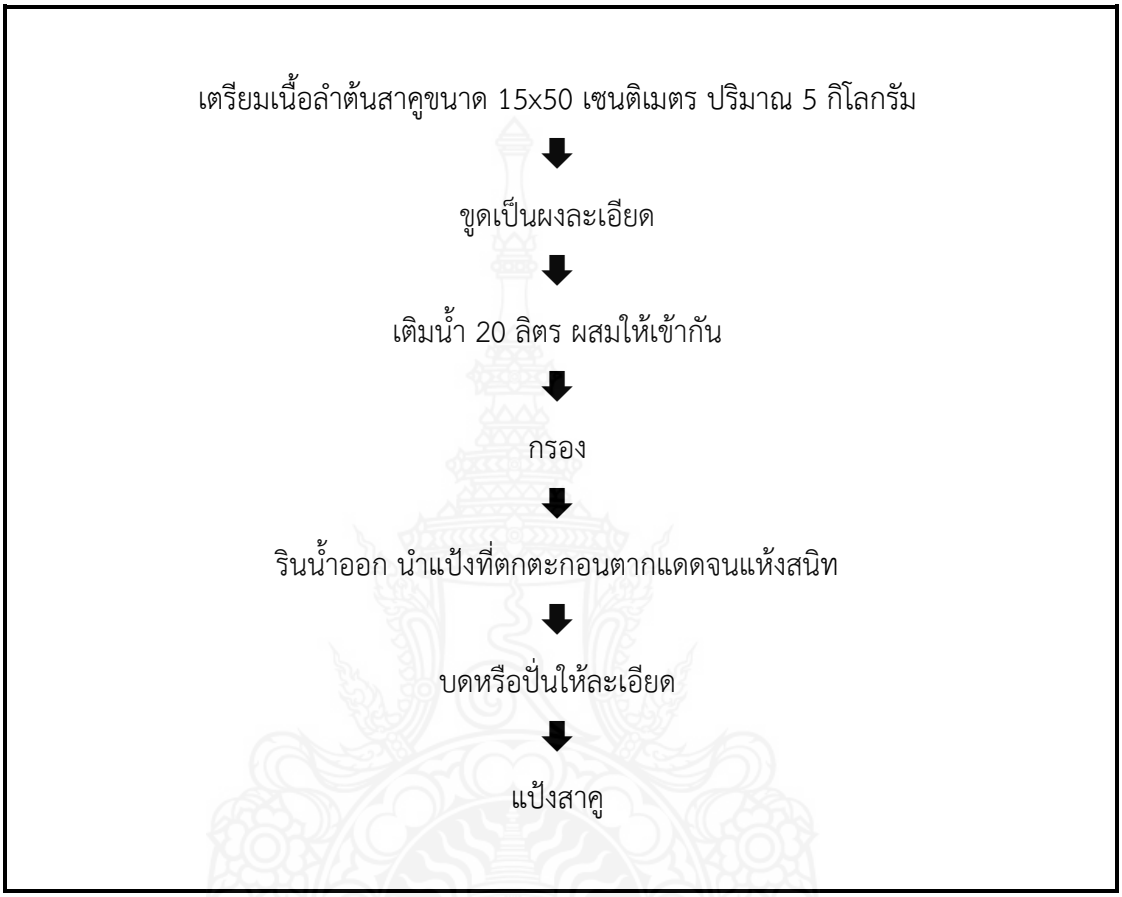


ภาพที่ 2.5 กรรมวิธีการผลิตแป้งจากพืชประเภทหัว
ที่มา : ดัดแปลงจาก ยุทธนา, 2556

2.1.2.3 กรรมวิธีการผลิตแป้งจากพืชประเภทลำต้น

แป้งนอกจากได้มาจากเมล็ด และหัวแล้ว ลำต้นของพืชบางชนิดเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีแป้งสะสมอยู่ สาคูเป็นพืชในสกุลปาล์ม (*Metroxylen sp.*) เป็นพืชจำพวกปาล์มชนิดหนึ่ง ซึ่งมีแป้งในลำต้นและนำมาผลิตเป็นสาคู ภาษามลายูเรียก sagu เป็นที่พบตามที่ชื้นแฉะ ถิ่นกำเนิดอยู่ที่นิวกินีและหมู่เกาะโมลุกกะประเทศอินโดนีเซีย และบริเวณใกล้เคียง กระจายพันธุ์ในอินโดนีเซีย มาเลเซีย ปาปัวนิวกินี และตอนใต้ของไทย ต้นสาคูที่อายุ 9 ปี ขึ้นไปจะสะสมแป้งในลำต้นมาก เมื่อโค่นต้นจะจะลอกเอาแป้งที่มีลักษณะข้นเหนียวมาทำอาหารได้ เป็นอาหารที่ใช้ในยามขาดแคลนข้าว ในเกาะบอร์เนียว โดยนำแป้งไปใส่ถุงเสื่อแขวนไว้ให้ลอดช่องออกมาเป็นเม็ดๆ นำไปตากแห้ง แล้วจึงนำไปทำอาหาร เมื่อเริ่มมีพ่อค้าจากจีนและตะวันตกเข้ามาค้าขายในบริเวณหมู่เกาะโมลุกกะ เมื่อได้ชิมอาหารที่ปรุงจากสาคูและมีความชื่นชอบทำให้แป้งสาคูกลายเป็น

สินค้า ก่อนจะถูกแทนที่ด้วยเม็ดสาคูที่ทำจากแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาคูบริสุทธิ์มีอะไมโลสร้อยละ 23.95-26.59 และอะไมโลเพกติน 43.69-48.4 (Liestianty et al., 2016)



ภาพที่ 2.6 กรรมวิธีการผลิตแป้งจากพืชประเภทลำต้น
ที่มา : ดัดแปลงจาก อัมพวัน และคณะ, 2545

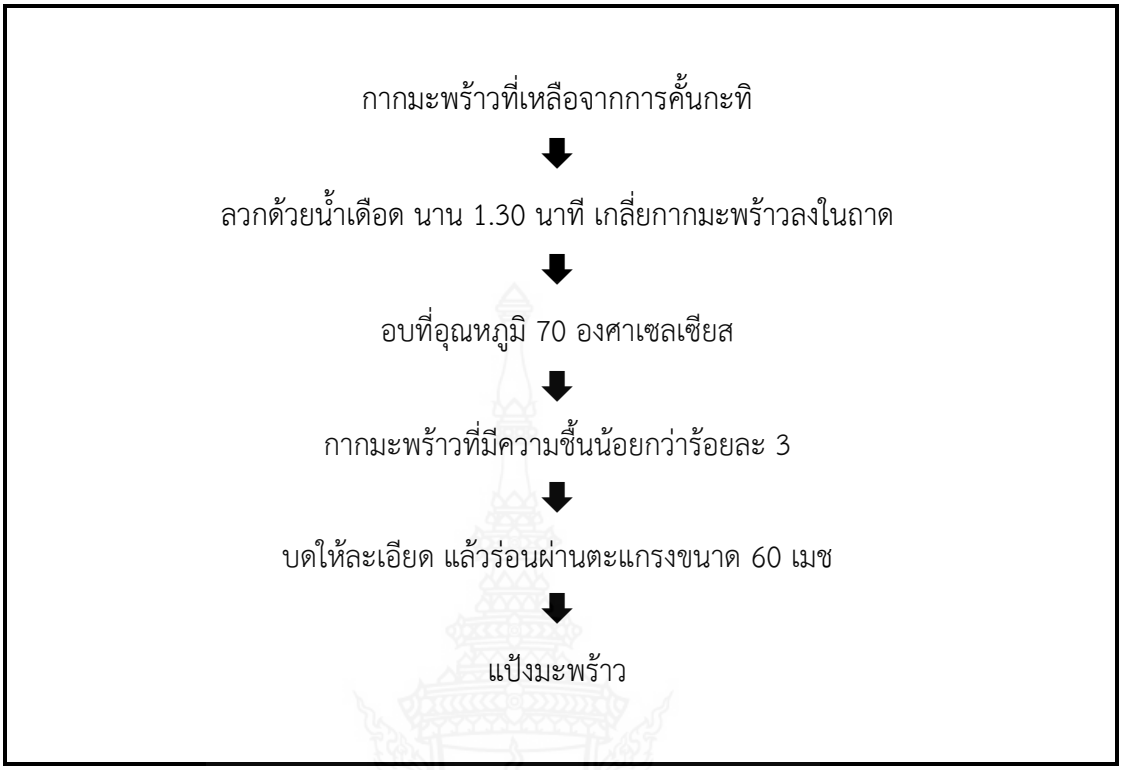
2.1.2.4 กรรมวิธีการผลิตแป้งจากพืชประเภทผล

ปัจจุบันมีงานวิจัยต่างๆ เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก แป้งนอกจากได้มาจากเมล็ด หัว และลำต้นของพืชแล้ว พืชบางชนิดที่มีผลและในผลมีปริมาณคาร์โบไฮเดตรสูงได้แก่ กล้วย ซึ่งมีความสามารถนำมาผลิตเป็นแป้งเพื่อใช้ทดแทนแป้งบางชนิดในการผลิตขนม จุฑา และคณะ (2554) รายงานว่า กล้วยน้ำว้าดิบมาสามารถนำมาแปรรูปเป็นแป้งกล้วยได้ โดยในแป้งกล้วยมีปริมาณคาร์โบไฮเดตรสูงถึงร้อยละ 84.78 แป้งกล้วยที่ผลิตได้สามารถนำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมอบได้ถึงร้อยละ 50

ภาพที่ 2.7 กรรมวิธีการผลิตแป้งจากพืชประเภทผล
ที่มา : ดัดแปลงจาก จุฑา และคณะ, 2554

9.1.1 กรรมวิธีการผลิตแป้งจากพืชประเภทเมล็ด

เมล็ดของพืชสามารถนำมาเข้าสู่กระบวนการทำแป้งได้ เมล็ดของพืชบางชนิดในส่วนของเอ็นโดเสปิร์มมีศักยภาพในการนำมาทำเป็นแป้งฟลาวได้ และยังมีคุณประโยชน์ในแง่ของเป็นอาหารในกลุ่มทำหน้าที่พิเศษนอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการปกติ แป้งมะพร้าวเป็นแหล่งที่ดีของเส้นใยอาหาร (dietary fiber) โดยมีปริมาณใยอาหารสูงถึงร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ซึ่งจำแนกเป็นเส้นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 56 และเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 4 สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (Functional food) โดยมีรายงานว่าใยอาหารช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ ได้แก่เบาหวาน หลอดเลือดหัวใจ และมะเร็งลำไส้ (Trinidad et al., 2006)



ภาพที่ 2.8 กรรมวิธีการผลิตแป้งจากมะพร้าว
ที่มา : ดัดแปลงจาก Trinidad et al., 2006

2.1.3 ใยอาหาร

เส้นใยอาหาร (Dietary fiber) คือ ส่วนที่เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ของพืช ไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ แต่อาจจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์บางชนิดในทางเดินอาหารของมนุษย์จึงไม่ให้พลังงาน เช่น ผัก ผลไม้ เมล็ดธัญพืช

2.1.3.1 ประเภทของเส้นใยอาหาร

2.1.3.1.1 ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) หมายถึง เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ แต่จะพองตัวได้ในน้ำเหมือนฟองน้ำ (ไม่มีความหนืด) ทำให้เพิ่มปริมาตรน้ำในกระเพาะอาหาร ช่วยเพิ่มกากอาหาร และช่วยทำความสะอาดทางเดินอาหาร เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจึงรู้สึกอิ่ม โดยเส้นใยชนิดนี้แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่จะไม่สามารถย่อยได้ จึงช่วยเพิ่มเนื้ออุจจาระ ลดปัญหาอาการท้องผูก และช่วยลดความเสี่ยงของมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้อีกด้วย เช่น เซลลูโลส (Cellulose), ลิกนิน (Lignin), เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นต้น

2.1.3.1.2 ใยอาหารชนิดละลายน้ำ (soluble fiber) หมายถึง เส้นใยอาหารที่ละลายได้ในน้ำแล้วดูดซับน้ำไว้กับตัว ใยอาหารชนิดนี้เมื่อละลายน้ำจึงมีความหนืดเพิ่มขึ้น มีลักษณะเป็นเจล สามารถจับน้ำตาลและดูดซับน้ำมันได้ ซึ่งใยอาหารชนิดนี้ร่างกายของเราจะย่อยเองไม่ได้ แต่แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่จะสามารถย่อยได้

2.1.3.2 ประโยชน์ของใยอาหาร

2.1.3.2.1 ใยอาหารช่วยควบคุมระดับน้ำตาล ช่วยลดการดูดซึมของน้ำตาล จึงมีผลดีต่อผู้ที่เป็นเบาหวาน ผู้เป็นเบาหวานที่รับประทานใยอาหารประมาณ 8-20 กรัมต่อ 100 กรัมของคาร์โบไฮเดรต ตะสามารถช่วยลดระดับกลูโคสและอินซูลินได้ประมาณ 20-50% เชื่อกันว่าใยอาหารชนิดละลายน้ำจะช่วยเพิ่ม glucose tolerance แต่ใยอาหารที่ไม่ละลายจะไม่มีผลเลยหรืออาจมีผลเพียงเล็กน้อย

2.1.3.2.2 ช่วยลดระดับไขมันในเลือด ช่วยจับไขมันในอาหาร ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน ใยอาหารชนิดละลายน้ำสามารถช่วยลดระดับโททัลและแอลดีแอลคอเลสเตอรอล (ไขมันเลว) ในเลือดได้ และการรับประทานใยอาหารในข้าวโอ๊ตและเบต้ากลูแคนในปริมาณ 3-15 กรัมต่อวัน จะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลได้ประมาณ 5-15% (จะเห็นได้ชัดในในผู้ที่มีระดับไขมันในเลือดสูง) ส่วนใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำเช่นเซลลูโลสและ Wheat bran จะไม่มีผลต่อระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

2.1.3.2.3 ช่วยเพิ่มภูมิต้านทานโรคให้กับร่างกาย

2.1.3.2.4 ช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจ

2.1.3.2.5 ใยอาหารมีประโยชน์ต่อการทำหน้าที่ของทางเดินอาหารส่วนต้น โดยใยอาหารชนิดละลายน้ำเท่านั้นจะทำให้อาหารอยู่ในกระเพาะนานขึ้น โดยการฟอร์มตัวเป็นเจลเหนียวในกระเพาะ สำหรับผลกระทบต่อการดูดซึมของสารอาหาร พบว่าใยอาหารที่ละลายน้ำจะช่วยลดการดูดซึมของกลูโคสผ่านเยื่อบุผิวของลำไส้ ช่วยลดการดูดซึมของไขมัน จึงมีประโยชน์ต่อการควบคุมระดับไขมันในเลือดและระดับกลูโคส ใยอาหารบางชนิดอาจมีผลต่อการดูดซึมโปรตีน เพคตินและโพลีแซ็กคาไรด์ของถั่วเหลืองจะจับตัวกับ

cation (แคทไอออน) ทำให้ลดการดูดซึมของแร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม ธาตุเหล็ก แมกนีเซียม ทองแดง และสังกะสี

2.1.3.2.6 ผลดีจากขบวนการ fermentation ของใยอาหารต่อระบบของลำไส้ใหญ่ เอนไซม์ในทางเดินอาหารของมนุษย์จะไม่สามารถย่อยใยอาหารได้ แต่แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่และซีกั่มจะสามารถทำได้และยังสามารถ ferment ใยอาหารได้ด้วย ทำให้ได้กรดไขมันสายสั้น รวมไปถึงพลังงานและแก๊สต่างๆ กรดไขมันสายสั้นจะถูกดูดซึมผ่านเยื่อบุผนังของลำไส้ใหญ่ เมื่อเข้าไปอยู่ในเยื่อบุแล้วมันจะถูกใช้เป็นพลังงาน โดยประโยชน์ของกรดไขมันสายสั้นมีดังนี้ ช่วยลด pH ในลำไส้ ลดปริมาณยูเรียและแอมโมเนีย ช่วยควบคุมการเคลื่อนไหวของกระเพาะและลำไส้ ส่งเสริมการดูดซึมน้ำและโซเดียม ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อผู้ป่วยท้องเสีย

2.1.3.2.7 ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเยื่อบุผิวหนังของไอเลี่ยมและลำไส้ใหญ่ ให้พลังงานแก่ host (จะเป็นผลดีในกรณีที่ host มีภาพวะการดูดซึมสารอาหารบกพร่อง) ช่วยทำให้เกิดความสมดุลของแบคทีเรียในลำไส้ ช่วยในขบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของกลูโคสและไขมัน และกรดไขมันบิวไทเรทจะช่วยป้องกันการเป็นมะเร็งของลำไส้ใหญ่ช่วยส่งเสริมการทำหน้าที่และการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดดีในลำไส้ใหญ่

2.1.3.2.8 ใยอาหารมีผลต่อเยื่อบุผิวในลำไส้ ทำให้เยื่อบุผิวหนังของลำไส้แข็งแรง จากการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าใยอาหารสามารถช่วยในการเจริญเติบโตของเยื่อบุผิวในไอเลี่ยมและลำไส้ใหญ่ได้ โดยจะทำให้ลำไส้มีน้ำมากขึ้น ยาวขึ้น และลำไส้มีคริปท์ลึกขึ้น และการรับประทานทั้งใยอาหารที่ละลายน้ำและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจะช่วยป้องกันการห่อเหี่ยวของเยื่อบุผิวหนังของลำไส้ได้ดีกว่าการเลือกรับประทานใยอาหารละลายน้ำเพียงอย่างเดียว

2.1.3.2.9 ช่วยป้องกันและรักษาอาการท้องผูกและท้องเสีย โดยใยอาหารชนิดที่เป็นเซลลูโลสจะมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ทำให้อุจจาระอ่อน ขับถ่ายได้ดี ท้องไม่ผูก จึงช่วยลดโอกาสการเป็นโรคริดสีดวงทวาร ลำไส้โป่งพอง รวมไปถึงมะเร็งลำไส้ใหญ่

2.1.3.2.10 ใยอาหารช่วยในการขับถ่ายของลำไส้ใหญ่ ใยอาหารไม่ละลายน้ำสามารถช่วยเพิ่มเนื้อของอุจจาระได้ เนื่องจากไม่สลายตัวลำไส้

ใหญ่และยังสามารถจับกับน้ำได้ด้วย จึงช่วยทำให้อุจจาระอ่อนนุ่ม แต่ถ้าเป็นใยอาหารชนิดหยาบจะทำให้เกิดเนื้ออุจจาระมากขึ้น ส่วนใยอาหารละลายน้ำจะทำให้มีเนื้ออุจจาระน้อย และถ้าเป็นใยอาหารที่ถูก ferment ได้ดีก็จะทำให้ลำไส้ใหญ่มีแบคทีเรียเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดแก๊สในอุจจาระได้มาก จึงอาจเพิ่มปริมาตรและน้ำหนักของอุจจาระได้ ใยอาหารที่ละลายน้ำมักจะไม่ลด transit time ของลำไส้ใหญ่ ส่วยใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจะลด transit time ของลำไส้ใหญ่ ส่วนใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำจะทำให้การถ่ายอุจจาระถี่ขึ้นจากเดิมที่ถ่ายน้อย

2.1.3.2.11 ช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ และช่วยป้องกันการดูดซึมของสารก่อมะเร็ง เพราะใยอาหารจะช่วยทำให้ขับถ่ายออกมาได้เร็ว และลดการสัมผัสต่อผนังลำไส้

