รายงานการวิจัย
เรื่อง

การศึกษาแป้งปรง: ปัจจัยส่งเสริมปริมาณของผลผลิต สมบัติเชิงหน้าที่ และการนำมาใช้ประโยชน์

Studying Factors on Yield, Functional Properties and Applications of Queen Sago

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป

ปวีนา น้อยทัพ

พ.ศ. 2551

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

สารบัญเรื่อง

		หน้า
สารบัญเรื่อง		(2)
สารบัญตาราง		(4)
สารบัญภาพ		(6)
บทคัดย่อภาษาไทย		(9)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		(11)
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาและความสำคัญ	1
	วัตถุประสงค์การวิจัย	2
	ขอบเขตการวิจัย	2
	กรอบแนวคิดของการวิจัย	3
	ประโยชน์ที่ได้รับ	3
	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 2	วิธีการดำเนินการวิจัยและอุปกรณ์ เครื่องมือ	25
	วัตถุดิบ	25
	วิธีการดำเนินการวิจัย	25
บทที่ 3	**ผลงานวิจัยและอภิปราย**	33
	1. ศึกษาข้อมูลการผลิตแป้งปรงพื้นฐานของชุมชนหนองหญ้าปล้อง	33
	2. ศึกษาปรับปรุงขั้นตอนการผลิตและหาวิธีการผลิตแป้งปรงที่เหมาะสมและประสิทธิ ภาพสูงสุดในการเพิ่มปริมาณผลผลิตของแป้งในห้องปฏิบัติการ	38
	3. ศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวที่มีต่อคุณสมบัติของแป้งปรงในด้านองค์ประกอบทางเคมี ทางกายภาพ และ จุลินทรีย์	44
	4. ศึกษาทิศทางและแนวทางการนำแป้งปรงไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ที่มีแป้ง (ชนิดอื่น) เป็นส่วนประกอบ	57
บทที่ 4	**สรุปและข้อเสนอแนะ**	61
	สรุป	61

	หน้า
ข้อเสนอแนะ	62
ผลการยอมรับ	62
คำขอบคุณ	64
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก	72
ภาคผนวก ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน	73
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์	78
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการผลิตแป้งปรง	96
ภาคผนวก ง ประมวลภาพเกี่ยวกับงานวิจัย	100
ภาคผนวก จ ประวัตินักวิจัย	108

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน	8
1.2	ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่างๆ	14
1.3	คุณสมบัติการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งแต่ละชนิดที่ 95 องศา-เซลเซียส	16
2.1	สูตรผลิตภัณฑ์ขนมกุยช่าย	28
2.2	สูตรผลิตภัณฑ์ขนมกล้วย	29
2.3	สูตรผลิตภัณฑ์ขนมผิง	30
2.4	สูตรผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่น	31
3.1	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน	44
3.2	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน	45
3.3	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน	45
3.4	ปริมาณอะไมโลสของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุ การเก็บเกี่ยวแตกต่าง	46
3.5	ค่าความหนืดโดยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) ของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน	50
3.6	ค่าสีของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน	52
3.7	ร้อยละการละลายของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ	53
3.8	อัตราการพองตัวของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ	54
3.9	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และรา ของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน	55
3.10	คุณสมบัติของแป้งปรงเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่นๆ	56
3.11	ระดับความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมโดยวิธีการเปรียบเทียบแบบ Triangle Test	57

		หน้า
3.12	ตารางวิเคราะห์ระดับความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (Hedonic Scaling Method)	58
3.13	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมชนิดต่างๆ จากแป้งมันและแป้งปรง	59

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	โคนเพศผู้ปรงเหลี่ยม	6
1.2	โคนเพศเมียปรงเหลี่ยม	6
1.3	ต้นปรงเหลี่ยม	7
1.4	โครงสร้างของอะไมโลส	9
1.5	โครงสร้างของอะไมโลเพคติน	9
1.6	ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่างๆ เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา (กำลังขยาย 40 เท่า)	12
1.7	ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่างๆ เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนลำแสงส่องกราด ที่กำลังขยาย (ก)-(จ) 1,000 เท่า และ (ฉ) 3,000 เท่า	13
1.8	การพองตัวของเม็ดแป้ง	15
1.9	การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งขณะให้ความร้อน	18
1.10	ลักษณะการเกิดรีโทเกรเดชันของโมเลกุลสตาร์ช	20
1.11	การคืนตัวของแป้ง	20
1.12	การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน	21
1.13	ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA	22
2.1	วิธีการสกัดแป้งของชุมชน	26
2.2	วิธีการผลิตขนมกุยช่าย	28
2.3	วิธีการผลิตขนมกล้วย	29
2.4	วิธีการผลิตขนมผิง	30
2.5	วิธีการผลิตขนมบ้าบิ่น	31
3.1	ลักษณะลูกปรงที่ออกตามบริเวณรอบต้นปรง	33
3.2	รอยแยกส่วนท้ายของลูกปรง และลักษณะลูกปรงสด	34
3.3	ลักษณะปรงตัวผู้	34
3.4	ขั้นตอนการผลิตแป้งปรง	37
3.5	ลักษณะแป้งปรงของกลุ่มผู้ผลิตแป้งปรงอำเภอบ้านด่านลายหอย	37

หน้า

3.6	การกะเทาะเมล็ดปรงเพื่อนำเนื้อปรงออกจากเมล็ด	38
3.7	ปริมาณผลผลิตแป้งจากการใช้น้ำที่ pH ต่างๆ เวลาในการปั่น60 วินาที ที่อัตราส่วนการสกัดเนื้อปรง 1 ส่วนต่อ น้ำ 4 ส่วน	39
3.8	ปริมาณผลผลิตแป้งจากการใช้น้ำที่ pH 6.5-7.0 เวลาในการปั่นที่เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วนการสกัดเนื้อปรง 1 ส่วนต่อ น้ำ 4 ส่วน	40
3.9	ปริมาณผลผลิตแป้งจากการใช้น้ำที่ pH 6.5-7.0 เวลาในการปั่นที่เวลา 90 วินาที ที่อัตราส่วนการสกัดเนื้อปรงต่อ น้ำที่ระดับต่างๆ	41
3.10	ปริมาณผลผลิตแป้ง จากการใช้ปริมาณน้ำล้างตะกอนที่แตกต่างกัน	42
3.11	ปริมาณผลผลิตแป้งจากเมล็ดปรงที่เก็บได้แต่ละช่วงเวลา	43
3.12	ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปของผลปรงที่ใช้ในการผลิตแป้งปรงในแต่ละอายุการเก็บเกี่ยว	43
3.13	ลักษณะอนุภาคของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา (กำลังขยาย 40 เท่า), [illegible] 10 ไมครอน	47
3.14	ลักษณะรูปร่างอนุภาคของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบลำแสงส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า	48
3.15	ลักษณะรูปร่างอนุภาคของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบลำแสงส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 10,000 เท่า	49
3.16	กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ความหนืดโดยเครื่อง Rapid visco analyzer (RVA) ของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน	51
3.17	ร้อยละการละลายของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ	53
3.18	อัตราการพองตัวของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ	54