2.1.3.2.12 ใยอาหารสามารถช่วยในการลดน้ำหนักหรือควบคุมน้ำหนักได้ เนื่องจากทำให้ปริมารของอาหารมีมากขึ้น มีการดูดน้ำเข้ามาในทางเดินอาหาร ทำให้รู้สึกอิ่มเร็ว การบริโภคอาหารก็ลดน้อยลงตามไปด้วยความสำคัญของใยอาหารในทารกและเด็กนับวันยิ่งมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น เพราะในน้ำนมแม่จะมีใยอาหารชนิดละลายน้ำมากกว่า 150 ชนิด จึงได้มีการเติมใยอาหารบางชนิดลงในนมผงดัดแปลสำหรับทารกเพื่อให้คล้ายนมแม่มากขึ้น

2.1.3.3 ผลเสียของใยอาหาร

แม้ว่าใยอาหารจะมีประโยชน์ต่อร่างกายของเรามากมายเส้นใยอาหารแต่การรับประทานในปริมาณมากจนเกินไปก็อาจส่งผลเสียต่อร่างกายได้เช่นกัน เช่น

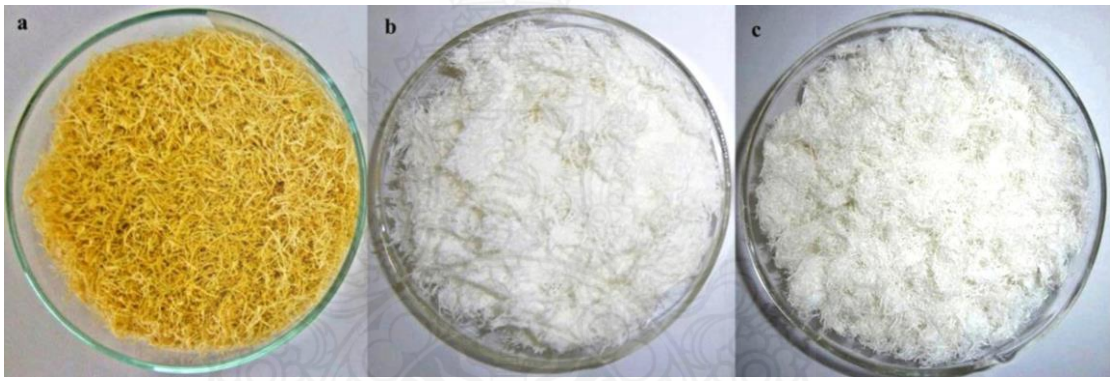
2.1.3.3.1 ใยอาหารจะไปลดการดูดซึมของสารอาหารบางชนิด เช่น แคลเซียม ธาตุเหล็ก แมกนีเซียม ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น

2.1.3.3.2 ใยอาหารอาจส่งผลเสียต่อทางเดินอาหารได้ เช่น อาเจียน มีแก๊สในกระเพาะและลำไส้ ลำไส้เคลื่อนไหวเร็วกว่าปกติและปวดท้อง เป็นต้น

2.1.3.3.3 สำหรับในผู้ที่ต้องให้อาหารทางสายยาง ใยอาหารที่หยาบอาจจะทำให้เกิดการอุดตันในสายยางได้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Penjumras et al. (2014) ได้ทำการศึกษาการสกัดและลักษณะเฉพาะของเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน โดยเปลือกทุเรียนที่ใช้ในการทดลองนำมาจากจังหวัดพัทลุง ทำการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียนตามวิธีของ Tawakkal et al. (2012) โดยการบดเปลือกทุเรียนด้วยเครื่องบด ชั่งน้ำหนักเปลือกทุเรียน โดยแต่ละตัวอย่างหนัก 20 กรัม ล้างด้วยน้ำปะปา พักให้สะเด็ดน้ำแล้วแช่ลงในสารละลายของกรดอะซิติก และกรดเกลือ ปริมาตร 640 มิลลิตร ใช้ระยะเวลา 5 ชั่วโมงในการแยกลิกนิน จากนั้นให้ความร้อนด้วยวิธีวอร์เตอร์บาร์ธเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำออกจากสารละลาย แล้วล้างด้วยน้ำปะปา จะได้โฮโลเซลลูโลสมีลักษณะเป็นเส้นใยสีเหลือง จากนั้นนำไปฟอกสีด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 17.5 เป็นเวลา 5 นาที จำนวน 3 ครั้ง จากนั้นล้างด้วยน้ำเปล่าจะได้เซลลูโลส แล้วนำเข้าอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง ลักษณะที่ได้มีสีขาวดังภาพที่ 9



ภาพที่ 2.9 (a) เปลือกทุเรียนที่ไม่ได้ผ่านการฟอกสี (b) โฮโ,เซลลูโลส และ (c) เซลลูโลส
ที่มา : Penjumras et al., 2014

Unhasirikul et al. (2013) ได้ทำการศึกษาการผลิตน้ำตาลจากเปลือกทุเรียนด้วยวิธีการย่อยด้วยกรด โดยกรดที่ใช้มี 3 ชนิด ประกอยด้วย กรดซัลฟูริก(H_2SO_4) กรดเกลือ(HCL) และกรดฟอสฟอริก(H_3PO_4) ที่ความเข้มข้น 0.5 และ 2.0 ร้อยละโดยปริมาตร ระยะเวลาที่ใช้ 15 ถึง 60 นาที ผลการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยด้วยกรดซัลฟูริก(H_2SO_4) กรดเกลือ(HCL) และกรดฟอสฟอริก(H_3PO_4) พบว่า มีปริมาณน้ำตาลในเปลือกทุเรียนร้อยละ 72.15-77.55, 70.78-80.99 และ 73.33-77.34 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการย่อยด้วยด้วยกรดซัลฟูริก และกรดเกลือเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับความเข้นข้นของกรดขึ้น ในขณะที่การย่อยด้วยกรดฟอสฟอริก ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ในขณะที่ระยะเวลาไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการย่อยด้วยกรดซัลฟูริก และกรดเกลือ ในขณะที่การย่อยด้วยกรดฟอสฟอริกต้องใช้

ระยะเวลาเพิ่มขึ้น การย่อยด้วยกรดซัลฟูริก และกรดเกลือทำให้พบน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และไซโลส ในขณะที่การย่อยด้วยกรดฟอสฟอริกพบน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส

Kitprathaung et al. (2013) ทำการศึกษา ผลของสารสกัดเจลพอลิแซ็กคาไรด์จากเปลือกทุเรียน Durio zibethinus ต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน จำนวนแบคทีเรียและปริมาณโคเลสเตอรอลในไก่ โดยการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของพอลิแซ็กคาไรด์เจล (PG) ในฐานะอาหารเสริม ในด้านการเพิ่มน้ำหนักตัว การกระตุ้นภูมิคุ้มกัน จำนวนแบคทีเรียโดยรวมและซัลโมเนลลาในมูลของไก่เนื้อ และการลดโคเลสเตอรอลในไก่เนื้อ ทำการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ 3 กลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์ที่เคลือบด้วย PG ขนาด 1, 2 และ 3 กรัม/100 กรัมตามลำดับ และกลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์ที่ไม่เคลือบ PG จากการศึกษาเป็นเวลา 42 วัน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของฐานหนักไก่ที่เพิ่มขึ้นระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เมื่อไก่อายุ 6 สัปดาห์พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้พบว่าจำนวนโคโลนีที่สงสัยว่าเป็นซัลโมเนลลาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างไก่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ($p<0.05$) และไม่พบโคโลนีที่สงสัยว่าเป็นซัลโมเนลลาในกลุ่มทดลอง ระดับโคเลสเตอรอลในพลาสมาในไก่กลุ่มทดลองมีระดับต่ำกว่าไก่กลุ่มควบคุม นอกจากนี้ปริมาณโคเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อของไก่ที่ได้รับ PG 3 กรัม/100 กรัม มีระดับต่ำกว่าไก่กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับ PG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้น PG ในอาหารมีประโยชน์ในการส่งเสริมสุขภาพไก่เนื้อในด้านการต้านแบคทีเรีย การกระตุ้นภูมิคุ้มกันและการลดลงของโคเลสเตอรอล

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการทดลอง

3.1. วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1. วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1.1. เปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนี

3.1.1.2. เปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

3.1.1.3. เปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาว

3.1.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

3.1.2.1. อุปกรณ์ครัวเช่น มีด เขียง ถาด ฯลฯ

3.1.2.2. เครื่องสับผสม (รุ่น K45 1V ยี่ห้อ Electrolux, EU)

3.1.2.3. ชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง (รุ่น Fath-12 ยี่ห้อ Nagata, Taiwan)

3.1.2.4. เตาอบระบบนึ่ง (รุ่น ECC611050-01 ยี่ห้อ Henny penne, USA)

3.1.2.5. เตาอบลมร้อน (รุ่น HGV Fagor, Itary)

3.1.2.6. เครื่องปั่นอาหาร (รุ่น HBF600-CE Hamilton Beath, China)

3.1.2.7. เครื่องบรรจุสุญญากาศ (รุ่น W8 30 BX P08 ยี่ห้อ Sirman, Itary)

3.1.3. อุปกรณ์สำหรับการทดลองทางประสาทสัมผัส

3.1.3.1. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์

3.1.3.2. กล่องพลาสติกใส่ตัวอย่างพร้อมฝาปิด

3.1.3.3. ช้อนพลาสติก

3.1.3.4. ถาดใส่อาหาร

3.1.3.5. แก้วน้ำ

3.1.3.6. กระดาษทิชชู่

3.1.3.7. ปากกา

3.1.3.8. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 9-Point Hedonic Scale

3.1.3.9. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 5-Point just about right

3.1.4. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพ

3.1.4.1 เครื่องวัดค่าสี (Hunter lab/ Miniscan รุ่น XE Plus, USA)

3.1.4.2 เครื่องวัดค่า pH (รุ่น 420 A ยี่ห้อ ORION, USA)

3.1.4.3 เครื่องวัดความชื้น (รุ่น HC103 ยี่ห้อ Mettlet Toledo, Switzerland)

3.1.4.4 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity, aw) (รุ่น Aqualab CX2, Decagon Device, Inc., USA.)

3.1.4.5 เครื่องวัดความข้นหนืดของอาหาร Rapid Visco Analyser (รุ่น RVA-4 ยี่ห้อ Newport Scientific, Australia)

3.1.4.6 เครื่องชั่งดิจิทอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (รุ่น ED323S ยี่ห้อ Sartorius, Germany)

3.1.5. อุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.1.5.1 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) รุ่น FD 115 ยี่ห้อ Binder ประเทศเยอรมัน

3.1.5.2 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น GT 4100 ยี่ห้อ OHAUS ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

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

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

3.1.5.5 ถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture cans)

3.1.5.6 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.1.5.7 เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนแบบ Kjeldahl รุ่น Vapodest 20 ยี่ห้อ Gerhardt ประเทศเยอรมัน

3.1.5.8 เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณไขมัน รุ่น SER 148 ยี่ห้อ VELP SCIENTIFICA ประเทศอิตาลี

3.1.5.9 เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร ยี่ห้อ VELP SCIENTIFICA ประเทศอิตาลี

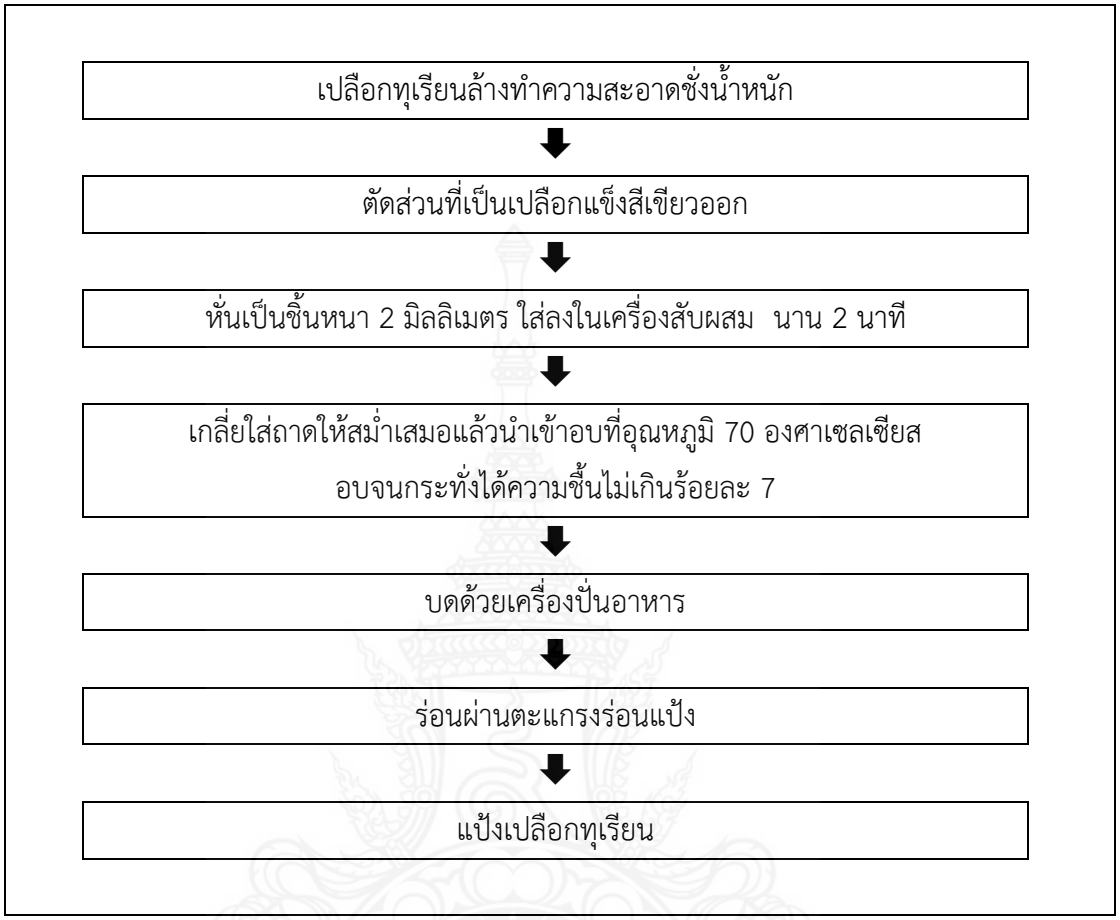
3.1.5.10 เตาเผา ยี่ห้อ Lenton ประเทศอังกฤษ

3.2. วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษากรรมวิธีการผลิตแป้งเปลือกทุเรียน

ศึกษากรรมวิธีการผลิตแป้งเปลือกทุเรียนที่เหมาะสม โดยใช้เปลือกทุเรียนสด 3 สายพันธุ์ คือพันธุ์ชะนี หมอนทอง และก้านยาว โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยศึกษากรรมวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี

3.2.1.1 การผลิตแป้งเปลือกทุเรียน วิธีที่ 1 การอบแห้งแบบธรรมดา (cabinet drier) ล้างทำความสะอาดเปลือกทุเรียนผึ่งให้สะเด็ดน้ำ ชั่งน้ำหนักเปลือกทุเรียน 1,000 กรัม หั่นเปลือกส่วนสีเขียวออกใช้เฉพาะเปลือกด้านในสีขาว หั่นเป็นชิ้นหนา 2 มิลลิเมตร นำใส่เครื่องสับผสม (Electrolux) บดนานประมาณ 2 นาที จะได้เม็ดขนาด 2 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนัก จากนั้นเทเปลือกทุเรียนที่ผ่านการสับผสมลงในถาดขนาด 15.75×23.5 นิ้ว เกลี่ยให้สม่ำเสมอแล้วนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (Fagor) จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 จากนั้นพักไว้จนอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก ทำการบดด้วยเครื่องปั่นอาหาร (Hamilton Beath) นาน 2 นาที พักเครื่อง 2 นาที แล้วทำการปั่นซ้ำอีกครั้ง นำออกจากเครื่องปั่นแล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้ง ชั่งน้ำหนัก นำแป้งเปลือกทุเรียนบรรจุลงในถุงขนาด 100 กรัม แล้วบรรจุแบบสุญญากาศ (Sirman) และนำไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป



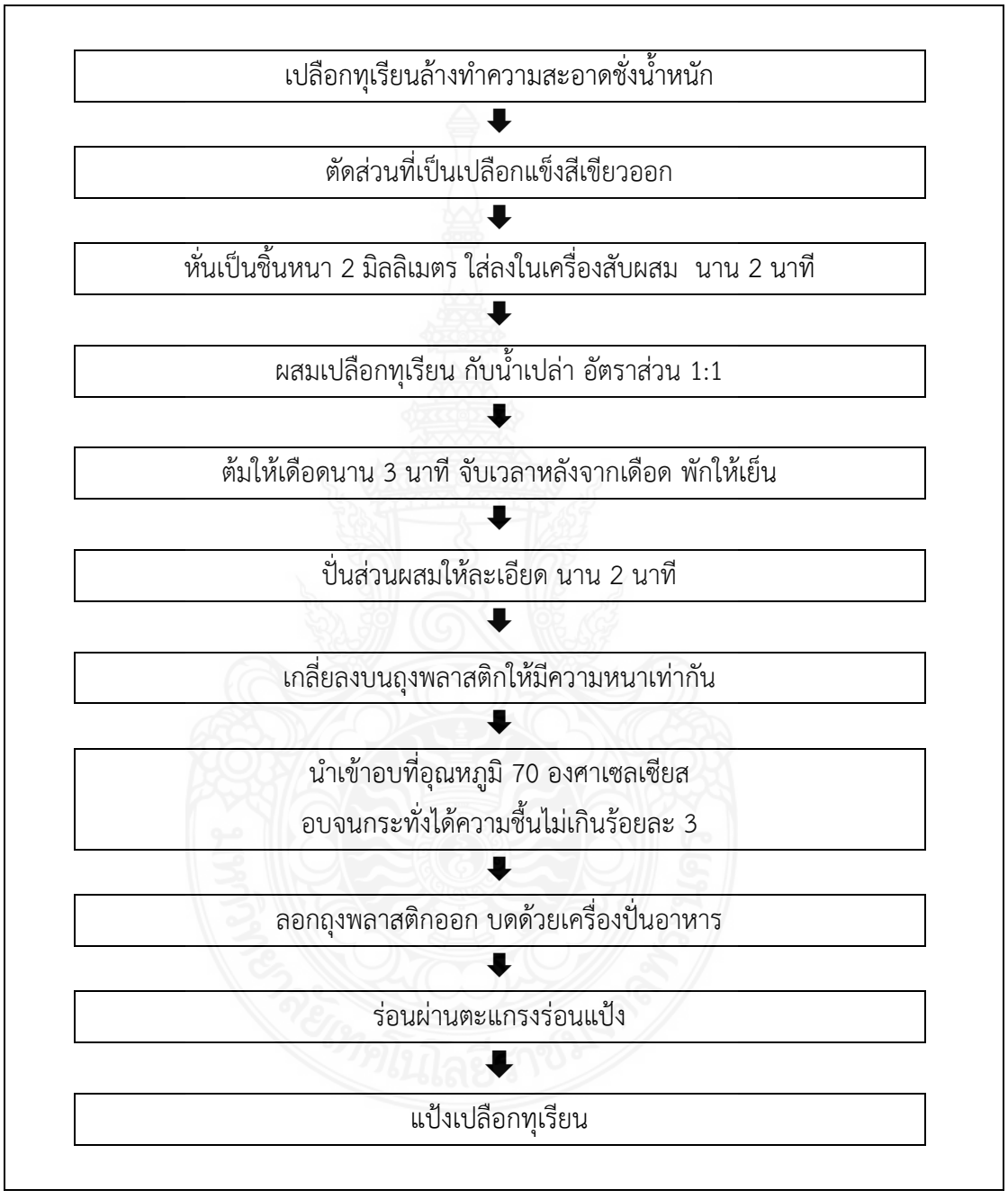
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมแป้งเปลือกทุเรียน วิธีที่ 1

3.2.1.2 การผลิตแป้งเปลือกทุเรียน วิธีที่ 2 ล้างทำความสะอาดเปลือกทุเรียนผึ่งให้สะเด็ดน้ำ ชั่งน้ำหนักเปลือกทุเรียน 1,000 กรัม หั่นเปลือกส่วนสีเขียวออกใช้เฉพาะเปลือกด้านในสีขาว หั่นเป็นท่อนหนาประมาณ 5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก นำไปนึ่งในเตาอบ (Henny penne) นาน 10 นาที หั่นเป็นชิ้นหนา 1 เซนติเมตร นำใส่เครื่องสับผสม (Electrolux) บดนานประมาณ 2 นาที จะได้เม็ดขนาด 2 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนัก จากนั้นเทเปลือกทุเรียนที่ผ่านการสับผสมลงในถาดขนาด 15.75×23.5 นิ้ว เกลี่ยให้สม่ำเสมอแล้ว นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (Fagor) จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 จากนั้นพักไว้จนอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก ทำการบดด้วยเครื่องปั่นอาหาร (Hamilton Beath) นาน 2 นาที พักเครื่อง 2 นาที แล้วทำการปั่นซ้ำอีกครั้ง นำออกจากเครื่องปั่นแล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้ง ชั่งน้ำหนัก นำแป้งเปลือกทุเรียนบรรจุลงในถุงขนาด 100 กรัม แล้วบรรจุแบบสุญญากาศ (Sirman) และนำไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมแป้งเปลือกทุเรียน วิธีที่ 2

3.2.1.3 การผลิตแป้งเปลือกทุเรียน วิธีที่ 3 ล้างทำความสะอาดเปลือกทุเรียนผึ่งให้สะเด็ดน้ำ ชั่งน้ำหนักเปลือกทุเรียน 1,000 กรัม หั่นเปลือกส่วนสีเขียวออกใช้เฉพาะเปลือกด้านในสีขาว หั่นเป็นชิ้นหนา 2 มิลลิเมตร นำใส่เครื่องสับผสม (Electrolux) บดนานประมาณ 2 นาที ชั่งน้ำหนัก จากนั้นเติมน้ำเท่าน้ำหนักเปลือกทุเรียนส่วนสีขาวที่ชั่งได้ นำส่วนผสมไปต้มปิดฝาหม้อ จับเวลาหลังเดือด นาน 3 นาที นำออกพักให้เย็น ชั่งน้ำหนัก นำส่วนผสมใส่เครื่องปั่นอาหาร (Hamilton Beath) ปั่นให้ละเอียด นาน 2 นาที เกลี่ยลงบนถุงพลาสติก ขนาด กว้าว X ยาว 15 X 25 นิ้ว ให้มีความหนาสม่ำเสมอกัน รองด้วยถาดรองอบ นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (Fagor) จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 ลอกถุงพลาสติกออก พักไว้จนอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก ทำการบดด้วยเครื่องปั่นอาหาร (Hamilton Beath) นาน 2 นาที พักเครื่อง 2 นาที แล้วทำการปั่นซ้ำอีกครั้ง

นำออกจากเครื่องปั่นแล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้ง ชั่งน้ำหนัก นำแป้งเปลือกทุเรียนบรรจุลงในถุง ขนาด 100 กรัม แล้วบรรจุแบบสุญญากาศ (Sirman) และนำไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมแป้งเปลือกทุเรียน วิธีที่ 3

3.2.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เบเกอรีแต่ละชนิดตามวิธีการของ AOAC (2000) ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยและคาร์โบไฮเดรต (ภาคผนวก ก) จากนั้นรายงานปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหารหยาบและคาร์โบไฮเดรตในรูปของร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

3.2.3 การศึกษาการวิเคราะห์ทางกายภาพ

3.2.3.1 วัดค่าสีด้านค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง-เขียว (a*) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) ด้วยเครื่อง (Hunter lab/ Miniscan รุ่น XE Plus) ของเปลือกทุเรียนสดหลังการหั่นเปลือกสีเขียวออก หลังการนึง การต้ม ชั่วโมงที่ 1 2 3 4 และ 5 ของการอบแห้ง จนกระทั่งได้ระดับความชื้นที่ต้องการ และหลังการบดเป็นแป้งเปลือกทุเรียน จากเปลือกทุเรียนแต่ละสายพันธุ์

3.2.3.2 วัดค่า pH ด้วยเครื่องวัดค่า pH (รุ่น 420 A ยี่ห้อ ORION, USA)ของเปลือกทุเรียนสดหลังการหั่นเปลือกสีเขียวออก และหลังการอบแห้ง จากเปลือกทุเรียนแต่ละสายพันธุ์ โดยชั่งตัวอย่าง 5 กรัม น้ำกลั่น 45 กรัม

3.2.3.3 วัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity, aw) ด้วยเครื่อง (Aqualab CX2 ของแป้งเปลือกทุเรียนหลังการบด จากเปลือกทุเรียนแต่ละสายพันธุ์

3.2.3.4 วัดความข้นหนืดของเปลือกทุเรียนผงด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser (ความหนืด RVU) ของแป้งเปลือกทุเรียนหลังการบด จากเปลือกทุเรียนแต่ละสายพันธุ์ โดยเตรียมตัวอย่างแป้งเปลือกทุเรียน 2 กรัม ต่อน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดที่ 95 องศาเซลเซียส เวลาในการรักษาอุณหภูมิสูงสุด 2 นาที 40 วินาที อุณหภูมิต่ำสุดที่ 50 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ 13 นาที ความเร็วรอบ 160 รอบ/นาที (RPM)

3.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย One-way ANOVA และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) วิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 (Williams and Abdi, 2010) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ SPSS (IBM SPSS version 19.0)

3.3. การถ่ายทอดเทคโนโลยี

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาศักยภาพแป้งเปลือกทุเรียน คณะผู้วิจัยได้พิจารณาบุคคลที่สนใจ สำรวจความต้องการของกลุ่มเป้าหมายในการฝึกอบรมการผลิตแป้งจากเปลือกทุเรียน ที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งเพื่อบริโภคโดยการใช้แบบสอบถามประเมินความต้องการเข้ารับการฝึกอบรม ได้แก่ กลุ่มชุมชน วิสาหกิจชุมชน กลุ่มแม่บ้าน สถานศึกษา สถานประกอบการที่ผลิตอาหารแปรรูป ฯ

3.4. สถานที่ทำการศึกษาทดลอง

ห้องปฏิบัติการอาหาร 515 คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.5. ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการวิจัยตั้งแต่ ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตแป้งเปลือกทุเรียน

การผลิตแป้งเปลือกทุเรียน (durian rind flour-DRF) ที่เหมาะสม โดยใช้เปลือกทุเรียนสด 3 สายพันธุ์ คือพันธุ์ชะนี (CN) หมอนทอง (MT) และก้านยาว (KY) ด้วยวิธีที่การแตกต่างกัน 3 วิธี โดยมีการรวบรวมผลการวิจัยดังต่อไปนี้ จากตารางที่ 4.1 พบว่าส่วนเปลือกเขียวที่ไม่ได้ใช้ของเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนี ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง และทุเรียนพันธุ์ก้านยาว คิดเป็นร้อยละ 31.30 35.10 และ 34.20 ตามลำดับ ส่วนเปลือกสีขาวของแปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนี ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง และทุเรียนพันธุ์ก้านยาว คิดเป็นร้อยละ 68.70 64.90 และ 65.80 ตามลำดับ จึงพบว่าส่วนที่เป็นสีขาวของพันธุ์ชะนีได้ปริมาณมาก ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมของภูมิอาหารในแต่ละปี และการบำรุงของเจ้าของสวนที่มีความแตกต่างกันจึงทำให้ลักษณะความหนาของเปลือกมีความแตกแต่งกันไป

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักเปลือกทุเรียนสดและเปลือกทุเรียนหลังการตัดแต่ง

สายพันธุ์ทุเรียน	น้ำหนักเปลือกก่อนการตัดแต่ง (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเขียว (กรัม)	น้ำหนักเปลือกขาว (กรัม)
ทุเรียนพันธุ์ชะนี	**1,000**	**313±0.18**	**687±0.19**
ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง	1,000	351±0.19	649±0.16
ทุเรียนพันธุ์ก้านยาว	1,000	342±0.17	658±0.21

การเตรียมเปลือกทุรียนก่อนเข้าเตาอบลมร้อนทั้งสามวิธีมีกระบวนมีกระบวนการเตรียมที่แตกต่างกัน วิธีที่ 1 (TD-Tray Dry) หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับ แล้วนำไปอบแห้ง วิธีที่ 2 (SD-Stream Dry) หั่นเปลือกออกจากนั้นหั่นเป็นแท่งหนานำไปนึ่งพักให้เย็นใส่เครื่องบดสับ แล้วนำไปอบแห้ง ส่วนวิธีที่ 3 (BD-Boil Dry) หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับ นำไปต้มกับน้ำ ใส่เครื่องบดละเอียดอีกครั้ง เกลี่ยเป็นแผ่น แล้วนำไปอบแห้ง มีการชั่งนน้ำหนักตัวอย่างเปลือกทุเรียนแต่และวิธีการ ก่อนการนำเข้าอบ หลังการอบ หลังการบดเป็นแป้ง

เปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนี พันธุ์หมอนทอง และพันธุ์ก้านยาว เมื่อผ่านกระบวนการอบแห้ง และปั่นเป็นผงแล้ว พบว่า เปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนี วิธีการทำแห้งแบบที่ 2 (SD-Stream Dry) ให้ปริมาณ

มากที่สุด รองลงมาคือ เปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาว ส่วนเปลือกทุเรียนที่ให้ปริมาณน้อยที่สุด คือ เปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง วิธีที่ 2

ปริมาณเปลือกทุเรียนผงที่ได้ มีสาเหตุจาก ปริมาณน้ำหนักของผลทุเรียนทั้งผล สายพันธุ์ทุเรียน และอายุการเก็บ พบว่า ทุเรียนพันธุ์ก้านยาว มีชั้นของเปลือกส่วนที่เป็นสีขาวมากที่สุด รองลงมาคือทุเรียนพันธุ์ชะนี ส่วนทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีส่วนของชั้นเปลือกสีขาวน้อยที่สุด ทุเรียนที่มีน้ำหนักโดยรวมต่อผลมากจะมีเปลือกชั้นสีขาวมากกว่าทุเรียนที่มีน้ำหนักโดยรวมต่อผลน้อย น้ำหนักของเปลือกทุเรียนทั้ง 3 สายพันธุ์ในการทำเป็นผงแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักเปลือกทุเรียนก่อนการอบ หลังการอบ และหลังการบดเป็นแป้ง

สายพันธุ์ทุเรียน	น้ำหนักตัวอย่าง*		
	TD	SD	BD
ทุเรียนพันธุ์ชะนี			
ก่อนการอบ	650.67±0.26**^{b***}	642.01±0.20^{c}	1,94702±0.57^{a}
หลังการอบ	105.33±0.83^{b}	108.67±0.61^{a}	97.67±0.15^{c}
หลังการบดเป็นแป้ง	77.01±0.49 ^{c}	**89.67±0.08** ^{a}	79.67±0.15 ^{b}
ส่วนที่ไม่สามารถบดเป็นผงได้	28.32±0.34^{a}	19.00±0.25^{b}	18.00±0.44^{b}
ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง			
ก่อนการอบ	635.47±0.52^{b}	622.34±0.01^{c}	1,947.23±0.04^{a}
หลังการอบ	108.67±0.19^{b}	106.67±0.31^{b}	113.62±0.15^{a}
หลังการบดเป็นแป้ง	**81.22±0.54^{a}**	71.67±0.13^{b}	78.01±0.11^{c}
ส่วนที่ไม่สามารถบดเป็นผงได้	27.45±0.54^{c}	35.00±0.54^{b}	35.61±0.54^{a}
ทุเรียนพันธุ์ก้านยาว			
ก่อนการอบ	663.03±0.04^{b}	692.33±0.52^{b}	2,053.07±0.27^{a}
หลังการอบ	120.69±0.16^{b}	119.34±0.36^{b}	131.35±0.25^{a}
หลังการบดเป็นแป้ง	88.67±0.53^{a}	78.86±0.28^{b}	**82.76±0.52^{a}**
ส่วนที่ไม่สามารถบดเป็นผงได้	32.02±0.27^{c}	40.48±0.42^{b}	48.59±0.65^{a}

* เปลือกทุรียนที่มีวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันวิธีที่ 1 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับนำไปอบแห้ง (TD-Tray Dry) วิธีที่ 2 หั่นเปลือกออกจากนั้นหั่นเป็นแท่งหนานำไปนึ่งพักให้เย็นใส่เครื่องบดสับแล้วนำไปอบแห้ง (SD-Stream Dry) ส่วนวิธีที่ 3 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับต้มกับน้ำให้เดือดพักให้เย็นบดให้ละเอียดนำไปอบแห้ง (BD-Boil Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนผง

เปลือกทุเรียนผงมีปริมาณใยอาหารสูง รองลงมาคือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนทั้ง 3 สายพันธุ์ ส่วนใหญ่เป็นใยอาหารหยาบ มีอยู่ร้อยละ ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก คือ เซลลูโลส (cellulose) ร้อยละ 50-60 ลิกนิน (lignin) ร้อยละ 5 (Putri and Kurniyati, 2015) ซึ่งจัดเป็นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ สำหรับใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำที่พบในเปลือกทุเรียน คือ เพคตินร้อยละ 9.1 (Maran, 2014)

4.2.1 เปลือกทุเรียนผงพันธ์ชะนี

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนผงพันธ์ชะนี ประกอบด้วย ความชื้นร้อยละ 2.45-4.89 โปรตีนร้อยละ 6.89-7.91 ไขมันในเปลือกทุเรียนผงพันธุ์ชะนีมีน้อยมาก ร้อยละ 0.27-0.56 เถ้า ซึ่งแสดงถึงปริมาณแร่ธาตุ ในเปลือกทุเรียนผงพันธุ์ชะนีมีร้อยละ 5.79-6.81 เปลือกทุเรียนมีส่วนประกอบหลัก คือ เซลลูโลส ทำให้มีใยอาหารหยาบร้อยละ 41.04-47.97 สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่า เปลือกทุเรียนผงพันธุ์ชะนี มีร้อยละ 36.35-40.12 แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเปลือกทุเรียนผงพันธ์ชะนีที่แตกต่างกัน 3 วิธี

องค์ประกอบทางเคมี	ตัวอย่าง*		
	TD	SD	BD
ความชื้น	2.45±0.24^{**c***}	4.89±0.14^{a}	3.77±0.13^{b}
โปรตีน	6.89±0.35^{c}	7.49±0.14^{b}	7.91±0.13^{a}
ไขมัน	0.27±0.25^{b}	0.56±0.14^{a}	0.35±0.17^{b}
เถ้า	6.13±0.32^{b}	5.79±0.13^{b}	6.81±0.13^{a}
ใยอาหารหยาบ	47.91±0.17^{a}	41.26±0.16^{b}	41.04±0.13^{b}
คาร์โบไฮเดรต	36.35±0.13^{b}	40.01±0.16^{a}	40.12±0.16^{a}

* เปลือกทุรียนที่มีวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันวิธีที่ 1 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับนำไปอบแห้ง (TD-Tray Dry) วิธีที่ 2 หั่นเปลือกออกจากนั้นหั่นเป็นแท่งหนานำไปนึ่งพักให้เย็นใส่เครื่องบดสับแล้วนำไปอบแห้ง (SD-Stream Dry) ส่วนวิธีที่ 3 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับต้มกับน้ำให้เดือดพักให้เย็นบดให้ละเอียดนำไปอบแห้ง (BD-Boil Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2.2 เปลือกทุเรียนผงพันธ์หมอนทอง

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนผงพันธุ์หมอนทอง ประกอบด้วย ความชื้นร้อยละ 6.54-3.44 โปรตีนร้อยละ 7.27-8.05 ไขมันในเปลือกทุเรียนผงพันธุ์หมอนทองมีน้อยมาก ร้อยละ 0.12-0.20 เถ้าซึ่งแสดงถึงปริมาณแร่ธาตุ ในเปลือกทุเรียนผงพันธุ์หมอนทองมีร้อยละ 5.29-5.99 เปลือกทุเรียนมีส่วนประกอบหลัก คือ เซลลูโลส ทำให้มีใยอาหารหยาบร้อยละ 51.29-59.68 สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่า เปลือกทุเรียนผงพันธุ์หมอนทอง มีร้อยละ 21.10-31.09 แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเปลือกทุเรียนผงพันธ์หมอนทองที่แตกต่างกัน 3 วิธี

องค์ประกอบทางเคมี	ตัวอย่าง*		
	TD	SD	BD
ความชื้น	3.44±0.17^{**c***}	4.32±0.64^{b}	6.54±0.43^{a}
โปรตีน	8.05±0.16^{a}	7.44±0.44^{b}	7.27±0.63^{b}
ไขมัน	0.20±0.12^{b}	0.14±0.34^{a}	0.12±0.27^{a}
เถ้า	5.99±0.22^{a}	5.72±0.43^{a}	5.29±0.53^{b}
ใยอาหารหยาบ	51.29±0.12^{b}	51.29±0.26^{b}	59.68±0.43^{a}
คาร์โบไฮเดรต	31.03±0.31^{a}	31.09±0.37^{a}	21.10±0.76^{b}

* เปลือกทุรียนที่มีวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันวิธีที่ 1 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับนำไปอบแห้ง (TD-Tray Dry) วิธีที่ 2 หั่นเปลือกออกจากนั้นหั่นเป็นแท่งหนานำไปนึ่งพักให้เย็นใส่เครื่องบดสับแล้วนำไปอบแห้ง (SD-Stream Dry) ส่วนวิธีที่ 3 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับต้มกับน้ำให้เดือดพักให้เย็นบดให้ละเอียดนำไปอบแห้ง (BD-Boil Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2.3 เปลือกทุเรียนผงพันธุ์ก้านยาว

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนผงพันธุ์ก้านยาว ประกอบด้วย ความชื้นร้อยละ 3.36-5.72 โปรตีนร้อยละ 67.17-7.36 ไขมันในเปลือกทุเรียนผงพันธุ์ก้านยาวมีน้อยมาก ร้อยละ 0.11-0.21 เถ้าซึ่งแสดงถึงปริมาณแร่ธาตุ ในเปลือกทุเรียนผงพันธุ์ก้านยาวมีร้อยละ 5.81-5.91 เปลือก

ทุเรียนมีส่วนประกอบหลัก คือ เซลลูโลส มีใยอาหารหยาบร้อยละ 46.41-53.17 สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่า เปลือกทุเรียนผงพันธุ์ก้านยาว มีร้อยละ 36.53-29.13 แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเปลือกทุเรียนผงพันธ์ก้านยาวที่แตกต่างกัน 3 วิธี

องค์ประกอบทางเคมี	ตัวอย่าง*		
	TD	SD	BD
ความชื้น	4.61±0.14**b***	3.36±0.14^{c}	5.72±0.13^{a}
โปรตีน	7.17±0.15^{b}	7.36±0.14^{a}	7.34±0.13^{a}
ไขมัน	0.11±0.15^{b}	0.15±0.14^{b}	0.21±0.17^{a}
เถ้า	5.81±0.12^{b}	5.91±0.13^{a}	5.88±0.13^{a}
ใยอาหารหยาบ	53.17±0.15^{a}	46.69±0.16^{b}	46.41±0.13^{b}
คาร์โบไฮเดรต	29.13±0.13^{c}	36.53±0.16^{a}	34.44±0.16^{b}