ภาพผนวกที่

ค1	กระบวนการผลิตแป้งปรง	99
ง1	สภาพแวดล้อมในการเจริญพันธุ์ของต้นปรง	101
ง2	ลักษณะต้นปรง	101

		หน้า
ง3	ลักษณะต้นปรงตัวผู้	102
ง4	ลักษณะต้นปรงตัวเมีย	102
ง5	นักวิจัยลงพื้นที่สำรวจอายุการเก็บเมล็ดปรง	103
ง6	ลักษณะเมล็ดปรง	103
ง7	นักวิจัยลงพื้นที่สัมภาษณ์กลุ่มผู้ผลิตแป้งจากเมล็ดปรง	104
ง8	ทีมนักวิจัยสำรวจป่าปรงในแต่ละช่วงอายุของปรง	105
ง9	ทีมนักวิจัยทดลองผลิตแป้งปรงตามคำอธิบายของกลุ่ม	106
ง10	ลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ ที่ใช้แป้งปรงเป็นส่วนผสม	107

ชื่อโครงการวิจัย การศึกษาแป้งปรง: ปัจจัยส่งเสริมปริมาณของผลผลิต สมบัติเชิงหน้าที่ และการนำมาใช้ประโยชน์

ชื่อผู้วิจัย นางสาวน้ำทิพย์ วงษ์ประทีป [1] (ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต)
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
156 ม. 5 ต.พลายชุมพล อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
โทรศัพท์: 055-267080 โทรสาร: 055-267081
นางสาวปวีนา น้อยทัพ[2] (ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต)
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก 65000
โทรศัพท์: 055-261000-4 ต่อ 2742 โทรสาร: 055-261987

ได้รับเงินทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2550 **จำนวนเงิน** 350,000 บาท (สามแสนบาทถ้วน)
ระยะเวลาทำการวิจัย 10 เดือน (เริ่มตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2550 ถึง เมษายน 2551)

บทคัดย่อ

การใช้วิธีผลิตแป้งปรงแบบดั้งเดิมทำให้ได้ผลผลิตและคุณภาพแป้งที่ไม่สม่ำเสมอ และยังขาดข้อมูลการนำมาใช้ประโยชน์ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตแป้ง โดยการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตแป้งจากการใช้อัตราส่วนน้ำในการสกัด pH ของน้ำในการสกัดแป้ง ระยะเวลาการกวนเพื่อสกัดแป้ง ปริมาณน้ำล้างตะกอนแป้ง และระยะการเก็บเกี่ยววัตถุดิบ (2) ศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ โดยตรวจสอบสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ และ (3) ศึกษาแนวทางการนำแป้งปรงไปใช้ประโยชน์โดยใช้ทดแทนหรือใช้แทนแป้งชนิดอื่นในผลิตภัณฑ์ และเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัส พบว่า การใช้เมล็ดปรงอายุการเก็บเกี่ยว 8 เดือน ปั่นกับน้ำที่มีค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 ในอัตราส่วนระหว่างเมล็ดปรงต่อน้ำที่ 1:6 เป็นเวลา 90 วินาที ใช้น้ำในการล้างกากปริมาณ 2 เท่าของน้ำหนักเมล็ดปรงเริ่มต้น สามารถสกัดแป้งได้ปริมาณสูงสุดร้อยละ 33-34 ของน้ำหนักเมล็ดปรงเริ่มต้น แป้งที่สกัดได้จะมีค่าโปรตีนร้อยละ 0.13±0.01 เถ้าร้อยละ 0.01±0.08 ไขมันร้อยละ 0.06±0.04 เส้นใยร้อยละ0.21±0.13 และ คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 99.35±0.05 (โดยน้ำหนักแห้ง) น้ำตาลทั้งหมด 38.84±0.01 ส่วนในล้านส่วน pH เท่ากับ 6.96 อะไมโลสร้อยละ 25 ความหนืด 276-286 RVU ค่า L* 94.70±0.04 a* 0.01±0.05 b* 1.19±0.03 กำลังการพองตัวร้อยละ 15.14 และอัตราการละลายร้อยละ 9.6 ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ลักษณะของ

เม็ดแป้งมีขนาดอนุภาค 2-15 ไมครอน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.10×10^4 CFU/g ยีสต์และรา <10 CFU/g โดยแป้งที่ได้สามารถนำไปใช้แทนแป้งมันสำปะหลังได้ร้อยละ 50-100 ในผลิตภัณฑ์ขนมกุยช่าย ขนมกล้วย ขนมผิง และขนมบ้าบิ่น และผลิตภัณฑ์ขนมทั้ง 4 ชนิด มีค่าองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าร้อยละ 0.14-0.76 เส้นใยร้อยละ 0.10-2.90 ไขมันร้อยละ 3.38-15.38 โปรตีนร้อยละ 2.13-4.16 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 29.39-61.51 และผู้บริโภคให้การยอมรับไม่แตกต่างจากสูตรของการใช้แป้งชนิดเดิม (P>0.05) จากข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าวเห็นว่าแป้งปรงเป็นแป้งที่มีคุณสมบัติที่สามารถใช้ทดแทนแป้งชนิดอื่นได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาวิจัยต่อไปเกี่ยวกับ คุณสมบัติและศักยภาพเพื่อนำไปสู่การผลิตเชิงอุตสาหกรรมชั้นพื้นฐาน (แป้ง) อุตสาหกรรมการแปรรูป (คิดค้นพัฒนา) ให้ตรงกับกลุ่มเป้าหมาย

Research Title	Studying Factors on Yield, Functional Properties and Applications of Queen Sago Starch
Researcher	Miss Namthip Wongpratheep (Ph.D.)
	Food and Agriculture Technology, Pibulsongkram Rajabhat University
	156 Moo 5, Phaichumpol, Muang, Phitsanulok 65000
	Tel. 055-267080 Fax. 055-267081
	Miss Paweena Noitup (Ph.D.)
	Faculty of Agricultural, Natural Resources and Environment
	Naresuan University, Muang, Phitsanulok 65000
	Tel. 055-261000-4 ext. 2742 Fax. 055-261987
Annual Research Fund	2008 **Account** 350,000 Bath
Duration	10 months (from July 2007 to April 2008)