* เปลือกทุรียนที่มีวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันวิธีที่ 1 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับนำไปอบแห้ง (TD-Tray Dry) วิธีที่ 2 หั่นเปลือกออกจากนั้นหั่นเป็นแท่งหนานำไปนึ่งพักให้เย็นใส่เครื่องบดสับแล้วนำไปอบแห้ง (SD-Stream Dry) ส่วนวิธีที่ 3 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับต้มกับน้ำให้เดือดพักให้เย็นบดให้ละเอียดนำไปอบแห้ง (BD-Boil Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเปลือกทุเรียนในกระบวนการวิจัยดำเนินการวัดค่าสี ค่า pH ปริมาณน้ำอิสระ และความข้นหนืด ของตัวอย่างการวิจัยมีผลดังต่อไปนี้

4.3.1 ค่าสีของเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนี พันธุ์หมอนทอง และพันธุ์ก้านยาว

4.3.1.1 เปลือกทุเรียนผงพันธุ์ชะนี วิธีที่ 1

ค่าสีของเปลือกทุเรียนผงพันธุ์ชะนี ในวิธีที่ 1 เป็นการอบแห้งแบบปกติ (cabinet drier) ทำให้มีค่าความสว่าง (L*) ลดลง สำหรับค่าสีแดง-เขียว (a*) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.6 เมื่อระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้นจนมีความชื้นในตัวอย่างเปลือกทุเรียนไม่เกินร้อยละ 7 ซึ่งสามารถนำไปตีป่นเพื่อให้มีขนาดเล็กลง

จนถึงขนาดเป็นผงมีขนาดที่สามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมซ ได้ สีของเปลือกทุเรียนผงที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากองค์ประกอบทางเคมีในเปลือกทุเรียน ได้แก่ โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีส่วนส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่ใช้เอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) ในระหว่างการให้ความร้อนขณะทำการอบแห้ง (Martins et. al., 2001)

เปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนีก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 1 (TD-Tray Dry) พบว่า ก่อนการอบมีค่าความสว่างมากที่สุดเมื่อทำการอบแห้งจนถึงชั่วโมงที่ 5 พบว่าค่าความสว่างลดลงเนื่องจากในระหว่างการให้ความร้อนเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยเอ็นไซม์ (enzymetic browning) เนื่องจากในเปลือกผลไม้มีสารแทนนินเมื่อเกิดการรวมตัวกับ ออกซิเจน และความร้อน Ho and Rajeev (2015) รายงานว่าในเปลือกทุเรียนสดมีปริมาณของสารแทนนินอยู่ร้อยละ 1.37 จึงเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดสีคล้ำขึ้นเมื่อทำการอบแห้ง เมื่อค่าความสว่าง (L*) ลดลงมีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น

สำหรับค่าสีของแป้งเปลือกทุเรียนพันธ์ชะนีในวิธีนี้มีค่าความสว่างมากกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 2-5 เนื่องมาจากค่าสีที่ตวงวัดนั้นตรวจวัดเฉพาะพื้นที่ผิวภายนอก แต่เมื่อทำการตีป่นเพื่อให้เปลือกทุเรียนที่อบแห้งเป็นผงแป้งทำให้สีภายในของเปลือกทุเรียนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลผสมออกมาด้วย จึงทำให้แป้งเปลือกทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาวกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 2-5

ตารางที่ 4.6 ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนีก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 1 (TD-Tray Dry)

ระยะเวลา	ค่าสีของตัวอย่างเปลือกทุเรียน*		
	ความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง-เขียว (a*)	ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)
ก่อนการอบ	95.67±0.27**[a***]	2.57±0.58[d]	7.26±0.10[d]
ชั่วโมงที่ 1	80.10±0.05[b]	3.47±0.60[c]	17.43±0.71[c]
ชั่วโมงที่ 2	78.07±0.08[c]	4.76±0.79[b]	28.03±0.12[b]
ชั่วโมงที่ 3	77.93±0.70[c]	5.50±0.70[a]	38.60±0.60[b]
ชั่วโมงที่ 4	74.40±0.79[d]	5.63±0.33[a]	38.87±0.21[b]
ชั่วโมงที่ 5	73.53±0.13[e]	5.93±0.97[a]	39.27±0.84[a]
แป้งเปลือกทุเรียน	85.01±0.80[ab]	4.50±0.70[b]	39.54±0.51[a]

* ตัวอย่างค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนี ด้วยวิธีที่ 1 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับนำไปอบแห้ง (TD-Tray Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.1.2 เปลือกทุเรียนผงพันธุ์ชะนี วิธีที่ 2

ค่าสีของเปลือกทุเรียนผงพันธุ์ชะนี ในวิธีที่ 2 เป็นการอบแห้ง ที่นำเปลือกทุเรียนนึ่งก่อนนำเข้าอบ เปลือกทุเรียนผงมีสีที่ค่อนข้างสว่าง อยู่ในช่วงสีเหลือง-น้ำตาลอ่อน มีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 98.77-93.56 เมื่อเปรียบเทียบกับการเตรียมเปลือกทุเรียนผงเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของเปลือกทุเรียนของ (Wong et al., 2008) มีค่าความสว่างเท่ากับ 67.11 เปลือกทุเรียนผงสำหรับวิธีที่ 2 นี้ถูกนำไปนึ่งก่อนทำการอบแห้ง เป็นการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิค ที่มีเอนไซม์เป็นตัวเรงปฏิกิริยา คือ เอนไซมโพลีฟนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase-PPO) และ เปอร์ออกซิเดส (peroxidase-POD) (Kowitcharoen and Srilaong, 2009) ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความสว่างของเปลือกทุเรียนภายหลังการอบเพื่อบดเป็นผง

ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนีก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 2 (SD-Stream Dry) พบว่า ก่อนการอบมีค่าความสว่างมากที่สุดเมื่อทำการอบแห้งจนถึงชั่วโมงที่ 5 พบว่าค่าความสว่างลดลงเนื่องจากในระหว่างการให้ความร้อนเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยความร้อนแบบไม่ใช้เอ็นไซม์ (non enzymetic browning) Minh (2014) รายงานว่าในเปลือกทุเรียนสดมีปริมาณของน้ำตาลอยู่ร้อยละ 28 จึงเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดสีคล้ำขึ้นเมื่อทำการอบแห้ง เมื่อค่าความสว่าง (L*) ลดลงมีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น สำหรับค่าสีของแป้งเปลือกทุเรียนพันธ์ชะนีในวิธีนี้มีค่าความสว่างมากกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 2-5 เนื่องมาจากค่าสีที่ตวงวัดนั้นตรวจวัดเฉพาะพื้นที่ผิวภายนอก แต่เมื่อทำการตีป่นเพื่อให้เปลือกทุเรียนที่อบแห้งเป็นผงแป้งทำให้สีภายในของเปลือกทุเรียนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลผสมออกมาด้วย จึงทำให้แป้งเปลือกทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาวกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 2-5 อย่างไรก็ตามวิธีที่ 2 นี้ได้มีการนำเปลือกทุเรียนผ่านความร้อนด้วยวิธีการนึ่งจึงเป็นการทำลายเอ็นไซม์ และสารแทนนินจึงทำให้แป้งทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาว สว่างกว่าวิธีที่ 1 ทำให้มีค่าความสว่าง (L*) ลดลง สำหรับค่าสีแดง-เขียว (a*) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.4 เมื่อระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้น จนมีความชื้นในตัวอย่างเปลือกทุเรียนไม่เกินร้อยละ 7 ซึ่งสามารถนำไปตีป่นเพื่อให้มีขนาดเล็กลงจนถึงขนาดเป็นผงมีขนาดที่สามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมซ ได้ สีของเปลือกทุเรียนผงที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากองค์ประกอบทางเคมีในเปลือกทุเรียน ได้แก่ โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีส่วนส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่ใช้เอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) ในระหว่างการให้ความร้อนขณะทำการอบแห้ง (Martins et. al., 2001)

ตารางที่ 4.7 ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนีก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 2 (SD-Stream Dry)

ระยะเวลา	ค่าสีของตัวอย่างเปลือกทุเรียน*		
	ความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง-เขียว (a*)	ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)
ก่อนการอบ	98.77±0.79**[a***]	1.47±0.27[c]	9.80±0.54[e]
ชั่วโมงที่ 1	97.37±0.74[a]	1.73±0.44[c]	13.87±0.53[d]
ชั่วโมงที่ 2	96.53±0.13[b]	1.97±0.90[b]	24.27±0.84[d]
ชั่วโมงที่ 3	94.13±0.76[c]	2.16±0.33[b]	35.17±0.72[c]
ชั่วโมงที่ 4	94.50±0.29[c]	2.53±0.26[a]	35.47±0.21[b]
ชั่วโมงที่ 5	93.46±0.23[d]	3.83±0.46[a]	36.10±0.75[a]
แป้งเปลือกทุเรียน	93.56±0.40[d]	3.23±0.37[b]	36.25±0.50[a]

* ตัวอย่างค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนี ด้วยวิธีที่ 2 หั่นเปลือกออกจากนั้นหั่นเป็นแท่งหนานำไปนึ่งพักให้เย็นใส่เครื่องบดสับแล้วนำไปอบแห้ง (SD-Stream Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.1.3 เปลือกทุเรียนผงพันธุ์ชะนี วิธีที่ 3

ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนีก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียนด้วยวิธีที่ 3 (BD-Boil Dry) พบว่า ก่อนการอบมีค่าความสว่างมากที่สุดเมื่อทำการอบแห้งจนถึงชั่วโมงที่ 5 พบว่าค่าความสว่างลดลงเนื่องจากในระหว่างการให้ความร้อนเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยความร้อนแบบไม่ใช้เอ็นไซม์ (non enzymetic browning) Minh (2014) รายงานว่าในเปลือกทุเรียนสดมีปริมาณของน้ำตาลอยู่ร้อยละ 28 จึงเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดสีคล้ำขึ้นโดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจเป็นปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard browning reaction) ซึ่งปฏิกิริยานี้จะมีสารประกอบโปรตีนร่วมด้วย โดยในเปลือกทุเรียนมีปริมาณโปรตีนอยู่ร้อยละ 3.15 (Unhasirikul et. al., 2013) เมื่อทำการอบแห้ง เมื่อค่าความสว่าง (L*) ลดลง มีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น

สำหรับค่าสีของแป้งเปลือกทุเรียนพันธ์ชะนีในวิธีนี้มีค่าความสว่างมากกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 4-5 เนื่องมาจากค่าสีที่ตวงวัดนั้นตรวจวัดเฉพาะพื้นที่ผิวภายนอก แต่เมื่อทำการตีป่นเพื่อให้เปลือกทุเรียนที่อบแห้งเป็นผงแป้งทำให้สีภายในของเปลือกทุเรียนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลผสมออกมาด้วย จึงทำให้แป้งเปลือกทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาวกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 4-5

อย่างไรก็ตามวิธีที่ 3 นี้ได้มีการนำเปลือกทุเรียนผ่านความร้อนด้วยวิธีการต้มจึงเป็นการทำลายเอ็นไซม์ และสารแทนนิน แต่อาจมีผลทำให้โปรตีนเกิดการละลายออกมา จึงทำให้แป้งทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาว สว่างกว่าวิธีที่ 1 แต่น้อยกว่าวิธีที่ 2

ตารางที่ 4.8 ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนีก่อนการอบ ระหว่างการอบ หลังการอบ และแป้งเปลือกทุเรียนด้วยวิธีที่ 3 (BD-Boil Dry)

ระยะเวลา	ค่าสีของตัวอย่างเปลือกทุเรียน*		
	ความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง-เขียว (a*)	ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)
ก่อนการอบ	96.53±0.67**[a***]	2.67±0.58[e]	7.63±0.23[f]
ชั่วโมงที่ 1	95.77±0.51[a]	2.50±0.79[e]	10.16±0.15[e]
ชั่วโมงที่ 2	92.40±0.51[b]	3.47±0.60[d]	20.57±0.47[d]
ชั่วโมงที่ 3	89.47±0.17[c]	4.06±0.37[c]	33.67±0.60[c]
ชั่วโมงที่ 4	85.77±0.90[d]	5.63±0.70[b]	34.43±0.55[b]
ชั่วโมงที่ 5	84.67±0.71[f]	8.33±0.33[a]	36.27±0.25[a]
แป้งเปลือกทุเรียน	86.20±0.50[e]	2.68±0.070[e]	34.14±0.62[b]

* ตัวอย่างค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนีด้วยวิธีที่ 3 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับต้มกับน้ำให้เดือดพักให้เย็นบดให้ละเอียดนำไปอบแห้ง (BD-Boil Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.1.4 เปลือกทุเรียนผงพันธุ์หมอนทอง วิธีที่ 1

ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 1 (TD-Tray Dry) พบว่า ก่อนการอบมีค่าความสว่างมากที่สุดเมื่อทำการอบแห้งจนถึงชั่วโมงที่ 5 พบว่าค่าความสว่างลดลงเนื่องจากในระหว่างการให้ความร้อนเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยเอ็นไซม์ (enzymetic browning) เนื่องจากในเปลือกผลไม้มีสารแทนนินเมื่อเกิดการรวมตัวกับออกซิเจน และความร้อนจึงเกิดสีน้ำตาลขึ้น Ho and Rajeev (2015) รายงานว่าในเปลือกทุเรียนสดมีปริมาณของสารแทนนินอยู่ร้อยละ 1.37 จึงเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดสีคล้ำขึ้นเมื่อทำการอบแห้ง เมื่อค่าความสว่าง (L*) ลดลงมีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น

สำหรับค่าสีของแป้งเปลือกทุเรียนพันธ์ชะนีมีค่าความสว่างมากกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 2-5 เนื่องมาจากค่าสีที่ตรวจวัดนั้นตรวจวัดเฉพาะพื้นที่ผิวภายนอก แต่เมื่อทำการตีป่นเพื่อให้เปลือกทุเรียนที่อบแห้งเป็นผงแป้งทำให้สีภายในของเปลือกทุเรียนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลผสมออกมาด้วย จึงทำให้แป้งเปลือกทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาวกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 2-5

ตารางที่ 4.9 ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียนด้วยวิธีที่ 1 (TD-Tray Dry)

ระยะเวลา	ค่าสีของตัวอย่างเปลือกทุเรียน*		
	ความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง-เขียว (a*)	ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)
ก่อนการอบ	91.10±0.61**^{a***}	2.27±0.21^{c}	14.17±0.07^{e}
ชั่วโมงที่ 1	85.47±0.54^{c}	6.03±0.41^{b}	27.20±0.20^{d}
ชั่วโมงที่ 2	78.87±0.56^{d}	6.50±0.81^{b}	37.50±0.30^{c}
ชั่วโมงที่ 3	77.17±0.01^{d}	6.52±0.81^{b}	49.06±0.00^{b}
ชั่วโมงที่ 4	74.26±0.07^{e}	8.43±0.40^{a}	54.76±0.00^{b}
ชั่วโมงที่ 5	71.87±0.42^{f}	8.88±0.00^{a}	64.53±0.80^{a}
แป้งเปลือกทุเรียน	86.55±0.23^{b}	2.15±0.86^{c}	65.48±0.22^{a}

* ตัวอย่างค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองด้วยวิธีที่ วิธีที่ 1 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับนำไปอบแห้ง (TD-Tray Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.1.5 เปลือกทุเรียนผงพันธุ์หมอนทอง วิธีที่ 2

ค่าสีของเปลือกทุเรียนผงพันธุ์หมอนทอง ในวิธีที่ 2 เป็นการอบแห้ง ที่นำเปลือกทุเรียนนึ่งก่อนนำเข้าอบ เปลือกทุเรียนผงมีสีที่ค่อนข้างสว่าง อยู่ในช่วงสีเหลือง-น้ำตาลอ่อน มีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 98.77-93.56 เมื่อเปรียบเทียบกับการเตรียมเปลือกทุเรียนผงเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของเปลือกทุเรียนของ (Wong et al., 2008) มีค่าความสว่างเท่ากับ 67.11 เปลือกทุเรียนผงสำหรับวิธีที่ 2 นี้ถูกนำไปนึ่งก่อนทำการอบแห้ง เป็นการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิค ที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา คือ เอนไซมโพลีฟนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase-PPO) และ เปอร์ออกซิเดส (peroxidase-POD)

(Kowitcharoen and Srilaong, 2009) ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความสว่างของเปลือกทุเรียนภายหลังการอบเพื่อบดเป็นผง

ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 2 (SD-Stream Dry) พบว่า ก่อนการอบมีค่าความสว่างมากที่สุดเมื่อทำการอบแห้งจนถึงชั่วโมงที่ 5 พบว่าค่าความสว่างลดลงเนื่องจากในระหว่างการให้ความร้อนเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยความร้อนแบบไม่ใช้เอ็นไซม์ (non enzymetic browning) Minh (2014) รายงานว่าในเปลือกทุเรียนสดมีปริมาณของน้ำตาลอยู่ร้อยละ 28 จึงเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดสีคล้ำขึ้นเมื่อทำการอบแห้ง เมื่อค่าความสว่าง (L*) ลดลงมีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น สำหรับค่าสีของแป้งเปลือกทุเรียนพันธ์ชะนีในวิธีนี้มีค่าความสว่างมากกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 1-5 เนื่องมาจากค่าสีที่ตวงวัดนั้นตรวจวัดเฉพาะพื้นที่ผิวภายนอก แต่เมื่อทำการตีป่นเพื่อให้เปลือกทุเรียนที่อบแห้งเป็นผงแป้งทำให้สีภายในของเปลือกทุเรียนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลผสมออกมาด้วย จึงทำให้แป้งเปลือกทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาวกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 1-5 อย่างไรก็ตามวิธีที่ 2 นี้ได้มีการนำเปลือกทุเรียนผ่านความร้อนด้วยวิธีการนึ่งจึงเป็นการทำลายเอ็นไซม์ และสารแทนนินจึงทำให้แป้งทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาว สว่างกว่าวิธีที่ 1

ตารางที่ 4.10 ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 2 (SD-Stream Dry)

ระยะเวลา	ค่าสีของตัวอย่างเปลือกทุเรียน*		
	ความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง-เขียว (a*)	ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)
ก่อนการอบ	92.07±0.61**^{a***}	1.27±0.64^{f}	15.83±0.20^{f}
ชั่วโมงที่ 1	79.67±0.42^{c}	2.30±0.38^{e}	27.37±0.70^{e}
ชั่วโมงที่ 2	71.43±0.55^{d}	3.30±0.79^{d}	38.35±0.64^{d}
ชั่วโมงที่ 3	69.84.±0.40^{d}	4.50±0.52^{c}	48.83±0.23^{c}
ชั่วโมงที่ 4	68.20±0.61^{de}	5.17±0.15^{b}	51.36±0.05^{c}
ชั่วโมงที่ 5	67.66±0.12^{e}	8.48±0.02^{a}	62.13±0.90^{b}
แป้งเปลือกทุเรียน	89.65±0.23^{b}	3.11±0.86^{d}	66.28±0.42^{a}

* ตัวอย่างค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ด้วยวิธีที่ วิธีที่ 2 หั่นเปลือกออกจากนั้นหั่นเป็นแท่งหนานำไปนึ่งพักให้เย็นใส่เครื่องบดสับแล้วนำไปอบแห้ง (SD-Stream Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.1.6 เปลือกทุเรียนผงพันธุ์หมอนทอง วิธีที่ 3

ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 3 (BD-Boil Dry) พบว่า ก่อนการอบมีค่าความสว่างมากที่สุดเมื่อทำการอบแห้งจนถึงชั่วโมงที่ 5 พบว่าค่าความสว่างลดลงเนื่องจากในระหว่างการให้ความร้อนเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยความร้อนแบบไม่ใช้เอ็นไซม์ (non enzymetic browning) Minh (2014) รายงานว่าในเปลือกทุเรียนสดมีปริมาณของน้ำตาลอยู่ร้อยละ 28 จึงเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดสีคล้ำขึ้นโดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจเป็นปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard browning reaction) ซึ่งปฏิกิริยานี้จะมีสารประกอบโปรตีนร่วมด้วย โดยในเปลือกทุเรียนมีปริมาณโปรตีนอยู่ร้อยละ 3.15 (Unhasirikul et. al., 2013) เมื่อทำการอบแห้ง เมื่อค่าความสว่าง (L*) ลดลง มีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น สำหรับค่าสีของแป้งเปลือกทุเรียนพันธ์หมอนทองในวิธีนี้มีค่าความสว่างมากกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 3-5 เนื่องมาจากค่าสีที่ตรวจวัดนั้นตรวจวัดเฉพาะพื้นที่ผิวภายนอก แต่เมื่อทำการตีป่นเพื่อให้เปลือกทุเรียนที่อบแห้งเป็นผงแป้งทำให้สีภายในของเปลือกทุเรียนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลผสมออกมาด้วย จึงทำให้แป้งเปลือกทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาวกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 3-5

ตารางที่ 4.11 ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 3 (BD-Boil Dry)

ระยะเวลา	ค่าสีของตัวอย่างเปลือกทุเรียน*		
	ความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง-เขียว (a*)	ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)
ก่อนการอบ	98.77±0.62**^{a***}	1.60±0.10^{e}	5.20±0.20^{g}
ชั่วโมงที่ 1	86.17±0.15^{b}	2.56±0.38^{d}	10.10±0.99^{f}
ชั่วโมงที่ 2	83.86±0.87^{c}	3.87±0.20^{c}	22.97±0.00^{e}
ชั่วโมงที่ 3	72.67±0.40^{c}	4.50±0.26^{b}	24.46±0.96^{d}
ชั่วโมงที่ 4	68.20±0.00^{e}	9.64±0.49^{a}	38.20±0.22^{c}
ชั่วโมงที่ 5	64.33±0.35^{f}	9.93±0.47^{a}	42.30±0.40^{b}
แป้งเปลือกทุเรียน	79.12±0.70^{d}	3.54±0.14^{c}	55.51±0.20^{a}

* ตัวอย่างค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ด้วยวิธีที่ วิธีที่ 3 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับต้มกับน้ำให้เดือดพักให้เย็นบดให้ละเอียดนำไปอบแห้ง (BD-Boil Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.1.7 เปลือกทุเรียนผงพันธุ์ก้านยาว วิธีที่ 1

ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาวก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 1 (TD-Tray Dry) พบว่า ก่อนการอบมีค่าความสว่างมากที่สุดเมื่อทำการอบแห้งจนถึงชั่วโมงที่ 5 พบว่าค่าความสว่างลดลงเนื่องจากในระหว่างการให้ความร้อนเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยเอ็นไซม์ (enzymetic browning) เนื่องจากในเปลือกผลไม้มีสารแทนนินเมื่อเกิดการรวมตัวกับออกซิเจิน และความร้อนจึงเกิดสีน้ำตาลขึ้น Ho and Rajeev (2015) รายงานว่าในเปลือกทุเรียนสดมีปริมาณของสารแทนนินอยู่ร้อยละ 1.37 จึงเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดสีคล้ำขึ้นเมื่อทำการอบแห้ง เมื่อค่าความสว่าง (L*) ลดลงมีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น

สำหรับค่าสีของแป้งเปลือกทุเรียนพันธ์ชะนีมีค่าความสว่างมากกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 2-5 เนื่องมาจากค่าสีที่ตรวจวัดนั้นตรวจวัดเฉพาะพื้นที่ผิวภายนอก แต่เมื่อทำการตีป่นเพื่อให้เปลือกทุเรียนที่อบแห้งเป็นผงแป้งทำให้สีภายในของเปลือกทุเรียนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลผสมออกมาด้วย จึงทำให้แป้งเปลือกทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาวกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 2-5

ตารางที่ 4.12 ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาวก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียนด้วยวิธีที่ 1 (TD-Tray Dry)

ระยะเวลา	ค่าสีของตัวอย่างเปลือกทุเรียน*		
	ความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง-เขียว (a*)	ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)
ก่อนการอบ	93.87±0.15**^{a***}	1.60±0.10^{e}	5.20±0.20^{f}
ชั่วโมงที่ 1	88.30±1.42^{b}	9.93±1.17^{c}	14.57±0.35^{e}
ชั่วโมงที่ 2	77.47±0.75^{c}	10.90±1.11^{b}	15.36±0.96^{e}
ชั่วโมงที่ 3	74.67±0.74^{d}	11.77±1.43^{a}	17.93±0.37^{d}
ชั่วโมงที่ 4	62.70±0.52^{e}	11.47±0.09^{a}	18.33±0.21^{c}
ชั่วโมงที่ 5	61.40±0.70^{f}	11.53±0.71^{a}	19.43±0.70^{b}
แป้งเปลือกทุเรียน	79.58±0.45^{bc}	4.11±0.70^{d}	49.54±0.40^{a}

* ตัวอย่างค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาว ด้วยวิธีที่ วิธีที่ 1 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับนำไปอบแห้ง (TD-Tray Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.1.8 เปลือกทุเรียนผงพันธุ์ก้านยาว วิธีที่ 2

ค่าสีของเปลือกทุเรียนผงพันธุ์ก้านยาว ในวิธีที่ 2 เป็นการอบแห้ง ที่นำเปลือกทุเรียนนึ่งก่อนนำเข้าอบ เปลือกทุเรียนผงมีสีที่ค่อนข้างสว่าง อยู่ในช่วงสีเหลือง-น้ำตาลอ่อน มีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 73.00-59.65 เมื่อเปรียบเทียบกับการเตรียมเปลือกทุเรียนผงเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของเปลือกทุเรียนของ (Wong et al., 2008) มีค่าความสว่างเท่ากับ 67.11 เปลือกทุเรียนผงสำหรับวิธีที่ 2 นี้ถูกนำไปนึ่งก่อนทำการอบแห้ง เป็นการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิค ที่มีเอนไซม์เป็นตัวเรงปฏิกิริยา คือ เอนไซมโพลีฟนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase-PPO) และ เปอร์ออกซิเดส (peroxidase-POD) (Kowitcharoen and Srilaong, 2009) ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความสว่างของเปลือกทุเรียนภายหลังการอบเพื่อบดเป็นผง

ตารางที่ 4.13 ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาวก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียนด้วยวิธีที่ 2 (SD-Stream Dry)

ระยะเวลา	ค่าสีของตัวอย่างเปลือกทุเรียน*		
	ความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง-เขียว (a*)	ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)
ก่อนการอบ	93.07±0.61**[a***]	1.67±0.64[a]	17.84±0.20[f]
ชั่วโมงที่ 1	78.67±0.42[c]	2.74±0.38[b]	38.27±0.70[e]
ชั่วโมงที่ 2	76.46±0.55[d]	3.55±0.79[c]	49.45±0.64[d]
ชั่วโมงที่ 3	75.92.±0.40[d]	4.62±0.52[d]	57.33±0.23[c]
ชั่วโมงที่ 4	73.23±0.61[de]	5.71±0.15[e]	58.36±0.05[c]
ชั่วโมงที่ 5	72.62±0.12[e]	8.79±0.02[f]	63.13±0.90[b]
แป้งเปลือกทุเรียน	89.46±0.23[b]	3.67±0.86[c]	67.28±0.42[a]

* ตัวอย่างค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาว ด้วยวิธีที่ 2 หั่นเปลือกออกจากนั้นหั่นเป็นแท่งหนานำไปนึ่งพักให้เย็นใส่เครื่องบดสับแล้วนำไปอบแห้ง (SD-Stream Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาวก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 2 (SD-Stream Dry) พบว่า ก่อนการอบมีค่าความสว่างมากที่สุดเมื่อทำการอบแห้งจนถึงชั่วโมงที่ 5 พบว่าค่าความสว่างลดลงเนื่องจากในระหว่างการให้ความร้อนเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยความ

ร้อนแบบไม่ใช้เอ็นไซม์ (non enzymetic browning) Minh (2014) รายงานว่าในเปลือกทุเรียนสดมีปริมาณของน้ำตาลอยู่ร้อยละ 28 จึงเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดสีคล้ำขึ้นเมื่อทำการอบแห้ง เมื่อค่าความสว่าง (L*) ลดลงมีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น สำหรับค่าสีของแป้งเปลือกทุเรียนพันธ์ชะนีในวิธีนี้มีค่าความสว่างมากกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 1-5 เนื่องมาจากค่าสีที่ตวงวัดนั้นตรวจวัดเฉพาะพื้นที่ผิวภายนอก แต่เมื่อทำการตีป่นเพื่อให้เปลือกทุเรียนที่อบแห้งเป็นผงแป้งทำให้สีภายในของเปลือกทุเรียนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลผสมออกมาด้วย จึงทำให้แป้งเปลือกทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาวกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 1-5 อย่างไรก็ตาม วิธีที่ 2 นี้ได้มีการนำเปลือกทุเรียนผ่านความร้อนด้วยวิธีการนึ่งจึงเป็นการทำลายเอ็นไซม์ และสารแทนนินจึงทำให้แป้งทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาว สว่างกว่าวิธีที่ 1

4.3.1.9 เปลือกทุเรียนผงพันธุ์ก้านยาว วิธีที่ 3

ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาวก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยวิธีที่ 3 (BD-Boil Dry) พบว่า ก่อนการอบมีค่าความสว่างมากที่สุดเมื่อทำการอบแห้งจนถึงชั่วโมงที่ 5 พบว่าค่าความสว่างลดลงเนื่องจากในระหว่างการให้ความร้อนเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยความร้อนแบบไม่ใช้เอ็นไซม์ (non enzymetic browning) Minh (2014) รายงานว่าในเปลือกทุเรียนสดมีปริมาณของน้ำตาลอยู่ร้อยละ 28 จึงเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดสีคล้ำขึ้นโดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจเป็นปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard browning reaction) ซึ่งปฏิกิริยานี้จะมีสารประกอบโปรตีนร่วมด้วย โดยในเปลือกทุเรียนมีปริมาณโปรตีนอยู่ร้อยละ 3.15 (Unhasirikul et. al., 2013) เมื่อทำการอบแห้ง เมื่อค่าความสว่าง (L*) ลดลง มีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น สำหรับค่าสีของแป้งเปลือกทุเรียนพันธ์ก้านยาวในวิธีนี้มีค่าความสว่างมากกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 3-5 เนื่องมาจากค่าสีที่ตรวจวัดนั้นตรวจวัดเฉพาะพื้นที่ผิวภายนอก แต่เมื่อทำการตีป่นเพื่อให้เปลือกทุเรียนที่อบแห้งเป็นผงแป้งทำให้สีภายในของเปลือกทุเรียนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลผสมออกมาด้วย จึงทำให้แป้งเปลือกทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาวกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 3-5

สำหรับค่าสีของแป้งเปลือกทุเรียนพันธ์ก้านยาวในวิธีนี้มีค่าความสว่างมากกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 4-5 เนื่องมาจากค่าสีที่ตวงวัดนั้นตรวจวัดเฉพาะพื้นที่ผิวภายนอก แต่เมื่อทำการตีป่นเพื่อให้เปลือกทุเรียนที่อบแห้งเป็นผงแป้งทำให้สีภายในของเปลือกทุเรียนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลผสมออกมาด้วย จึงทำให้แป้งเปลือกทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาวกว่าเปลือกทุเรียนในชั่วโมงที่ 4-5

อย่างไรก็ตามวิธีที่ 3 นี้ได้มีการนำเปลือกทุเรียนผ่านความร้อนด้วยวิธีการต้มจึงเป็นการทำลายเอ็นไซม์ และสารแทนนิน แต่อาจมีผลทำให้โปรตีนเกิดการละลายออกมา จึงทำให้แป้งทุเรียนที่ได้มีสีที่ขาว สว่างกว่าวิธีที่ 1 แต่น้อยกว่าวิธีที่ 2

ตารางที่ 4.14 ค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาวก่อนการอบ ระหว่างการอบ และแป้งเปลือกทุเรียนด้วยวิธีที่ 3 (BD-Boil Dry)

ระยะเวลา	ค่าสีของตัวอย่างเปลือกทุเรียน*		
	ความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง-เขียว (a*)	ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)
ก่อนการอบ	95.53±0.51**^{a***}	2.10±0.55^{f}	9.80±0.55^{g}
ชั่วโมงที่ 1	92.50±0.15^{b}	2.64±0.26^{e}	10.33±0.71^{f}
ชั่วโมงที่ 2	80.29±0.42^{c}	4.60±0.60^{d}	15.58±0.33^{e}
ชั่วโมงที่ 3	75.03±0.36^{d}	5.32±0.26^{c}	18.65±0.23^{d}
ชั่วโมงที่ 4	73.25±0.71^{e}	7.67±0.64^{b}	20.00±0.25^{c}
ชั่วโมงที่ 5	72.45±0.24^{f}	8.63±0.04^{a}	21.37±0.41^{b}
แป้งเปลือกทุเรียน	81.12±0.34^{c}	7.74±0.19^{b}	47.10±0.90^{a}

* ตัวอย่างค่าสีเปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาว ด้วยวิธีที่ 3 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับต้มกับน้ำให้เดือดพักให้เย็นบดให้ละเอียดนำไปอบแห้ง (BD-Boil Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.2 ค่าความเป็นกรด-เบส

ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของเปลือกทุเรียนสด และเปลือกทุเรียนผง มีค่าอยู่ในช่วงความเป็นกรด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.30-5.77 โดยทั้วไปเปลือกผลไม้จะมีสารประกอบหลายชนิด ทุเรียนเป็นผลไม้ที่เหมือนกับผลไม้ทั่วไป ในเปลือกจึงมีองค์ประกอบที่คล้ายกับผลไม้ส่วนใหญ่ ซึ่งในเปลือกผลไม้จะมีสารประกอบประเภท แทนนิน สารประกอบฟีนอลิค เป็นต้น

ตารางที่ 4.15 ค่าความเป็นกรด-ด่างของเปลือกทุเรียนสดและแป้งเปลือกทุเรียน

สายพันธุ์ทุเรียน	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)*		
	TD	SD	BD
ทุเรียนพันธุ์ชะนี			
เปลือกทุเรียนสด	5.77±0.90**[a]***	5.30±0.90 [a]	5.77±0.90 [a]
แป้งเปลือกทุเรียน	5.30±0.20 [a]	5.52±0.28 [a]	5.63±0.15 [a]
ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง			
เปลือกทุเรียนสด	5.74±0.90[a]	5.27±0.90 [a]	5.76±0.90 [a]
แป้งเปลือกทุเรียน	5.32±0.20 [a]	5.42±0.28 [a]	5.32±0.15 [a]
ทุเรียนพันธุ์ก้านยาว			
เปลือกทุเรียนสด	5.67±0.90[a]	5.66±0.90 [a]	5.74±0.90 [a]
แป้งเปลือกทุเรียน	5.31±0.20 [a]	5.42±0.28 [a]	5.53±0.15 [a]

* ตัวอย่างค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเปลือกทุรียนที่มีวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันวิธีที่ 1 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับนำไปอบแห้ง (TD-Tray Dry) วิธีที่ 2 หั่นเปลือกออกจากนั้นหั่นเป็นแท่งหนานำไปนึ่งพักให้เย็นใส่เครื่องบดสับแล้วนำไปอบแห้ง (SD-Stream Dry) ส่วนวิธีที่ 3 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับต้มกับน้ำให้เดือดพักให้เย็นบดให้ละเอียดนำไปอบแห้ง (BD-Boil Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.3 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

เปลือกทุเรียนผงสายพันธุ์ชะนี พันธุ์หมอนทอง และพันธุ์ก้านยาว มีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) 0.21-0.23 ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ปริมาณน้ำอิสระของแป้งเปลือกทุเรียน 3 สายพันธุ์

สายพันธุ์ทุเรียน	ปริมาณน้ำอิสระ, aw (ร้อยละ)		
	TD	SD	BD
ทุเรียนชะนี^{ns}	0.21±0.11	0.23±0.13	0.22±0.13
ทุเรียนหมอนทอง^{ns}	0.23±0.12	0.22±0.14	0.23±0.11
ทุเรียนก้านยาว^{ns}	0.22±0.15	0.23±0.11	0.21±0.12

* ปริมาณน้ำอิสระ, aw ของตัวอย่างเปลือกทุรียนพันธุ์ชะนีที่มีวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันวิธีที่ 1 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับนำไปอบแห้ง (TD-Tray Dry) วิธีที่ 2 หั่นเปลือกออกจากนั้นหั่นเป็นแท่งหนานำไปนึ่งพักให้เย็นใส่เครื่องบดสับแล้วนำไปอบแห้ง (SD-Stream Dry) ส่วนวิธีที่ 3 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับต้มกับน้ำให้เดือดพักให้เย็นบดให้ละเอียดนำไปอบแห้ง (BD-Boil Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.4 ความข้นหนืด

เปลือกทุเรียนผงสายพันธุ์ชะนี พันธุ์หมอนทอง และพันธุ์ก้านยาวมีค่าความหนืด 71.13-462.52 ความหนืดที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากในเปลือกทุเรียนมีสารประกอบประเภทโพลีแซคคาไรด์ ที่มีความสามารถพองตัว และละลายได้ในน้ำเป็นสารข้นหนืด โพลีแซคคาไรด์ที่พบ คือ เพคตินเป็นใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำได้ เป็นสารประกอบจำพวกพอลิแซ็คคาไรด์ที่มีนำหนักโมเลกุลมาก มีโครงสร้างหลักเป็นกรดกาแลคทูโรนิกต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1-4 ไกลโคซิดิก (Wong et. al., 2008) พบมากที่ผนังเซลล์ของพืชในชันเปลือกผลชันกลาง (albedo) รวมกับเนื้อเยื่อพืชอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ เช่น โปรโตเพคติน หรืออยู่รวมกับสารอื่น ในเปลือกทุเรียนพบเพคตินอยู่ร้อยละ 9.1 (Maran, 2014)

ตารางที่ 4.17 ความข้นหนืดของแป้งเปลือกทุเรียน 3 สายพันธุ์

สายพันธุ์ทุเรียน	ความข้นหนืด (RVA) ตัวอย่างเปลือกทุเรียน*		
	TD	SD	BD
ทุเรียนชะนี			
Peak viscosity (RVU)	86.59±0.61**^{c***}	361.46±0.22^{b}	412.07±0.00^{a}
Holding strength (RVU)	80.35±0.29^{b}	312.26±0.41^{a}	324.64±0.38^{a}
Final viscosity (RVU)	171.47±0.51^{c}	415.15±0.67^{a}	379.49±0.28^{b}
ทุเรียนหมอนทอง			
Peak viscosity (RVU)	118.01±0.36^{c}	149.55±0.27^{b}	285.91±0.47^{a}
Holding strength (RVU)	107.35±0.22^{c}	124.51±0.39^{b}	234.59±0.43^{a}
Final viscosity (RVU)	222.01±0.18^{c}	384.93±0.24^{b}	541.36±0.28^{a}
ทุเรียนก้านยาว			
Peak viscosity (RVU)	77.23±0.24^{c}	173.48±0.62^{b}	348.69±0.34^{a}
Holding strength (RVU)	71.13±0.46^{c}	165.14±0.54^{b}	330.49±0.18^{a}
Final viscosity (RVU)	150.04±0.44^{c}	431.59±0.57^{b}	462.52±0.25^{a}