ABSTRACT

The traditional processed queen sago starch was inconsistent in both yield and product quality and there was little of information for its application. Thus, this research aimed to (1) study the factors affecting on yield of starch by comparing the ratios and pH of extracting water, stirring times during extraction, amounts of water for rinsing starch sludge, and harvesting times of queen sago (2) study the functional properties of queen sago starch by determining the chemical, physical and microbiological properties and (3) study the applications of queen sago starch to substitute other starch in food products and compare its sensory properties. It was found that the queen sago seeds that harvested at 8 months after blooming had optimum quality. The queen sago seeds were chopped and ground with water (pH 7.0) at the ratio of queen sago seeds to water of 1:6 for 90 s. The mixture was rinsed with water at twice amounts of the initial weight of the queen sago seeds. This method provided the highest yield of starch reaching 33-34% weight basis. The starch composed of 0.13%±0.01 protein, 0.01%±0.08 mineral, 0.06%±0.04 fat, 0.21%±0.13 fiber, and 99.35%±0.05 carbohydrate (by dry basis), total sugar 34.84±0.01 ppm, pH 6.96, and 24.25%±0.33 amylose. The starch had viscosity of 263-286 RVU. The L*, a* and b* values were 94.70±0.04, 0.01±0.05, 1.19±0.03, respectively. The expansion power was

15.14±4.14% and solubility ratio was 9.67±3.06% at 85 °C. The average particle size of starch was 2-15 micron. The starch had total viable count of 1.10×10^4 CFU/g and yeast and mold less than 10 CFU/g. The queen sago starch could be substituted for tapioca starch at 50-100% in Kanom Kuy-Chiy, Kanom Kroy, Kanom Ping, and Kanom Ba-Bin. The products composed of 0.14-0.76% ash, 0.10-2.90% fiber, 3.38-15.38 fat, 2.13-4.16% protein and 29.39-61.51 carbohydrate. The consumer acceptability scores of the products with queen sago starch substitution were not significant different *(P>0.05)* from that of the traditional starch. The results indicated that the queen sago starch had functional properties that could be substituted for other starch. Therefore, further studies on property and potential for standard manufacturing (starch) and manufacture industry for target group.

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ปรงเป็นพืชที่มีอยู่มากในแถบภาคเหนือและภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย ชาวบ้านในท้องถิ่นจึงมีความรู้และความคุ้นเคยกับต้นปรงเป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นอายุของปรง ฤดูกาลของการออกเมล็ด และระยะเวลาที่สมควรเก็บเกี่ยว ซึ่งชาวบ้านได้รู้จักการนำเอาเมล็ดปรงมาผลิตเป็นแป้งเพื่อใช้ในครัวเรือนด้วยภูมิปัญญาชาวบ้านมาช้านานแล้ว ต่อมามีการรวมกลุ่มกันผลิตเพื่อจำหน่าย คือกลุ่มผู้ผลิตแป้งปรงบ้านเขาปูน หมู่ 2 ต. หนองหญ้าปล้อง อ.บ้านด่านลานหอย จ. สุโขทัย ซึ่งมีกระบวนการผลิตที่ไม่เป็นมาตรฐาน ขั้นตอนการผลิตและปริมาณแป้งที่ได้ไม่มีความแน่นอน ตลอดจนยังขาดการนำมาใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย จากการศึกษาวิจัยเบื้องต้นผู้วิจัยพบว่า แป้งปรงเมื่อนำใช้หรือทดแทนแป้งชนิดอื่นๆ ที่นำมาผลิตอาหารจะทำให้ตัวผลิตภัณฑ์มีความหวานเพิ่มขึ้น และยังพบว่าแป้งปรงมีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 33 แป้งที่มีอะไมโลสสูงมักนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมแปรรูปจากแป้ง เนื่องจากอะไมโลส มีคุณสมบัติเป็นสารเคลือบที่มีสมบัติในการปรับปรุงพื้นผิววัสดุ เพิ่มความแข็งแรงของเส้นใย ทำให้เกิดการยึดเกาะกับเซลลูโลสได้ดี อย่างไรก็ตามปริมาณผลผลิตของแป้งและปริมาณอะไมโลสที่สะสมในเมล็ดปรงตั้งแต่ระยะเริ่มออกเมล็ดจนกระทั่งเมล็ดแก่นั้นยังไม่มีคำตอบแน่ชัดว่าการเก็บเกี่ยวช่วงใดเพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพที่ดีที่สุด หากมีการศึกษาวิจัยนี้จะช่วยทำให้ชาวบ้านสามารถต่อยอดภูมิปัญญาของการผลิตแป้งปรงให้ได้ปริมาณและคุณภาพเพิ่มขึ้น ประกอบกับข้อมูลของคุณสมบัติของแป้งเพื่อการนำมาใช้ประโยชน์ไม่ใช่เพียงแค่ปริมาณของอะไมโลสเพียงอย่างเดียวที่สามารถใช้ในการเลือกที่จะนำแป้งไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการแปรรูปหรือการใช้ทดแทนแป้งชนิดอื่นๆ คุณสมบัติที่จะนำมาประกอบ ได้แก่ ค่าความหนืด กำลังการพองตัว การละลาย ลักษณะทางกายภาพของเม็ดแป้ง เป็นต้น จากคุณสมบัติดังกล่าวหากพบว่ามีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารจริง อาจนำมาซึ่งการใช้ประโยชน์เชิงการพาณิชย์เพื่อการทดแทนแป้งที่ต้องการคุณสมบัติที่ดี และปริมาณอะไมโลสสูงเพื่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์ เช่น การนำแป้งปรงไปผสมกับแป้งข้าวของโรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ประสบปัญหาในเรื่องของข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ เนื่องจากการผลิตข้าวในปัจจุบันเป็นข้าวนาปรัง ซึ่งทำให้ข้าวที่ได้มีคุณภาพของปริมาณปริมาณอะไมโลสต่ำ เป็นต้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงศึกษาปัจจัยการสกัดที่มีผลต่อ

ปริมาณผลผลิตแป้ง ศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งปรง เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย และศึกษาหาแนวทางการนำแป้งไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ จากข้อมูลหรือผลที่ได้จากงานวิจัยสามารถเป็นต้นแบบของการผลิตแป้งจากเมล็ดปรงให้กับกลุ่มผู้สนใจในเขตพื้นที่อื่นๆ เพื่อเป็นการส่งการผลิตและการจำหน่ายมากขึ้น เป็นการเผยแพร่ภูมิปัญญาเกี่ยวกับการผลิตแป้งแก่เขตพื้นที่จังหวัดอื่นที่มีแหล่งวัตถุดิบ เช่น ตาก อุทัยธานี เป็นแนวทางการนำทรัพยากรที่มีมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า และเพิ่มมูลค่าแก่วัตถุดิบ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มรายได้ของกลุ่มผลิตฐานรากก่อให้เกิดการสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจต่อชุมชนทำให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ตลอดจนยังเป็นการช่วยอนุรักษ์พันธุ์พืชปรงที่มีในท้องถิ่นให้คงอยู่