* ความข้นหนืด (RVA)ของตัวอย่างเปลือกทุรียนพันธุ์ชะนีที่มีวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันวิธีที่ 1 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับนำไปอบแห้ง (TD-Tray Dry) วิธีที่ 2 หั่นเปลือกออกจากนั้นหั่นเป็นแท่งหนานำไปนึ่งพักให้เย็นใส่เครื่องบดสับแล้วนำไปอบแห้ง (SD-Stream Dry) ส่วนวิธีที่ 3 หั่นเปลือกออกใส่เครื่องบดสับต้มกับน้ำให้เดือดพักให้เย็นบดให้ละเอียดนำไปอบแห้ง (BD-Boil Dry)

** ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

*** อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.4 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี

4.1.1 ข้อมูลพื้นฐานในการถ่ายทอดเทคโนโลยี

คณะผู้วิจัยได้พิจารณาบุคคลที่สนใจ สำรวจความต้องการของกลุ่มเป้าหมายในการฝึกอบรมการผลิตแป้งจากเปลือกทุเรียน ที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งเพื่อบริโภคโดยการใช้แบบสอบถามประเมินความต้องการเข้ารับการฝึกอบรม ได้แก่ กลุ่มชุมชน วิสาหกิจชุมชน กลุ่มแม่บ้าน สถานศึกษา สถานประกอบการที่ผลิตอาหารแปรรูป ฯ

4.1.2 ผลการประเมินความพึงพอใจจากถ่ายทอดเทคโนโลยี

4.1.2.1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบประเมิน

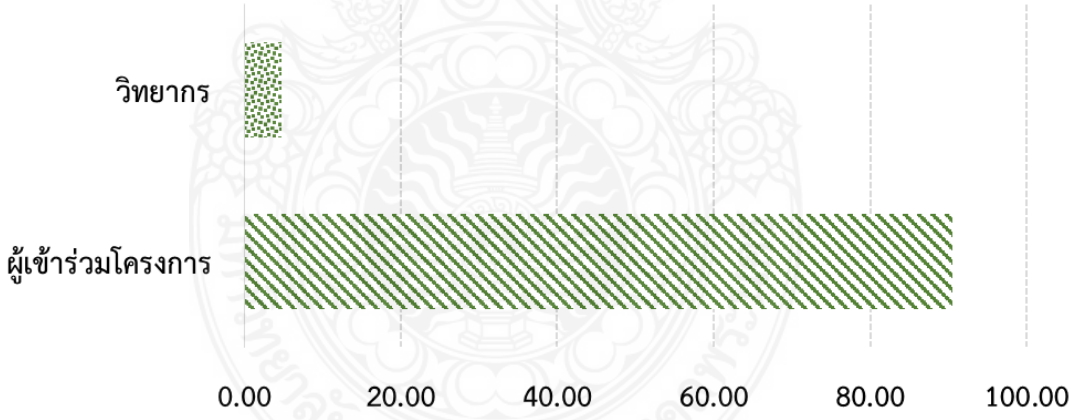
4.1.2.1.1 สถานภาพ

ผู้เข้าร่วมโครงการมีจำนวนทั้งสิ้น 40 คน ได้แก่ วิทยากร จำนวน 2 คน ผู้เข้าร่วมโครงการ จำนวน 40 คน ผู้ตอบแบบประเมิน จำนวน 38 คน ส่วนใหญ่เป็นผู้เข้าร่วมโครงการ จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 จำนวนผู้ตอบแบบประเมินจำแนกตามสถานภาพ

(n=38)

สถานภาพ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ผู้เข้าร่วมโครงการ	38	90.48
วิทยากร	2	4.76
ผู้ช่วยวิทยากร	0	0.00
คณะทำงาน/กรรมการโครงการ	0	0.00
รวม	**40**	**100.00**



ภาพที่ 4.1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมโครงการ

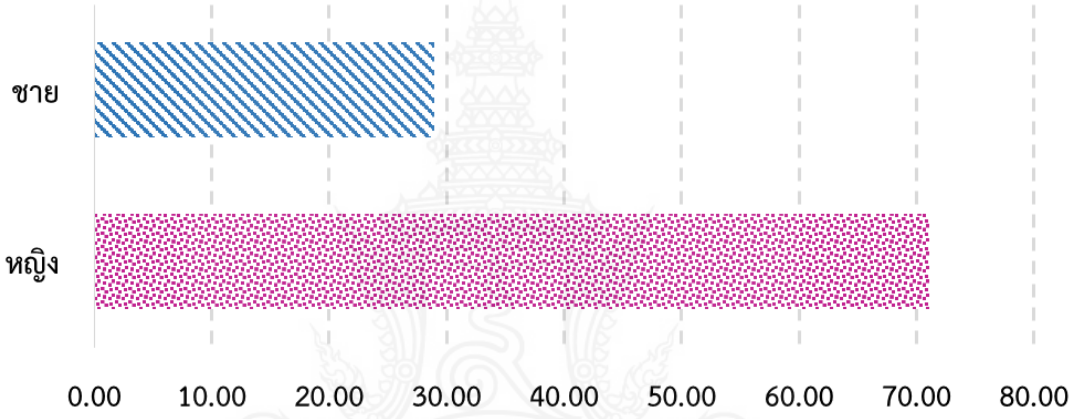
4.1.2.1.2 เพศ

ผู้ตอบแบบประเมิน จำนวน 38 คน เป็นเพศชาย จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 28.95 และเพศหญิง จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 71.05 ดังตารางที่ 4.19 ภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.19 ร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี จำแนกตามเพศ

(N=38)

เพศ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ชาย	11	28.95
หญิง	27	71.05
รวม	**38**	**100.00**



ภาพที่ 4.2 ข้อมูลของผู้เข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีจำแนกตามเพศ

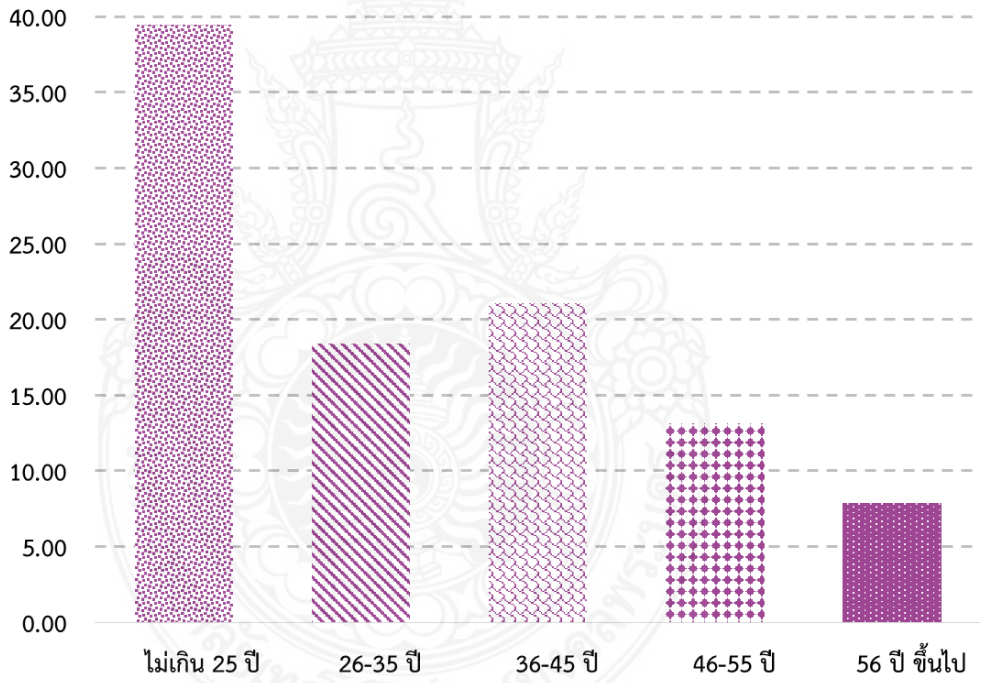
4.1.2.1.3 อายุ

ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี จำแนกตามอายุ พบว่า ส่วนใหญ่มีอายุ 46-55 ปี คิดเป็น 42 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาอายุ 36-45 ปี คิดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาอายุ ไม่เกิน 25 ปี คิดเป็น 18 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาอายุ 56 ปีขึ้นไป คิดเป็น 16 เปอร์เซ็นต์ และผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีช่วงอายุ 26-35 ปี คิดเป็น 4 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4.21 ภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.20 ร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี จำแนกตามอายุ

(N=38)

อายุ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ไม่เกิน 25 ปี	1	2.5
26-35 ปี	4	10
36-45 ปี	10	25
46-55 ปี	11	27.5
56 ปี ขึ้นไป	14	35
รวม	**40**	**100.00**



ภาพที่ 4.3 ข้อมูลของผู้เข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีจำแนกตามอายุ

4.1.2.2 ความพึงพอใจของการได้รับการบริการของเจ้าหน้าที่

ความพึงพอใจของการได้รับการบริการของเจ้าหน้าที่ ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลการศึกษาพบว่าผู้ที่ได้รับการการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีความพึง

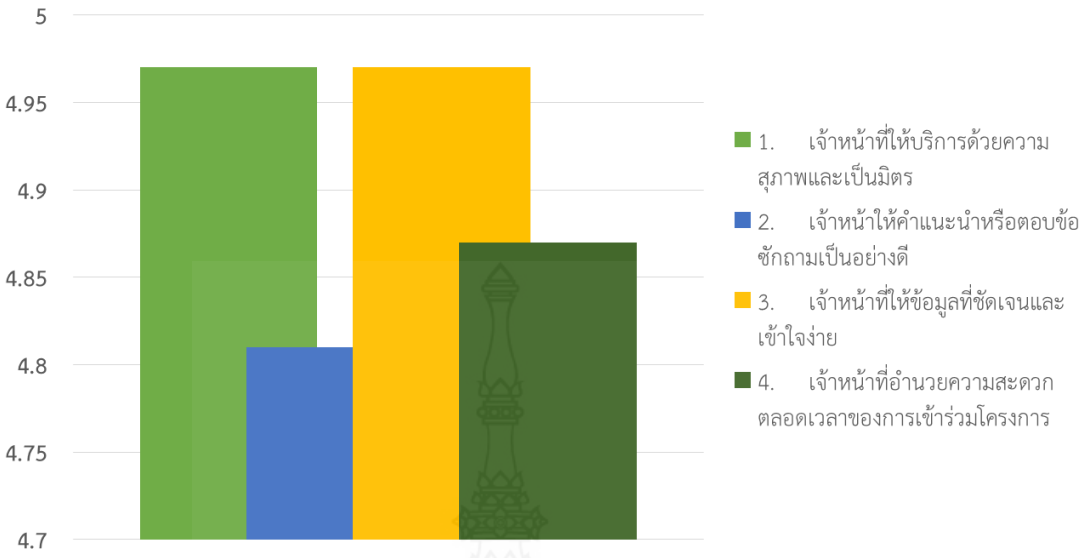
พอใจต่อการให้บริการของเจ้าหน้าที่อยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็น 90.63 เปอร์เซ็นต์ และระดับมาก คิดเป็น 8.75 เปอร์เซ็นต์ และปานกลาง คิดเป็น 0.63 เปอร์เซ็นต์

เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมจะพบว่า ผู้ที่ได้รับการการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีความพึงพอใจต่อการให้บริการของเจ้าหน้าที่อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.90

ตารางที่ 4.21 ค่าคะแนนความพึงพอใจของการได้รับการบริการของเจ้าหน้าที่ ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

(N=38)

ด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่	ระดับความพึงพอใจ					$\bar{X}$	S.D.	การแปลความหมาย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
	%	%	%	%	%			
1. เจ้าหน้าที่ให้บริการด้วยความสุภาพและเป็นมิตร	95	5	-	-	-	4.97	0.18	มากที่สุด
2. เจ้าหน้าให้คำแนะนำหรือตอบข้อซักถามเป็นอย่างดี	97.5	2.5	-	-	-	4.81	0.40	มากที่สุด
3. เจ้าหน้าที่ให้ข้อมูลที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย	87.5	10	2.5	-	-	4.97	0.18	มากที่สุด
4. เจ้าหน้าที่อำนวยความสะดวกตลอดเวลาของการเข้าร่วมโครงการ	82.5	17.5	-	-	-	4.87	0.34	มากที่สุด
ผลรวม	**362.5**	**35**	**2.5**	**-**	**-**	**19.62**	**1.1**	
ค่าเฉลี่ย	**90.62**	**8.75**	**2.5**	**-**	**-**	**4.91**	**0.28**	มากที่สุด



ภาพที่ 4.4 คะแนนความพึงพอใจของการได้รับการบริการของเจ้าหน้าที่ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

4.1.2.3 ค่าความพึงพอใจของด้านวิทยากร

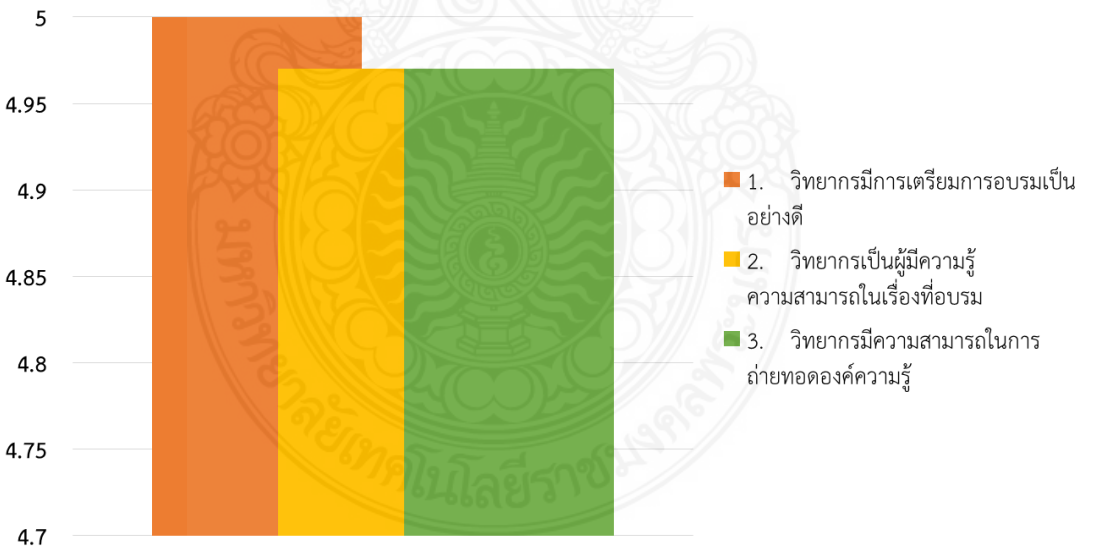
ค่าความพึงพอใจของด้านวิทยากร ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลการศึกษาพบว่าผู้ที่ได้รับการการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีความพึงพอใจด้านวิทยากรอยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็น 90.00 เปอร์เซ็นต์ และระดับมาก คิดเป็น 10.00 เปอร์เซ็นต์

เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมจะพบว่า ผู้ที่ได้รับการการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีความพึงพอใจด้านวิทยากรอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.90

ตารางที่ 4.22 ค่าคะแนนความพึงพอใจของด้านวิทยากร ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

(N=38)

ด้านวิทยากร	ระดับความพึงพอใจ					$\bar{X}$	S.D.	การแปลความหมาย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
	%	%	%	%	%			
1. วิทยากรมีการเตรียมการอบรมเป็นอย่างดี	100	-	-	-	-	5.00	0.00	มากที่สุด
2. วิทยากรเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องที่อบรม	90	10	-	-	-	4.97	0.18	มากที่สุด
3. วิทยากรมีความสามารถในการถ่ายทอดองค์ความรู้	87.5	12.5	-	-	-	4.97	0.18	มากที่สุด
ผลรวม	278	22.5	-	-	-	14.94	0.36	
ค่าเฉลี่ย	92.5	12	-	-	-	4.98	0.12	**มากที่สุด**



ภาพที่ 4.5 คะแนนความพึงพอใจด้านวิทยากร ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

4.1.2.4 ค่าความพึงพอใจของด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการให้บริการ

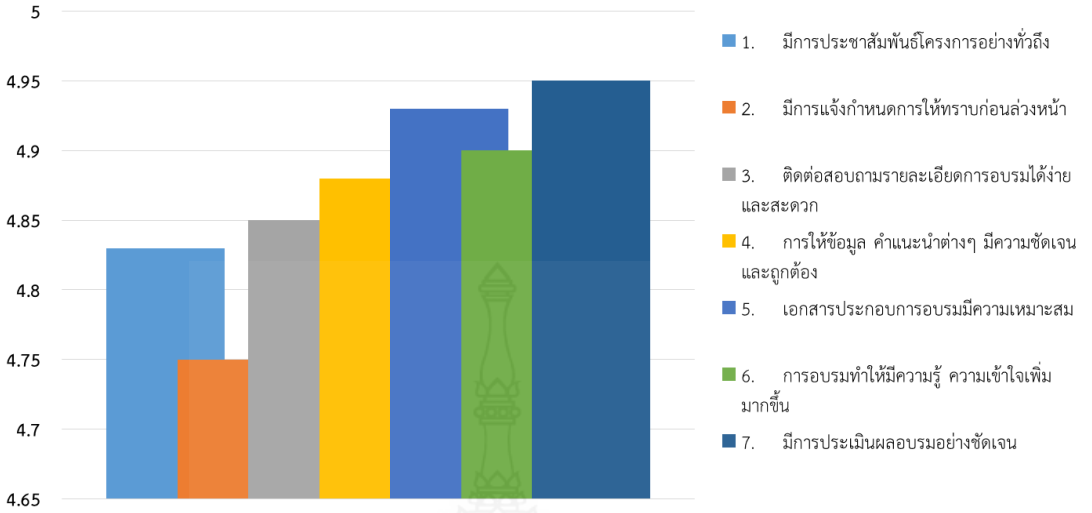
ค่าความพึงพอใจของด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการให้บริการ ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลการศึกษาพบว่าผู้ที่ได้รับการการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีความพึงพอใจด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการให้บริการ อยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็น 88.57 เปอร์เซ็นต์ ระดับมาก คิดเป็น 9.64 เปอร์เซ็นต์ และ ปานกลาง คิดเป็น 1.79 เปอร์เซ็นต์

เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมจะพบว่า ผู้ที่ได้รับการการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีความพึงพอใจด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการให้บริการ อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.87

ตารางที่ 4.23 ค่าคะแนนกระบวนการ/ขั้นตอนการให้บริการ ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

(N=38)

กระบวนการ/ขั้นตอนการให้บริการ	ระดับความพึงพอใจ					$\bar{X}$	S.D.	การแปลความหมาย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
	%	%	%	%	%			
1. มีการประชาสัมพันธ์โครงการอย่างทั่วถึง	85	12.5	2.5	-	-	4.83	0.45	มากที่สุด
2. มีการแจ้งกำหนดการให้ทราบก่อนล่วงหน้า	77.5	20	2.5	-	-	4.75	0.49	มากที่สุด
3. ติดต่อสอบถามรายละเอียดการอบรมได้ง่ายและสะดวก	87.5	10	2.5	-	-	4.85	0.43	มากที่สุด
4. การให้ข้อมูล คำแนะนำต่างๆ มีความชัดเจนและถูกต้อง	90	7.5	2.5	-	-	4.88	0.40	มากที่สุด
5. เอกสารประกอบการอบรมมีความเหมาะสม	95	2.5	2.5	-	-	4.93	0.35	มากที่สุด
6. การอบรมทำให้มีความรู้ ความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น	90	10	-	-	-	4.90	0.30	มากที่สุด
7. มีการประเมินผลอบรมอย่างชัดเจน	95	5	-	-	-	4.95	0.22	มากที่สุด
ผลรวม	620	67.5	12.5	-		34.09	2.64	
ค่าเฉลี่ย	**88.57**	**9.64**	**1.79**	**-**		**4.87**	**0.38**	**มากที่สุด**



ภาพที่ 4.6 คะแนนความพึงพอใจต่อกระบวนการ/ขั้นตอนการให้บริการที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

4.1.2.5 ค่าความพึงพอใจของด้านสิ่งอำนวยความสะดวก

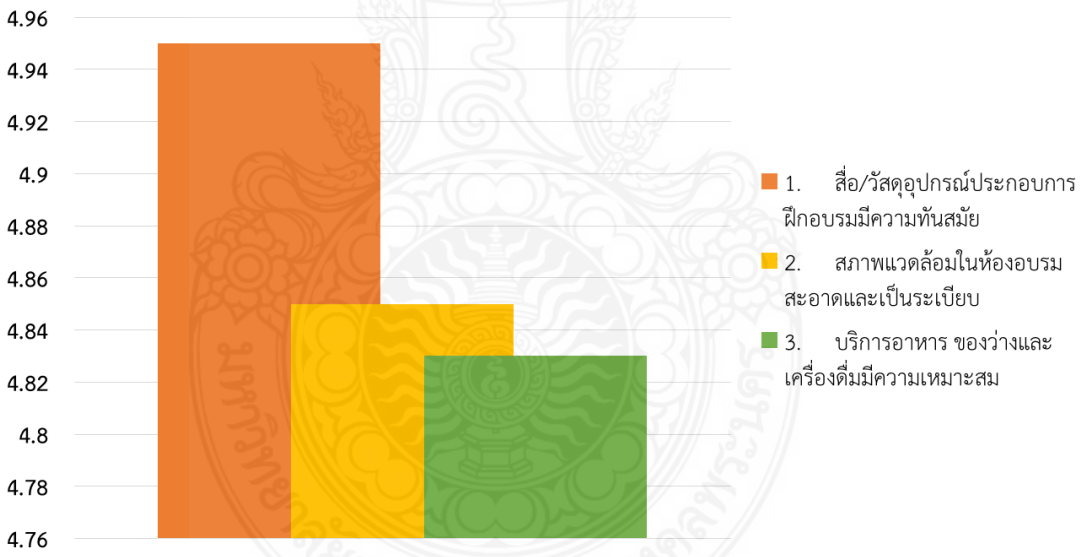
ค่าความพึงพอใจของด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลการศึกษาพบว่าผู้ที่ได้รับการการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีความพึงพอใจด้านสิ่งอำนวยความสะดวกอยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็น 88.33 เปอร์เซ็นต์ ระดับมาก คิดเป็น 10.83 เปอร์เซ็นต์ ปานกลาง คิดเป็น 0.83 เปอร์เซ็นต์

เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมจะพบว่า ผู้ที่ได้รับการการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีความพึงพอใจด้านสิ่งอำนวยความสะดวกอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.88

ตารางที่ 4.24 ค่าคะแนนสิ่งอำนวยความสะดวก ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

(N=38)

สิ่งอำนวยความสะดวก	ระดับความพึงพอใจ					$\bar{X}$	S.D.	การแปลความหมาย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
	%	%	%	%	%			
1. สื่อ/วัสดุอุปกรณ์ประกอบการฝึกอบรมมีความทันสมัย	95	5	-	-	-	4.95	0.22	มากที่สุด
2. สภาพแวดล้อมในห้องอบรมสะอาดและเป็นระเบียบ	87.5	10	2.5	-	-	4.85	0.43	มากที่สุด
3. บริการอาหาร ของว่างและเครื่องดื่มมีความเหมาะสม	82.5	17.5	-	-	-	4.83	0.38	มากที่สุด
ผลรวม	**265**	**32.49**	**2.5**	**-**	**-**	**14.63**	**1.03**	
ค่าเฉลี่ย	**88.33**	**10.83**	**0.83**	**-**	**-**	**4.88**	**0.34**	**มากที่สุด**



ภาพที่ 4.7 คะแนนภูมิความพึงพอใจด้านวิทยากร ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

4.1.2.6 ค่าความพึงพอใจของด้านประโยชน์จากการรับบริการ

ค่าความพึงพอใจของด้านประโยชน์จากการรับบริการ ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลการศึกษาพบว่าผู้ที่ได้รับการการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีความพึง

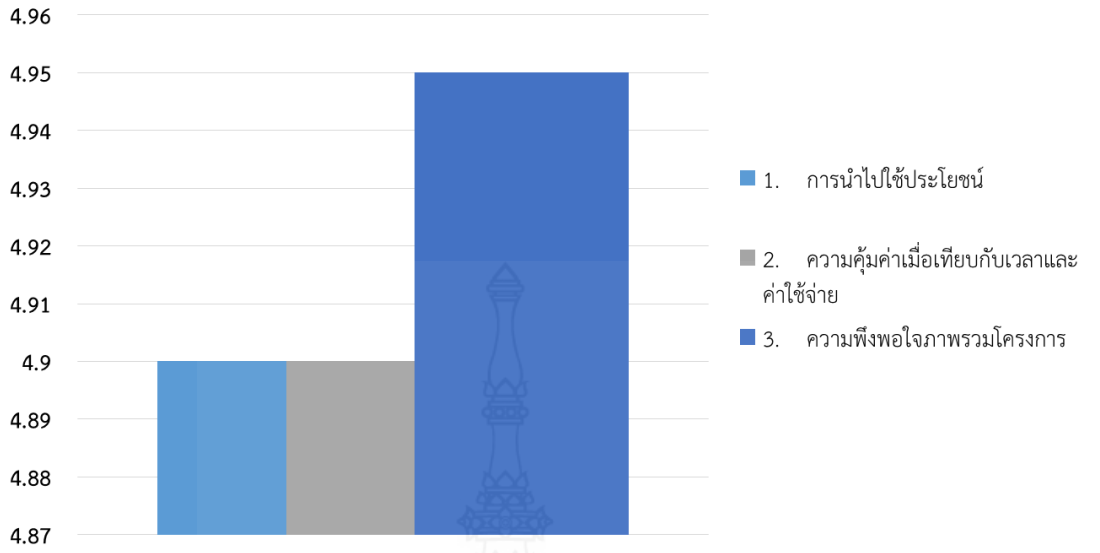
พอใจด้านประโยชน์จากการรับบริการ อยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็น 91.67 เปอร์เซ็นต์ และ ระดับมาก คิดเป็น 8.33 เปอร์เซ็นต์

เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมจะพบว่า ผู้ที่ได้รับการการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีความพึงพอใจด้านประโยชน์จากการรับบริการอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.67

ตารางที่ 4.25 ค่าคะแนนความพึงพอใจของด้านประโยชน์จากการรับบริการ

(N=38)

ประโยชน์จากการรับบริการ	ระดับความพึงพอใจ					$\bar{X}$	S.D.	การแปลความหมาย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
	%	%	%	%	%			
1. การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	90	10	-	-	-	4.90	0.30	มากที่สุด
2. ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่าย	90	10	-	-	-	4.90	0.30	มากที่สุด
3. ความพึงพอใจภาพรวมโครงการ	95	5	-	-	-	4.95	0.22	มากที่สุด
ผลรวม	275	25	-	-	-	14.75	0.82	
ค่าเฉลี่ย	91.67	8.33	-	-	-	4.92	0.27	มากที่สุด



ภาพที่ 4.8 คะแนนความพึงพอใจต่อประโยชน์จากการรับบริการ ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

หมายเหตุ : เกณฑ์การพิจารณาค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ยระหว่าง	4.50-5.00	พึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	3.50-4.49	พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	2.50-3.49	พึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	1.50-2.49	พึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	1.00-1.49	พึงพอใจน้อยที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การผลิตแป้งเปลือกทุเรียน (durian rind flour-DRF) ที่เหมาะสม โดยใช้เปลือกทุเรียนสด 3 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ชะนี (CN) หมอนทอง (MT) และก้านยาว (KY) ด้วยวิธีที่การแตกต่างกัน 3 วิธี เปลือกทุเรียนก่อนเข้าเตาอบลมร้อนทั้งสามวิธีมีกระบวนมีกระบวนการเตรียมที่แตกต่างกัน วิธีที่ 1 (TD-Tray Dry) วิธีที่ 2 (SD-Stream Dry) ส่วนวิธีที่ 3 (BD-Boil Dry)

เปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนี พันธุ์หมอนทอง และพันธุ์ก้านยาว เมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งและปั่นเป็นผงแล้ว พบว่า เปลือกทุเรียนพันธุ์ชะนี วิธีการทำแห้งแบบที่ 2 (SD-Stream Dry) ให้ปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ เปลือกทุเรียนพันธุ์ก้านยาว ส่วนเปลือกทุเรียนที่ให้ปริมาณน้อยที่สุด คือ เปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง วิธีที่ 2 ปริมาณเปลือกทุเรียนผงที่ได้ มีสาเหตุจากปริมาณน้ำหนักของผลทุเรียนทั้งผล สายพันธุ์ทุเรียน และอายุการเก็บ พบว่า ทุเรียนพันธุ์ก้านยาว มีชั้นของเปลือกส่วนที่เป็นสีขาวมากที่สุด รองลงมาคือทุเรียนพันธุ์ชะนี ส่วนทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีส่วนของชั้นเปลือกสีขาวน้อยที่สุด ทุเรียนที่มีน้ำหนักโดยรวมต่อผลมากจะมีเปลือกชั้นสีขาวมากกว่าทุเรียนที่มีน้ำหนักโดยรวมต่อผลน้อย น้ำหนักของเปลือกทุเรียนทั้ง 3 สายพันธุ์ในการทำเป็นผง

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนทั้ง 3 สายพันธุ์ ส่วนใหญ่เป็นใยอาหารหยาบ มีส่วนประกอบหลัก คือ เซลลูโลส (cellulose) และลิกนิน (lignin) ซึ่งจัดเป็นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ สำหรับใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำที่พบในเปลือกทุเรียน คือ เพคติน

คุณภาพของเปลือกทุเรียนผงในวิธีที่ 2 ให้สีอ่อนสุด รองลงมาคือวิธีที่ 3 สำหรับวิธีที่ 1 ให้สีที่เข้มที่สุด ความเป็นกรด-ด่างของเปลือกทุเรียนสด และเปลือกทุเรียนผง มีความเป็นกรด ความข้นหนืดของเปลือกทุเรียนเกิดจากเพคตินซึ่งเป็นสารประกอบประเภทโพลีแซคคาไรด์

สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาศักยภาพแป้งเปลือกทุเรียน ณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ผู้เข้ารับการอบรมมีความพึงพอใจมากที่สุดในทุกด้านของการถ่ายทอดเทคโนโลยี

5.2 ข้อเสนอแนะ

การเตรียมเปลือกทุเรียนผงทั้ง 3 วิธี ยังมีส่วนที่ไม่สามารถตีป่นเป็นผงได้ ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรศึกษาวิธีการเตรียมเพื่อให้ได้ทุเรียนผงที่ไม่มีส่วนเหลือที่ไม่สามารถตีป่นเป็นผงได้

เอกสารอ้างอิง

กระยาทิพย์ เรือนใจ. 2537. **ผลไม้คุณค่านานาเพื่อสุขภาพ.** สำนักพิมพ์ต้นธรรม, กรุงเทพฯ.

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. 2556. **ทุเรียน : ผลไม้วัฒนธรรมอาเซียน**. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, จันทบุรี.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2546. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2553. **เบเกอรี่และเทคโนโลยีเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทรงพล สมศรี. 2531. **พันธุ์และการดูแลรักษาทุเรียน**. เอกสารประกอบการ สัมนาทางวิชาการ 25-26 กุมภาพันธ์ 2531. สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, กรุงเทพฯ.

วัฒนา ปทุมสิทธุ์. 2534. **การค้นคว้าทดลอง**. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลา-นครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. โรงพิมพ์หาดใหญ่, สงขลา.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2525. **ทฤษฎีอาหารเล่ม 1 หลักการประกอบอาหาร**. บำรุงนุกูลกิจ, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2537. **เอกสารวิชาการการปลูกพืชไร่**. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2540. **เอกสารวิชาการพันธุ์พืชไร่**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2558**. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล. 2544. **หลักการประกอบอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อัมพวัน ตั๊นสกุล, ศักรินทร์ ภูมิรัตน และชยานินทร์ พัวพันธุมา. 2545. สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเม็ดสาคู. **ว. วิจัยและพัฒนา มจธ**. 25(4) : 347-358.

เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด. 2540. **การผลิตและการศึกษาอายุการเก็บน้ำกะทิแปลงไขมันบรรจุกระป๋อง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abiola, S.S. and W.S. Adegbaju. 2001. Effect of substituting pork back fat with rind on quality characteristics of pork sausage. **Meat. Sci**. 58: 409-412.

Adsule, R.N., Kadam, S.S. and Salunkhe, D.K., 1989, Green Gram, In Salunkhe, D.K., and Kadam, S.S., **Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization**, Vol. II, CRC Press, Inc., Florida.

Bates, J. and B., Becker. 2014. **The Book of Eggs a life-size guide to the eggs of six hundred of the world's bird species**. University of Chicago Press, the United States of America.

BeMiller, J. and R. Whistler. 2009. **Starch: Chemistry and Technology**. 3rd Ed. Elsevier, the United States of America.

Brown, A. 2011. **Understanding Food Principles and Preparation**. 4th Ed. Wadsworth, the United States of America.

Buchholz, W. G., W. Teng, D. Wallace, J. R. Ambler and T. C. Hall. 1998. Production of Transgenic Rice (Oryza sativa subspecies japonica cv. Taipei 309). **Plant Virology Protocols**. 81: 383-396.

Bylund, G. 1955. **Dairy processing handbook**. Tetra pak processing systems AB, Sweden.

Chaiyakul, S., K. Jangchud, A. Jangchud, P. Wuttijumnong and R.Winger. 2009. Effect of extrusion conditions on physical and chemical properties of high protein glutinous rice-based snack. **LWT - Food Science and Technology**. 42: 781–787.

Chang, T.T. and E.A. Bardenas. 1965. **The Morphology and Varietal Characteristics of the Rice Plant**. Technical Bulletin 4. IRRI, Philippines.

Chuang, G. C-C. and A-I. Yeh. 2006. Rheological characteristics and texture attributes of glutinous rice cake (mochi). **Journal of Food Engineering.** 74: 314-323.

Colmenero, F., Herrero, A., Pintado, T., Solas, M. T., & Ruiz- Capillas, D. 2010. Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. **Food Research International**, 43(8): 2068-2076.

Corn Refiners Association. 2006. **Nutritive sweeteners from corn**. 8th Ed. Washington, D.C., the United States of America.

Farnsworth, N. R. and Bunyapraphatsara, N. 1992. **Thai Medicinal plant**s. Medicinal plant and information center. Mahidal university, Thailand.

Figoni, P. 2008. **How baking works: exploring the fundamentals of baking science**. 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, the United States of America.

Gebhardt, S. E. and R. G. Thomas. 2002. **Nutritive Value of Foods**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, the United States of America.

Ghotra, B. S., S. D. Dyal and S. S. Narine. 2002. Lipid shortenings: a review. **Food Research International**. 35: 1015–1048.

Ginting, M. H. S., M. Kristiani, Y. Amelia and R. Hasibuan. 2016. The Effect of Chitosan, Sorbitol, and Heating Temperature Bioplastic Solution on Mechanical Properties of Bioplastic from Durian Seed Starch (*Durio zibehinus*). **Int. Journal of Engineering Research and Applications**. 6(1): 33-38.

Gropper, S. S., J. L. Smith and J. L. Groff. 2009. **Advanced Nutrition and Human Metabolism**. 5th Ed. Wadsworth, Canada.

Harry T. Lawless and Hildegarde Heymann. 2010. **Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices**. 2nd ed. Springer, New York, United states of America.

Ho, L. H. and R. Bhat. 2015. Exploring the potential nutraceutical values of durian (*Durio zibethinus L.*) – An exotic tropical fruit. **Food Chem**. 168: 80-89.

Hongku, K., N. Laohakunjit and O. Kerdchoechuen. 2011. Durian Flavor Extracts and its Volatile Characteristics. **Agricultural Sci. J**. 42(2)(Suppl.): 241-244.

Hui, Y. L., C. I. Ong, N. A. Aziz, F. S. Taip and N. Muda. 2009. Preliminary Work on Coconut Milk Fouling Deposits Study. **IJET**. 6(10): 8-13.

Jongen, W. 2002. **Fruit and vegetable processing**. Woodhead publishing limited, England.

Kabir, A. and Y. Lorjaroenphon. 2015. **Identification of Aroma Compounds in Coconut Sugar**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/2558/KC520-6031.pdf, 17 กุมภาพันธ์ 2559.

Kaewmanee, T., S. Benjakul and W. Visessanguan. 2011. Effect of NaCl on thermal aggregation of egg white proteins from duck egg. **Food Chem**. 125: 706–712.

Kitprathaung, N., N. Ngamrojanavanich, P. Chansiripornchai, S. Pongsamart and N. Chansiripornchai. 2013. Effect of Polysaccharide Gel Extracted from Durio zibethinus Rind on Immune Responses, Bacteria Counts and Cholesterol Quantities in Chickens. **Thai J Vet Med**. 43(2): 251-258.

Kowitcharoen, L. and V. Srilaong. 2009. Inhibition of Browning Reaction on Aromatic Coconut Mesocarp by Anti-browning Agents and Packaging. **Agricultural Science Journal**. 40(3): (Suppl.) 145-148.

Kuhnen, S., P. M. M. Lemos, L. H. Campestrini, J. B. Ogliari, P. F. Dias and M. Maraschin. 2009. Antiangiogenic properties of carotenoids: A potential role of maize as functional food. **J. fun. Foods**. 1: 284– 290.

Liestianty, D., I. Rodianawati, Patimah and M. Muliadi. 2016. Chemical composition of modified and fortified sago starch (Metroxylonsp) from Northern Maluku. **Int. J. of App. Chem**. 12 (3): 243– 249.

Maran, J. P. 2.14. Statistical optimization of aqueous extraction of pectin from waste durian rinds. **International Journal of Biological Macromolecules**. 73: 92-98.

Martins, S. I. F. S., W. M. F. Jongen and M. A. J. S. Van-Boekel. 2001. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. **Trends in Food Science and Technology**. 11: 364-373.

Minh, N. P. 2014. Technical factors influencing to durian (*Durio zibethinus Murr*) wine fermentation. **IJMRD**. 1(5): 66-70.

Mirhosseinia, H., N. F. A. Rashida, B. T. Amid, K. W. Cheong, M. Kazemi and M. Zulkurnain. 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. **LTW**. 63(1), 184-190.

Mohamed, S. and N. A. Hamid. 1994. Effect of various food components on the expansion, oil absorption, and crispiness of fried rice dough. **Pertanika J. Trop. Agric. Sci.** 17(1): 7-12.

Murdia, L. K. and R. Wadhwani. 2010. Effect of processing parameters on texture and yield of tofu. **As. J. Food Ag-Ind**. 3(2), 232-241.

Nathakaranakul, A., P. Jaiboon and Soponronnarit S. 2010. Far-infrared radiation assisted drying of longan fruit. **Journal of Food Engineering**. 100(4): 662-668.

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

O'Brien, R.D. 2009. **Fat and oils: formulating and processing for applications**. 3rd Ed. CRC Press, the United States of America.

Okamoto, K., K. Kobayashi, H. Hirasawa and T. Umemoto. 2002. Structural differences in amylopectin affect waxy rice processing. **Plant Production Science**. 5(1): 45-50.