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยการสกัดที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตแป้งปรง
2. เพื่อศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่และการนำไปใช้ประโยชน์จากแป้งปรง
3. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภคที่ต่อผลิตภัณฑ์จากแป้งปรง

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาแป้งปรง: ปัจจัยส่งเสริมปริมาณของผลผลิต สมบัติเชิงหน้าที่และการนำมาใช้ประโยชน์ มีขอบเขตดำเนินการวิจัยโดย ขั้นเตรียมการ เป็นการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยในประเด็นสำคัญ คือ การผลิต การศึกษาวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับการผลิตแป้ง สมบัติเชิงหน้าที่และการนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งเป็นส่วนผสม เป็นต้น จากนั้นดำเนินการศึกษาข้อมูลการผลิตแป้งปรงพื้นฐานของชุมชนหนองหญ้าปล้อง เพื่อปรับปรุงและศึกษาการผลิตแป้งปรงที่เหมาะสม และได้ผลผลิตสูงสุดกับกลุ่มผู้ผลิต ศึกษาปรับปรุงขั้นตอนการผลิตและหาวิธีการผลิตแป้งปรงที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มปริมาณผลผลิตของแป้งในห้องปฏิบัติการ จากนั้นศึกษาถึงคุณสมบัติของแป้งปรงที่ผลิต ได้แก่ สมบัติทางเคมี สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางจุลินทรีย์ และชีวภาพ ศึกษาทิศทางและแนวทางการนำแป้งปรงไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ที่มีแป้ง (ชนิดอื่น) เป็นส่วนประกอบ เพื่อทดลองนำแป้งปรงไปทดแทน หรือใช้แทน โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบทางกายภาพ และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส สรุปผล จัดทำรายงาน และเผยแพร่ข้อมูล เช่น รายงานการวิจัย วารสาร เป็นต้น ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้มีกำหนดระยะเวลา 10 เดือน

กรอบแนวความคิดของการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์แป้งจากปรงที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ

2. เพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์จากแป้งปรงของชุมชนหนองหญ้าปล้อง และชุมชนใกล้เคียงที่ใช้แป้งปรงเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์

3. สนับสนุนและสร้างองค์ความรู้สำหรับกระบวนการผลิตแป้งปรงและการนำแป้งปรงไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร

4. พัฒนานักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และนักศึกษาสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ให้เป็นนักวินิจฉัยเรื่องของการแปรรูป การวิเคราะห์ สังเคราะห์ รวมทั้งการทำงานร่วมกับชาวบ้าน

5. พัฒนาผลิตภัณฑ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เป็นอาหารสู่ครัวโลกที่มีมาตรฐาน และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

6. ได้แนวทางต้นแบบการใช้ประโยชน์ การจัดการ การอนุรักษ์ และการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด

7. เป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบและทรัพยากรที่มีในธรรมชาติ

8. ได้ข้อมูลการผลิตแป้งปรงที่เหมาะสม ข้อมูลการนำแป้งไปแปรรูปต่อไปเพื่อเพิ่มความหลากหลายให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งเป็นส่วนประกอบ เพื่อเผยแพร่แก่ผู้ที่สนใจต่อไป

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปรง (Queen sago) เป็นพืชที่อยู่ในอันดับ Cycadae ในอันดับนี้มีอยู่ด้วยกัน 3 วงศ์ (ปิยะ เฉลิมกลิ่น, 2549) ได้แก่

1. วงศ์ Cycadaceae ประกอบด้วยปรงสกุล *Cycas*

2. วงศ์ Zamiaceae มีอยู่หลายสกุล เช่น *Bowenia, Lepidozamia, Encephalarios, Zamia* (ปรงเม็กซิกัน)

3. วงศ์ Stangeriaceae มีสกุลเดียวคือ *Strangeria*

นอกจากนี้ Laubenfels & Adema (1998) ได้จำแนกสกุล *Cycas* ออกเป็น 2 สกุลคือ *Cycas* และ *Epicycas* โดยใช้ลักษณะการมีหัวใต้ดิน (สกุล *Epicycas*) กับไม่มี (สกุล *Cycas*) และยังได้ยุบรวมชนิดปรงที่เพิ่งได้รับการตีพิมพ์ของไทยหลายชนิด ซึ่งไม่ได้รับการยอมรับและถือว่ามีสกุล *Cycas* เพียงสกุลเดียว พืชวงศ์ปรง มีลักษณะคล้ายพืชพวกปาล์ม มีลำต้นเหนือพื้นดิน ใบแฉกแบบขนนก เรียงเวียนสลับ ใบย่อยด้านล่างมักลดรูปเป็นหนามแหลม ใบย่อยรูปแถบหนา มีจำนวนมาก เส้นกลางใบนูนเด่นชัด ไม่มีเส้นแขนงใบ มีเกล็ดหุ้มยอด (cataphyll) ใบสร้างอับไมโครสปอร์ (microsporophyll) จำนวนมาก รูปลิ่ม ปลายมักแหลมคล้ายหนาม เรียงเวียนเป็นรูปโคน ตั้งขึ้นที่ยอดลำต้น เรียกว่า male cone หรือ pollen cone ใบสร้างอับเมกาสปอร์ (megasporophyll) เพศเมีย เรียงเป็นกลุ่มคล้ายใบกระจุกแบบกุหลาบซ้อน (rosette) แต่ละสปอร์

โรฟิลมีก้าน ปลายเป็นแฉกแบบขนนกรองรับโอวุล เมล็ดทรงกลมหรือรี ผิวส่วนมากเรียบ และมีขนาดค่อนข้างใหญ่ มีเนื้อสดหนาด้านนอก ด้านในแข็งเป็นเนื้อไม้ มีใบเลี้ยงสองใบ ในประเทศไทยมี 12 ชนิด

ปรงเป็นพืชโบราณที่จัดอยู่ในพวก gymnosperm เช่นเดียวกับพวกสน (conifer) และแปะก๊วย (ginkgo) มีลักษณะของลำต้นและใบคล้ายกับพวก ปาล์ม มีส่วนที่ใช้สืบพันธุ์เกิดอยู่ในอวัยวะที่เรียกว่า cone โดยที่ cone ของเพศผู้และเพศเมียจะแยกกันอยู่คนละต้น ดังนั้นปรงจึงมีทั้งต้นตัวผู้ และต้นตัวเมีย นอกจากนี้ sperm cell ของปรงยังเคลื่อนไหวได้ในของเหลว เหมือนกับลักษณะของพวกเฟิร์น (เฟิร์นเป็นพืชชั้นต่ำ ไร้ดอก)

ปรงเป็นพืชโตช้า สร้างใบอ่อนปีละ 1-2 ชุด ปรงมีใบสวยงาม จึงได้รับความนิยมนำมาปลูกเป็นไม้ประดับ ปรงที่ขึ้นในที่ร่มจะมีจำนวนก้านน้อย แต่ละก้านมีใบย่อยน้อย แต่มีขนาดยาว ใบสีเขียวเข้ม ปรงที่ขึ้นอยู่กลางแจ้งจะมีจำนวนก้านมาก แต่ละก้านมีใบย่อยมากและสั้น มีใบสีเขียวอมเหลือง ลำต้นของปรงอาจจะเป็นลำสั้นๆ อยู่ใต้ดิน หรือเป็นลำสูงหลายเมตร ปรงบางชนิดแทงหน่อออกมาจากลำต้นใกล้ผิวดิน จนมองดูเป็นกอ แต่บางชนิดจะไม่แตกหน่อ การขยายพันธุ์ของปรงจึงใช้ทั้งการแยกหน่อและการเพาะเมล็ด ปรงเป็นพืชที่ต้องการดินปลูกที่ระบายน้ำดี ต้องการน้ำน้อย โดยจะพบว่าปรงหลายชนิดขึ้นอยู่บนภูเขา ตามหน้าผาหรือเกาะอยู่กับโขดหิน ที่รากของปรงจะมีปมเล็กๆ เป็นที่อาศัยของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวชนิดหนึ่ง (blue green: *Anabaena* algae) ที่มีการดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัยอยู่กับปรง เมล็ดของปรงจะงอกได้ช้ามาก ถึงแม้ว่าจะไม่มีการฟักตัวก็ตาม การทำให้เมล็ดปรงงอกได้เร็ว จึงต้องนำเมล็ดปรงมาปอกเอาเนื้อหุ้มเม็ดที่อยู่ชั้นนอกออกให้หมด แล้วจะพบเปลือกแข็งอีกชั้นหนึ่งที่เรียกว่า กะลาห่อหุ้มเมล็ดอยู่ จึงควรนำไปฝนจนกะลาทะลุหรือกะเทาะให้แตก เพื่อให้น้ำหรือความชื้นซึมเข้าไปในเมล็ดแล้วจะงอกได้เร็วขึ้น ถ้ามีการแกะกะลาออกให้หมดจะเหลือแต่ endosperm ก่อนนำไปเพาะควรนำไปแช่น้ำยาป้องกันเชื้อราเสียก่อน การเพาะโดยวิธีนี้จะได้ต้นอ่อนที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงและต้นอ่อนมีขนาดสม่ำเสมอกัน ปรงพื้นเมืองของไทยที่นิยมนำมาปลูกเป็นไม้ประดับ ได้แก่ *Cycas rumphii* คือ ปรงทะเล *Cycas circinalis* คือ ปรง (ในภาษาของภาคกลาง) มะพร้าวสีดา (ประจวบคีรีขันธ์) *Cycas siamensis* คือ ปรงป่า ปรงเหลี่ยม (ตราด) ตาลปัตรฤาษี (กาญจนบุรี) ส่วนปรงต่างประเทศที่นิยมปลูกในเมืองไทย ได้แก่ ปรงญี่ปุ่น (*Cycas revoluta*) การใช้ประโยชน์ของปรงสามารถนำมาใช้ได้แทบทุกส่วน เช่น ใบใช้ ในงานพิธีต่างๆ การทำแป้งสาคูจากลำต้นของปรงบางชนิด การสกัดยาจาก เมล็ดของปรงบางชนิด แต่การนำมาเป็นอาหารและยา ควรจะระมัดระวังให้มาก เนื่องจากปรงบางชนิดยังมีสารพิษอยู่ด้วย (ปิยะ เฉลิมกลิ่น, 2549)

ปรงเหลี่ยม (*Cycas siamensis Miq*)

ปรงเหลี่ยม เป็นปรงที่ตั้งเป็นเกียรติแก่ประเทศไทยที่พืชชนิดนี้วิเคราะห์จากตัวอย่างพืชที่เก็บจากประเทศไทย โดย J.E.Teysmann เก็บจาก จ. กาญจนบุรี เมื่อปี ค.ศ.1862 ปรงเหลี่ยมเป็นปรงที่มีลำต้นเตี้ยๆ สูงไม่เกิน 2 เมตร มีหัวใต้ดินแบนแผ่ออกเมื่อแก่ ก้านใบสั้น ใบแบนไม่มีสัน มีขนสั้นหนานุ่มสีน้ำตาลปกคลุมหนาแน่นที่โคนก้านใบและใบสร้างอับเมกาสปอร์ โคนเพศผู้รูปขอบขนานยาวไม่เกิน 30 ซม. มีเขตการกระจายพันธุ์ที่พม่า ภูมิภาคอินโดจีน และไทยยกเว้นภาคใต้ ขึ้นหนาแน่นในป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ที่มีไฟไหม้เป็นประจำ (ปรง, 2549)

ภาพที่ 1.1 โคนเพศผู้ปรงเหลี่ยม

ที่มา : (ปรง, 2549)

ภาพที่ 1.2 โคนเพศเมียปรงเหลี่ยม

ภาพที่ 1.3 ต้นปรงเหลี่ยม

แป้ง

แป้ง ในการผลิต หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ มีสิ่งอื่นเจือปน เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ น้อยมาก ส่วนแป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่นๆ อยู่มาก จะเรียกว่า ฟลาวร์ (flour) ตัวอย่างเช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี ถ้ายังมีส่วนประกอบของโปรตีนสูง ก็จะจัดอยู่ในประเภท ฟลาวร์ เรียกว่า corn flour, wheat flour เช่นเดียวกับแป้งข้าวเจ้าที่ยังมีโปรตีนร้อยละ 7-8 ก็เรียกว่า rice flour แต่เมื่อสิ่งเจือปนอันหมายถึงโปรตีน ไขมัน เกลือแร่อื่นๆ ถูกสกัดออกไป จนเหลือแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่จึงเรียกว่าเป็นแป้งสตาร์ช (starch) เช่น corn starch, wheat starch สำหรับแป้งมันสำปะหลังที่ผลิตในประเทศไทย ปัจจุบันผลิตโดยกรรมวิธีทันสมัย มีความบริสุทธิ์ของแป้งสูง จัดเป็นแป้งสตาร์ช (cassava starch) แป้ง หมายถึงแป้งสตาร์ช และเนื่องจากแป้งสตาร์ชมีความบริสุทธิ์สูง แป้งสตาร์ชที่ยังไม่ได้ถูกทำการดัดแปรหรือแปรรูป นิยมเรียกว่าแป้งดิบ (raw starch หรือ native starch) ซึ่งจะตรงกันข้ามกับแป้งที่ถูกดัดแปรหรือแปรรูปแล้ว ที่เรียกว่า โมดิไฟด์สตาร์ช (modified starch) หรือแป้งดัดแปร (กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546 , หน้า 1)