Penjumras, P., R. B. A. Rahman, R. A. Talib and K. Abdan. 2014. Extraction and character-rization of cellulose from durian rind. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**. 2: 237-243.

Putri, R. D. A. and Z. Kurniyati. 2015. The utilization of cellulose durian peel (Durio Zibethinus) for synthesis of CMC (carboxy-methyl cellulose). *In*. **Proceeding of the tenth International Conference on Green Technology**. Semarang. IIC-4-IIC-6.

Rachel, T., W. Nadiah, W. A. and R. Bhat. 2013. Physiochemical properties, proximate composition, and cooking qualities of locally grown and imported rice varieties marketed in Penang, Malaysia. **IFRJ.** 20(3):1345-1351.

Ramesh, M. and A. K. Gupta. 2005. Transient expression of β-glucuronidase gene in indica and japonica rice (*Oryza sativa* L.) callus cultures after different stages of co-bombardment. **Afr. J. Biotechnol**. 4 (7): 596-600.

Rothman, L. and M. J. Parker. 2012. **Just-About-Right (JAR) Scales: Design, Usage, Benefits, and Risks.** ASTM International, the United States of America.

Ruotolo, R., L. Calani, F. Brighenti, A. Crozier, S. Ottonello and D. D. Rio. 2014. Glucuronidation does not suppress the estrogenic activity of quercetin in yeast and human breast cancer cell model systems. **Archives of Biochemistry and Biophysics**. 559: 62–67.

Schenck, F.W. 1992. **Corn and corn products**. Pp.482-490 in Y.H. Hui (Ed.). **Encyclopedia of Food Science and Technology**. Vol.1, John Willey & Sons, Inc. New York.

The Culinary Institute of America. 2009. **Baking and Pastry: Mastering the Art and Craft.** 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, the United States of America.

Tokusoglu, Ö. and M. Ü. Kemal. 2003. Fat replacers in meat products. **J. Nutr**. 3: 196-203.

Tongdang, T. 2008. Some Properties of Starch Extracted from ThreeThai Aromatic Fruit Seeds. **Starch/Stärke**, 60 : 199–207.

Tracy, W.F. 2001. **Sweet corn**. In A.R. Hallauer (ed.), Specialty Corns. 2nd ed. CRC Press LLC., Washington, D.C.

Trinidad, T. P., A. C. Mallillin, D. H. Valdez, A. S. Loyola, F. C. Askali-Mercado, J. C. Castillo, R. R. Encabo, D. B. Masa, A. S. Maglaya and M. T. Chua. 2006. Dietary fiber from coconut flour: A functional food. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 7: 309–317.

Unhasirikul, M., W. Narkrugsa and N. Naranong. 2013. Sugar production from durian (Durio zibethinus Murray) peel by acid hydrolysis. **AJB**. 12(33): 5244-5251.

Vaughan, J. G. and C. A. Geissler. 2009**. The New Oxford book of food plants**. Oxford University Press, Italy.

Wanyo, P., C. Chomnawang and S. Siriamornpun. 2009. Substitution of Wheat Flour with Rice Flour and Rice Bran in Flake Products: Effects on Chemical, Physical and Antioxidant Properties. **World Applied Sciences Journal**. 7(1): 49-56.

Williams, L. J. and H. Abdi. 2010. Fisher's Least Significant Difference (LSD) Test. In Neil Salkind (Ed.). **Encyclopedia of Research Design**. Thousand Oaks, CA: Sage.

Wong, W. W., T.J. Lim, C.H. Ho and M.E. Azhar. 2008. Effect of enzyme treatments on physical properties of durian aril and rind slurries. **Journal of tropical agriculture and food science**. 37(1): 23-31.

Wrigley, C., Harold. C. and Charles E. W. 2004. **Encyclopedia of Grain Science**. Elsevier Ltd., United Kingdom.

Xie, F., L. Yu, B. Su, P. Liu, J. Wang, H. Liu and L.Chen. 2009. Rheological properties of starches with different amylose/amylopectin ratios. **Journal of Cereal Science**. 49: 371–377.

Yahya, F., P. J. Fryer and S. Bakalis. 2011. The absorption of 2-acetyl-1-pyrroline during cooking of rice (*Oryza sativa* L.) with Pandan (*Pandanus amaryllifolius Roxb.) leaves*). **Procedia Food Science**. 1: 722 – 728.

Zobel, H.F. and A.M. Stephen. 1995. Starch: Structure, analysis, and application. *In* Stephen, A.M., Ed. **Food Polysaccharides and their Applications**. Marcel Dekker, Inc., New York.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพ

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

การหาปริมาณความชื้น (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ ทิ้งไว้ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ทำเหมือนข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียดประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว
4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง
5. นำออกจากตู้อบใส่โถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งหาน้ำหนัก
6. อบซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
7. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ X 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

การหาปริมาณโปรตีน (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

การเตรียมตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน 1-2 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน ใส่Antibumping beads ลงไป 4-5 เม็ด ขณะเดียวกันให้ทำ Blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง
2. เติมคะตะลิสต์ ประมาณ 5 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้นจำนวน 10 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการย่อย

1. เปิดเครื่องย่อย แล้วตั้งหลอดย่อยในเครื่อง สวมเครื่องดักจับไอกรดลงบนส่วนบนของหลอดย่อย และเปิด Power ของเครื่องดักจับไอกรด โดยทำการย่อยในตู้ดูดควัน

2. กดปุ่ม Start ที่เครื่องย่อย เมื่ออุณหภูมิได้ 420 องศาเซลเซียส แล้ว เครื่องจะทำการย่อยต่อไปอีก 1 ชั่วโมง จนตัวอย่างเป็นสารละลายสีเขียวใส (หากครบ 1 ชั่วโมงแล้วยังไม่เป็นสีเขียวใสให้ทำการย่อยต่อ)
3. ยกหลอดย่อยออกมาจากเครื่อง แล้วทิ้งไว้ให้เย็น
4. ปิด Power เครื่องย่อย แต่ยังคงเปิดเครื่องดักจับไอกรดไว้เพื่อดักจับไอกรดที่ยังคงเหลืออยู่

การกลั่น

1. เปิด Power เครื่องหล่อเย็น แล้วเปิดเครื่องกลั่นทำการล้างระบบด้วยการล้างน้ำกลั่น
2. เติมสารละลายกรดบอริก (เข้มข้นร้อยละ4) ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร พร้อมหยดมิกซ์อินดิเคเตอร์ 2-3 หยด นำไปรองรับของเหลวที่จะกลั่นโดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลาย
3. นำหลอดย่อยโปรตีนที่บรรจุตัวอย่างที่ผ่านการย่อยมาแล้วประกอบเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน ตรวจเช็คสายยางขวดน้ำกลั่น ขวดด่าง (สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 40) และเปิดก๊อกน้ำ สำหรับหล่อเย็น (Cooling)
4. ปิด Safety door ลง เครื่องกลั่นจะทำการกลั่นเป็นเวลาประมาณ 4 นาที
5. เมื่อกลั่นเสร็จแล้ว เอาขวดรูปชมพู่ และหลอดย่อยออกจากเครื่อง
6. นำสารละลายในขวดรูปชมพู่ไปไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น0.1นอร์มอล สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง
7. คำนวณผลการวิเคราะห์ดังนี้

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{(A-B) \times (N) \times (14.007) \times (F)}{W}$$

A = ปริมาตรกรดที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรกรดที่ใช้ไทเทรตกับ Blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของกรด (นอร์มอล)

F = แฟคเตอร์ เท่ากับ 6.25

W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

การหาปริมาณไขมัน (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

1. อบ Extraction cup ในตู้อบไฟฟ้า แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่บนกระดาษกรองเบอร์ 1 ที่ทราบน้ำหนัก ห่อให้มิดชิด แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง
3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงใน Extraction cup
4. เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในขวดสำหรับสกัดไขมัน 70 มิลลิลิตร จากนั้นนำหลอดใส่ตัวอย่างใส่ลงไป
5. ประกอบอุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่น และเปิดสวิทซ์ให้ความร้อน
6. กดปุ่ม Set และกดลูกศรขึ้นหรือลงเพื่อเลือกอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (105 องศาเซลเซียส) เวลาที่ใช้ในการสกัด (Extraction time) (45 นาที) เวลาสำหรับการล้าง (Washing time) (30 นาที) และเวลาสำหรับการระเหยตัวทำละลาย (30 นาที)
7. นำ Extraction cup ออกจากเครื่องสกัด ทิ้งให้ตัวทำละลายระเหยออกให้หมดในตู้ควัน
8. นำ Extraction cup อบในตู้ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้งใช้เวลาประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
9. ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
10. คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ X100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

การหาปริมาณเถ้า (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปิดสวิตซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก
2. เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และทำซ้ำเหมือนข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผา ตั้งอุณหภูมิเตาเผาไว้ที่ 550 องศาเซลเซียส และทำซ้ำเหมือนข้อ 1
4. คำนวณหาปริมาณเถ้าจากสูตร

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา X 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

การหาปริมาณใยอาหาร (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

1. ทำการเผา Fritted glass crucible ด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง รอจนกระทั่งเย็นลง และเก็บไว้ในโถดูดความชื้น ทำการชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) และจดบันทึก
2. ชั่งตัวอย่างซึ่งผ่านการสกัดเอาไขมันออกแล้ว (ประมาณ 1 กรัม) ลงในFritted glass crucible ที่ทราบน้ำหนักแล้ว จดบันทึกน้ำหนักตัวอย่างโดยละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
3. วาง Fritted glass crucible บนอุปกรณ์ให้ความร้อนซึ่งต่อเข้ากับอุปกรณ์ควบแน่น แล้วเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่น
4. เติมกรดซัลฟูริก ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร และเปิดสวิตซ์ไฟตั้งโปรแกรมให้ความร้อน
5. ต้มให้เดือดนาน 30 นาที
6. ปล่อยกรดออกจากบีกเกอร์ โดยปรับวาล์วไปที่ Vacuum”
7. ล้างด้วยน้ำร้อนประมาณ 40-50 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง (จนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นกรด)
8. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร และต้มต่ออีก 30 นาที
9. ล้างด้วยน้ำร้อนประมาณ 40-50 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง (จนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นด่าง)
10. ล้างด้วยอะซิโตนปริมาณ 30 มิลลิลิตร
11. นำ Fritted glass crucible ที่มีตัวอย่างอบให้แห้งในตู้อบอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

12. ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำอีกครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งติดกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
13. นำ Fritted glass crucible พร้อมกากที่อบแห้งแล้วไปเผาเช่นเดียวกับวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง)
14. คำนวณหาปริมาณใยอาหาร จากสูตร

$$\text{ปริมาณใยอาหาร (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างหลังอบและหลังเผา X 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

วิธีการวิเคราะห์ทางกายภาพ

การตรวจวัดค่าค่าสี

วัดค่าสี (CIE L* a* b*) ด้วยเครื่องวัดค่าสี รุ่น Color Flex 45/0 ยี่ห้อ Hunter Lab ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งค่าสี L* (ค่าความสว่าง มีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึง วัตถุมีสีเข้ม, 100 หมายถึง วัตถุมีสีอ่อน) a* (+ หมายถึง วัตถุมีสีแดง, - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) และb* (+ หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน)

1. ปรับเทียบเครื่องโดยใช้แผ่นแก้วสีดำ แผ่นพลาสติกสีขาว และแผ่นพลาสติกสีเขียว ตามลำดับ
2. ใส่ตัวอย่างลงในภาชนะแก้วใสทรงกระบอก โดยใส่ให้มีความหนาประมาณครึ่งหนึ่งของกระบอก
3. นำภาชนะใส่ตัวอย่างวางลงในช่องใส่ตัวอย่าง และครอบภาชนะใส่ตัวอย่างด้วยฝาครอบพลาสติกสีดำ อ่านค่าสี L* a* b* ที่วัดได้ จดบันทึกค่าตัวอย่างที่วัดได้

การตรวจวัดค่าพีเอช (Benjakul et al., 1997)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter)
2. เครื่องปั่นผสม (Homogenizer)
3. สารละลายบัฟเฟอร์ค่าพีเอช 4 และ 7

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเปลือกทุเรียนที่ผ่านการสับละเอียด ปริมาณ 5 กรัม
2. เติมน้ำกลั่น 45 มิลลิลิตร
3. ปั่นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Homogenizer
4. วัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดที่ผ่านการปรับมาตรฐานด้วยสารละลายบัฟเฟอร์

การวัดความหนืด

วัดความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง rapid visco analyser (RVA) เป็นเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนาเพื่อติดตามพฤติกรรมความหนืดของแป้งอีกแบบหนึ่ง คุณสมบัติของเครื่องนี้สามารถเปลี่ยนระดับอุณหภูมิทั้งการทำให้ร้อนและเย็นได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ควบคู่ไปกับความสามารถในการรักษาอุณหภูมิให้คงที่ ทำให้สามารถหา pasting curve ได้ภายใน 13 นาที เนื่องจากมีกลไกในการส่งผ่านความร้อนที่ดีและยังใช้ปริมาณตัวอย่างน้อย

การทำงานของเครื่อง RVA ใช้ตัวอย่างแป้งแห้งประมาณ 3 กรัม เติมน้ำ 25 มิลลิลิตร รักษาอุณหภูมิไว้ที่ 50 หรือ 60 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนด้วยอัตราประมาณ 12 องศาเซลเซียสต่อนาที จนได้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ปล่อยไว้ 2-3 นาที ทำให้เย็นลงด้วยอัตราประมาณ 12 องศา-เซลเซียส ต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าเป็นเวลา 2 นาที เครื่องจะทำการบันทึกอุณหภูมิและ viscosity profile ที่เปลี่ยนไปกับเวลา ผลลัพธ์ที่ได้จากกราฟการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA นำมาแปรผลได้ค่าต่างๆ ซึ่งแสดงสมบัติของแป้งดังนี้

Pasting Temperature หรือ gelatinization temperature (°C) = อุณหภูมิที่เริ่มเกิดเจลาติไนซ์ (gelatinization) คือแป้งมีการเปลี่ยนค่าความหนืดอย่างรวดเร็ว โดยดูจากอุณหภูมิที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น 2 RVU ใน 20 วินาที

Peak Time (นาที)	=	เวลาที่เกิดของความหนืดสูงสุด
Peak Temperature (°C)	=	อุณหภูมิที่เกิดความหนืดสูงสุด (peak viscosity)
Holding Strength (RVU)	=	ความหนืดที่ต่ำที่สุดระหว่างการทำให้เย็น
Final Viscosity (RVU)	=	ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง

นำมาคำนวณจากสมการ

Breakdown (RVU)	=	Peak viscosity- Holding strength
Setback Form Peak (RVU)	=	Final viscosity - Peak viscosity
Setback Form Trough (RVU)	=	Final viscosity - Holding strength

ภาคผนวก ข

กิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ผงทุเรียนก้านยาว
ผงทุเรียนหมอนทอง
ผงทุเรียนก้านยาว
ผงทุเรียนชะนี

ภาคผนวก ค

ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายเจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์
   (ภาษาอังกฤษ) Mr. Jetniphat Bunyasawat
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน: 3 1701 00029 61 9
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
   ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์
   ตำแหน่งบริหาร -
   เวลาที่ใช้ทำวิจัย 3 ช.ม. : สัปดาห์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
   คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   เลขที่ 168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300
   โทรศัพท์ 02-665-3888 ต่อ 5523 โทรสาร 02-665-3800
   E-mail: jadeniphat.b@rmutp.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาตรี	คหกรรมศาสตรบัณฑิต คศ.บ. (อาหารและโภชนาการ)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตโชติเวช	2542
ปริญญาโท	คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คศ.ม. (คหกรรมศาสาตร์)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2549

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร เบเกอรี่ อาหารนานาชาติ อาหารยุโรป และอาหารไทย
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

-

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

7.2.1 การพัฒนาศักยภาพเปลือกทุเรียนในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

7.2.2 โครงการวิจัยคุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติของสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ

7.2.3 การศึกษากรรมวิธีการผลิตขนมไดฟูกุ

7.2.4 ผลของการใช้น้ำนมข้าวโพดทดแทนน้ำในขนมไดฟูกุ

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

7.3.1 การพัฒนาศักยภาพเปลือกทุเรียนในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

7.3.2 คุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิ ระดับอุดมศึกษาแห่งชาติของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ ประจำปีงบประมาณ 2554

7.3.3 โครงการวิจัย การใช้ประโยชน์จากบัวหลวงเป็นส่วนประกอบในอาหารเพื่อเพิ่มมูลค่า

7.3.4 ขนมขี้หนูพลังงานต่ำ

7.3.5 ผลของการเสริมกากบีทรูทต่อคุณลักษณะทางกายภาพ และการยอมรับของมัฟฟิ่น

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

7.4.1 การพัฒนาศักยภาพเปลือกทุเรียน งบประมาณ 2561

7.5 การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

วารสารระดับนานาชาติ

-

วารสารระดับชาติ

-

การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

-

การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

- เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์ และจักราวุธ ภู่เสม. 2556. ผลของการเสริมกากบีทรูทต่อคุณลักษณะทางกายภาพ และการยอมรับของมัฟฟิ่น (Effect of beetroot pulp

added on physical properties and acceptability of muffin). *ใน*, **วารสารการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5 "การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน"**, หน้า 371.

ประวัติคณะผู้วิจัย

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ว่าที่ร้อยตรีจักราวุธ ภู่เสม
   (ภาษาอังกฤษ) Acting Sub Lt. Chakkrawut Bhoosem
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1 6001 90000 07 7
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
   ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์
   ตำแหน่งบริหาร หัวหน้างานกีฬา
   เงินเดือน 21,010 บาท
   เวลาที่ใช้ทำวิจัย 3 ช.ม. : สัปดาห์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
   คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   เลขที่ 168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300
   โทรศัพท์ 02-665-3888 ต่อ 5523 โทรสาร 02-665-3800
   E-mail: chakkrawut.b@rmutp.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาตรี	คหกรรมศาสตรบัณฑิต คศ.บ. (อาหารและโภชนาการ)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2550
ปริญญาโท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วท.ม. (คหกรรมศาสาตร์)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2555

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   -

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัย ในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

-

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

7.2.1 การเพิ่มมูลค่ากากบีทรูทในผลิตภัณฑ์มัฟฟิ่น

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

7.3.1 ขนมขี้หนูพลังงานต่ำ (Kanom Kee-Noo (Rice Flour Meal Streamed) Low Calorie)

7.3.2 การพัฒนาและแปรรูปข้าวสังข์หยดในผลิตภัณฑ์ขนมเกลียว

7.3.3 ผลของการเสริมกากบีทรูทต่อคุณลักษณะทางกายภาพ และการยอมรับของมัฟฟิ่น

7.3.4 การเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์มาการองด้วยรำข้าวสังข์หยด

7.3.5 การพัฒนาตำรับและกรรมวิธีการผลิตขนมไทยทำยากเพื่อการอนุรักษ์

7.3.6 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกประเภทผัดจากเปลือกแตงโมเหลือทิ้ง

7.3.7 การพัฒนาศักยภาพเปลือกทุเรียนในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

7.4 การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

วารสารระดับนานาชาติ

-

วารสารระดับชาติ

-

การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

- เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์ และจักราวุธ ภู่เสม. 2556. ผลของการเสริมกากบีทรูทต่อคุณลักษณะทางกายภาพ และการยอมรับของมัฟฟิ่น (Effect of beetroot pulp added on physical properties and acceptability of muffin). *ใน*, **วารสารการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5 “การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน”**, หน้า 371.