องค์ประกอบภายในแป้ง

แป้งเป็นโพลิเมอร์ของกลูโคสที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่มีสูตรทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)n$ แป้งมีหน่วยพื้นฐานเป็น anhydroglucose unit เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-glycosidic linkage ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคสกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของหน่วยกลูโคสที่อยู่ถัดไป ด้านปลายของ

โมเลกุลแป้งจะมี anomeric carbon (C_1) ซึ่งว่างอยู่ไม่ได้จับกับโมเลกุลอื่นๆ ดังนั้นแต่ละโมเลกุลของแป้งจะมีด้านปลายที่มีคุณสมบัติรีดิวซ์ (reducing end) นั่นคือ แป้งหนึ่งโมเลกุลจะมีตำแหน่ง reducing end 1 ตำแหน่ง โมเลกุลแป้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ตามขนาดโมเลกุลและลักษณะการจัดเรียงตัว คือ อะไมโลส ซึ่งมีขนาดเล็กและมีกิ่งก้านสาขาเพียงเล็กน้อย และอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดใหญ่ และมีกิ่งก้านสาขามากมาย นอกจากนี้ยังพบโมเลกุลแป้งอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าอะไมโลสแต่ว่าเล็กกว่าอะไมโลเพคติน เรียกว่า "intermediate material" แต่พบในปริมาณไม่มากนัก อะไมโลสและอะไมโลเพคตินมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

อะไมโลส	**อะไมโลเพคติน**
1.) ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ α -1,4	1.) โมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะ α - 1,4 และมีการแตกกิ่งด้วยพันธะ α -1,6
2.) ประกอบด้วยกลูโคส 200-6000 หน่วย	2.) แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-35 หน่วย
3.) ละลายน้ำได้น้อยกว่า	3.) ละลายน้ำได้ดีกว่า
4.) เมื่อต้มในน้ำจะมีความข้นหนืดน้อย	4.) ข้นหนืดมากและใส
5.) ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	5.) ให้สีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลแดงกับสารละลายไอโอดีน
6.) ต้มแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็งได้	6.) ไม่จับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง

ที่มา : (Beynum and Roels ,1985)

อะไมโลส (amylose)

อะไมโลสเป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 1,000 – 6,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α - 1,4 – glycosidic linkage ดังภาพที่ 1.4 อาจพบกิ่งก้านสาขาในโมเลกุลของอะไมโลสได้บ้างในปริมาณเล็กน้อย (Hizukuri, 1985)

ภาพที่ 1.4 โครงสร้างของอะไมโลส

โดยทั่วไปแป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง มีปริมาณอะไมโลสสูงประมาณร้อยละ 22 – 30 ส่วนแป้งจากรากและหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาคูจะมีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่า คืออยู่ในช่วงร้อยละ 18 – 24 น้ำหนักโมเลกุลอะไมโลสอยู่ในช่วง 105 ถึง 106 ดาลตัน โดยอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันไป เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมี degree of polymerization (DP) ของอะไมโลสแตกต่างกัน แป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมี DP ของ อะไมโลสในช่วง 200 ถึง 1,200 แป้งที่มีสายของอะไมโลสยาวมาก จะมีแนวโน้มในการเกิดรโทรเกรเดชัน (retrogradation) ลดลง (Hizukuri, 1988)

อะไมโลเพคติน (amylopectin)

อะไมโลเพคตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4-glycosidic linkage และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้นมี DP อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,6-glycosidic linkage ดังภาพที่ 1.5

ภาพที่ 1.5 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน

หน่วยกลูโคสที่มีพันธะ α -1, 6 glycosidic linkage มีอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณหน่วยกลูโคสใน อะไมโลเพคตินทั้งหมด อะไมโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของอะไมโลสคือ ประมาณ 107 ถึง 109 ดาลตัน และมีการคืนตัวต่ำ เนื่องจากอะไมโลเพคตินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่ง อะไมโลเพคตินทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของเม็ดแป้ง ดังนั้นเมื่อมีอะไมโลเพคตินเพียงอย่างเดียว จึงยังสามารถรวมตัวเป็นเม็ดแป้งได้

อะไมโลเพคตินประกอบด้วยสายโซ่ (chain) 3 ชนิดคือ

1. สาย A (A-chain) เชื่อมต่อกับสายอื่นที่ตำแหน่งเดียว ไม่มีกิ่งเชื่อมต่อออกจากสายชนิดนี้ (unbranched structure)

2. สาย B (B-chain) มีโครงสร้างแบบกิ่งเชื่อมต่อกับสายอื่นๆ 2 สาย หรือมากกว่า สายโซ่แบบ B นี้ยังแบ่งเป็นกลุ่มย่อย B1, B2, B3 และ B4 ซึ่งมีความยาวคล่อมหนึ่ง สอง สาม และสี่คลัสเตอร์ (cluster) ตามลำดับ

3. สาย B (chain0 แบบสายแกนซึ่งประกอบด้วยหมู่รีดิวซิง 1 หมู่ ในอะไมโลเพคตินแต่ละโมเลกุล ประกอบด้วยสาย C หนึ่งสายเท่านั้น

องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติของแป้ง

ไขมัน (Lipid) โดยส่วนใหญ่แป้งมีองค์ประกอบของไขมันอยู่ต่ำกว่าร้อยละ 1 ชนิดของไขมันที่มีอยู่ในแป้งมีผลต่อคุณสมบัติของแป้ง เช่นมีผลต่อความหนืดของแป้ง ดังนั้นในการวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้งจะต้องกำจัดไขมันออกจากแป้งโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายหรือย่อยสลายโดยใช้น้ำย่อย (กล้าณรงค์ ศรีรอตและเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550, หน้า 27)

โปรตีน (Protein) โปรตีนที่สกัดได้จากเม็ดแป้งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ โปรตีนที่จับอยู่ที่ผิวของเม็ดแป้ง (surface protein) ซึ่งสกัดออกได้ง่ายที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนซ์ และโปรตีนที่เป็นส่วนหนึ่งของเม็ดแป้ง (integral protein) ซึ่งการสกัดต้องใช้อุณหภูมิใกล้เคียงหรือสูงกว่าอุณหภูมิในการเจลาทิไนซ์ Galliard & Bowler (1987) รายงานว่าประมาณร้อยละ 10 ของโปรตีนทั้งหมดที่สกัดได้จากแป้งสาลีเป็นโปรตีนที่จับอยู่ที่ผิว โปรตีนที่อยู่ภายในเม็ดแป้งส่วนใหญ่เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์

เถ้า และสารอนินทรีย์อื่นๆ (ash & inorganic components) สารอนินทรีย์อื่นๆในแป้ง พบในปริมาณเล็กน้อย ปริมาณของสารเหล่านี้หาได้จากสิ่งที่เหลือจากการเผาที่อุณหภูมิเฉพาะ

แป้งมันฝรั่งมีหมู่ฟอสเฟตในรูปของเกลือที่มีอยู่มันฝรั่งเองหรือได้จากกระบวนการล้างน้ำ ปริมาณเถ้าของแป้งมันฝรั่งเท่ากับปริมาณหมู่ฟอสเฟต ปริมาณเถ้าบางส่วนในแป้งธัญพืชคือปริมาณฟอสฟอลิปิด ปริมาณเถ้าของแป้งที่ใช้ในทางการค้าโดยทั่วๆไปคือ สารประกอบโลหะของโซเดียม โปตัสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม (Davies และคณะ, 1980)

ความชื้น (moisture) ปริมาณความชื้นของแป้งขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity; RH) ของอากาศขณะที่เก็บผลิตภัณฑ์ ถ้ามีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำแป้งจะมีความชื้นต่ำด้วย ถ้าความชื้นสูงเม็ดแป้งจะดูดซับน้ำไว้มาก ปริมาณความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) ของแป้งขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง ภายใต้สภาวะอากาศปกติแป้งโดยทั่วไปจะมีความชื้นร้อยละ 10 - 20 (w/w)

โครงสร้างของเม็ดแป้ง

แป้งที่พบในธรรมชาติจะพบอยู่ในรูปเม็ดแป้ง (granule) ขนาดเล็ก โดยเมื่อตรวจดูลักษณะของเม็ดแป้งชนิดต่างๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา ดังภาพที่ 1.6 และแบบอิเล็กตรอนลำแสงส่องกราด SEM ดังภาพที่ 1.7 พบว่าเม็ดแป้งจะมีขนาด รูปร่าง และลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับแหล่งของแป้งนั้นๆ

เม็ดแป้งมันฝรั่งมีลักษณะเป็นรูปไข่ขนาดใหญ่ ถือว่าใหญ่ที่สุดเมื่อเทียบกับแป้งอุตสาหกรรมทั่วไป เม็ดแป้งสาลีมี 2 ขนาดคือ ขนาดใหญ่กับขนาดเล็ก เม็ดแป้งขนาดเล็กจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 0.5 ถึง 10 ไมครอน เม็ดแป้งขนาดใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 10 ถึง 45 ไมครอน มีอยู่ในแป้งสาลีประมาณร้อยละ 20 แต่มีน้ำหนักถึงร้อยละ 90 ของเม็ดแป้งสาลีส่วนเม็ดแป้งมันสำปะหลังมีขนาดปานกลาง (25 ไมครอน) ขนาดใกล้เคียงกับเม็ดข้าวโพด ขนาด รูปร่าง และลักษณะของเม็ดแป้งแต่ละชนิด แสดงดังตารางที่ 1.2

แป้งมันสำปะหลัง

แป้งข้าวโพด

แป้งมันฝรั่ง

แป้งข้าวเจ้า

ภาพที่ 1.6 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่างๆ เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา (กำลังขยาย 40 เท่า)

ที่มา : (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550, หน้า 30)

(ก) แป้งมันสำปะหลัง

(ข) แป้งสาคู

(ค) แป้ง arrowroot

(ง) แป้งมันเทศ

(จ) แป้งเมล็ดขนุน (jackfruit)

(ฉ) แป้งข้าวเจ้า

ภาพที่ 1.7 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่างๆ เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนลำแสงส่องกราด ที่กำลังขยาย (ก)-(จ) 1,000 เท่า และ (ฉ) 3,000 เท่า

ที่มา : (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550, หน้า 31)

ตารางที่ 1.2 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่างๆ

แหล่งแป้ง	ขนาด (ไมครอน)	รูปร่าง
ข้าวสาลี	2 – 35	กลม ค่อนข้างรี
ข้าวโพด	5 – 25	กลม แบน มีหลายเหลี่ยม รูปร่างคล้ายแท่ง
ข้าวเจ้า	3 – 5	แบน มีหลายเหลี่ยม
ข้าวบาร์เล่ย์	2 – 35	กลม คล้ายไข่
ข้าวฟ่าง	15 – 35	กลม แบน มีหลายเหลี่ยม
ข้าวโอต	5 – 8	กลม แบน มีหลายเหลี่ยม
ข้าวไรน์	10 – 50	กลม ค่อนข้างรี
ลูกเดือย	8 – 20	กลม แบน มีหลายเหลี่ยม
ทริทิเคล (Triticale)	2 – 35	กลม ค่อนข้างรี
มันฝรั่ง	15 – 121	กลม รูปไข่มีวงคล้ายเปลือกหอย
มันสำปะหลัง	5 – 35	กลม คล้ายไข่ที่มีรอยตัด
ท้าวยายม่อม	13 – 70	รูปไข่
สาคู	15 – 65	รูปไข่ที่มีรอยตัด

ที่มา : (Maningat and Seib, 1992)

สมบัติของแป้ง

การพองตัวและการละลายของแป้ง (Swelling and solubility)

แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณร้อยละ 25-30 และพองตัวน้อยมากจนไม่สังเกตเห็นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน (intermixed) ภายในเม็ดแป้ง ในส่วน crystallite โมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ช่วยป้องกันการกระจายตัวและทำให้ไม่ละลายในน้ำเย็น ส่วนของ amorphous ซึ่งเป็นส่วนที่เกาะเกี่ยวกันอย่างหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบและไม่มีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมาก สามารถเกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ (hydration) ได้บ้างแม้ในน้ำเย็น เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 60 องศา-

เซลเซียส ขึ้นไป ส่วน amorphous จับกับน้ำได้มากขึ้นและการจับกันของโมเลกุลในส่วน crystallite เริ่มคลายความหนาแน่นลง โมเลกุลส่วนที่เริ่มคลายตัวออกจากกันจับกับน้ำทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 1.8 โมเลกุลในส่วน crystallite ที่เหลืออยู่เกิดสภาพคลายร่างแหเรียกว่า micelle network ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ทำให้เม็ดแป้งยังคงสภาพอยู่ได้ แต่อาจมีโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดเล็กและอิสระกระจายตัวออกจากเม็ดแป้ง เมื่อทำให้อุณหภูมิน้ำแป้งสูงขึ้นไปอีก ส่วน crystallite ที่เหลืออยู่นี้จะคลายตัวออกทำให้เม็ดแป้งพองมากขึ้นและโมเลกุลแป้งอบอยู่ในสภาพสารละลายมากขึ้น

ภาพที่ 1.8 การพองตัวของเม็ดแป้ง

ที่มา : (www.opta-food.com/access/starch2.html)

ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัว และความสามารถในการละลาย คือ ชนิดของแป้ง ความแข็งแรง และลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำในสารละลายแป้ง และการดัดแปรแป้งทางเคมี รูปแบบในการพองตัวและการละลายของเม็ดแป้งแต่ละชนิดจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันไป (ตารางที่ 1.3) เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำแป้ง เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัว และบางส่วนของแป้งจะละลายออกมา กำลังการพองตัวของแป้งจะแสดงเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ สำหรับความสามารถในการละลายจะแสดงเป็นน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารละลาย ซึ่งคุณสมบัติทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กัน (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550, หน้า 41)

ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งมีหลายประการ (Leach *et al.*, 1959; Leach , 1965) ได้แก่

ตารางที่ 1.3 คุณสมบัติการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งแต่ละชนิดที่ 95 องศาเซลเซียส

แป้ง	กำลังการพองตัว	การละลาย (ร้อยละ)
มันฝรั่ง	มากกว่า 1,000	82
สาคู	97	39
มันสำปะหลัง	71	48
พุทธรักษา	72	37
ท้าวยายม่อม	54	28
มันเทศ	46	18
ข้าวโพด	24	25
ข้าวฟ่าง	22	22
ข้าวสาลี	21	41
ข้าวเจ้า	19	18
ข้าวโพดข้าวเหนียว	64	23
ข้าวเจ้าข้าวเหนียว	56	13
ข้าวฟ่างข้าวเหนียว	49	19
ถั่ว	6	19
ข้าวโพดชนิดอะไมโลสสูง	6	12
ถั่วการ์บาโซ	13	15

ที่มา : (กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยจอมขวัญ, 2546, หน้า 44)

ชนิดของแป้ง แป้งแต่ละชนิดมีรูปแบบในการพองตัวและการละลายที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาตามความสามารถในการพองตัวและการละลายของแป้งแล้ว สามารถแบ่งแป้งออกเป็น 3 ชนิด คือ แป้งจากธัญพืช แป้งจากส่วนราก และแป้งจากส่วนหัว

ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง หรืออีกนัยหนึ่งคือ จำนวนและชนิดของพันธะภายในเม็ดแป้ง ในระดับโมเลกุลมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจำนวนของพันธะ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง ส่วนประกอบ และการกระจายตัวของร่างแหภายในเม็ดแป้ง อัตราส่วนของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน น้ำหนัก

โมเลกุล การกระจายตัวของโมเลกุล จำนวนกิ่งก้านสาขา การจัดเรียงตัวและความยาวของสาขาในอะไมโลเพคติน

สิ่งเจือปนในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต สิ่งเจือปนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง เช่น แป้งข้าวโพดที่ถูกสกัดไขมันออกจะมีการพองตัวอย่างอิสระและเป็นรูปแบบเดียวกันดีกว่าแป้งข้าวโพดปกติ เนื่องจากกรดไขมันในธรรมชาติของแป้งข้าวโพดปกติจะยับยั้งการพองตัวของเม็ดแป้ง โดยเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอะไมโลส (lipid-amylose complex) นอกจากนั้นการใส่สารลดแรงตึงผิวในแป้งจะมีผลต่อกำลังการพองตัวของเม็ดแป้ง การใส่โพแทสเซียม ปาล์มมิเตท (potassium palmitate) และ สเตียเรต (stearate) จะลดกำลังการพองตัวของแป้งมันสำปะหลัง ในขณะที่การใส่โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate) และซิติลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (cetyl trimethyl ammonium bromide) จะเพิ่มกำลังการพองตัวของเม็ดแป้ง

คุณสมบัติหลังการดัดแปรทางเคมี คุณสมบัติการพองตัวและการละลายของแป้งจะเปลี่ยนไปเมื่อมีการดัดแปรทางเคมี การดัดแปรด้วยกรด หรือการเกิดออกซิเดชันด้วยเกลือไฮโปคลอไรด์ จะทำให้เกิดการแตกออกของพันธะภายในร่างแห ทำให้เม็ดแป้งกระจายออกเป็นชิ้นเล็กๆ การละลายและการพองตัวสูงขึ้น สำหรับการดัดแปรด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน หรืออีเทอร์ริฟิเคชัน จะเกิดการแทนที่ของหมู่อื่นภายในโมเลกุลของแป้ง ทำให้พันธะภายในเม็ดแป้งอ่อนแอลง อุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนซ์ต่ำลงการพองตัวเพิ่มขึ้น ขอบเขตในการลดลงของอุณหภูมิเจลาทิไนซ์ และการพองตัวเพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับจำนวนและธรรมชาติของหมู่ที่มาแทนที่ การครอสลิง (cross linking) จะทำให้ความแข็งแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการพองตัวและการละลายจึงลดลง

ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในสภาวะที่เกิดการพองตัว มีผลต่อการพองตัวและการละลาย สารละลายที่มีปริมาณแป้งต่ำกว่าร้อยละ 20 ค่าการละลายจะสูงกว่าเมื่อมีแป้งสูงกว่าร้อยละ 20 การพองตัวอย่างอิสระและการละลายที่สูงขึ้นจะถูกยับยั้งในสภาพที่สารละลายมีปริมาณน้ำน้อย สารประกอบอื่นๆ เช่น ซูโครส กลูโคส และสารอิเล็กโทรไลต์ เช่น sodium chloride) มีผลกระทบต่อการพองตัวของแป้ง พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซูโครส และลดปริมาณแป้งลงทำให้แป้งสามารถละลายได้เพิ่มขึ้น

การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization)

กลไกการเกิดเจลาติไนเซชัน เกิดขึ้นเมื่อน้ำแป้งใส่ในน้ำเย็น เม็ดแป้งดูดซับน้ำได้ในปริมาณจำกัดปริมาณหนึ่ง แต่จะยังไม่พองตัวหรือพองตัวได้จำกัดมากและสังเกตได้ยาก Collison

(1968) สังเกตการณ์พองตัวของเม็ดแป้งสาลีในน้ำที่อุณหภูมิห้องพบว่าแป้งที่พองตัวมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และปรากฏการนี้สามารถผันกลับได้ (reversible) โดยเมื่อนำไปอบแห้งก็จะได้แป้งที่มีลักษณะและคุณสมบัติดังเดิม ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในส่วนที่เป็น crystallite จับตัวกันอย่างหนาแน่นแข็งแรงจึงไม่ละลายในน้ำเย็น แต่น้ำอาจซึมเข้าไปในส่วนของเม็ดแป้งซึ่งไม่เป็นระเบียบและมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระได้บ้าง แต่เมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่งประมาณ 60-75 องศาเซลเซียส หรือใช้สารเคมี เช่นให้ความร้อน 60 องศาเซลเซียส แก่แป้งสาลีจะมีผลทำให้การจับยึดกันระหว่างโมเลกุลของแป้งส่วน crystallite ลดลง เกิดปฏิกิริยาการรับน้ำและการพองตัวของเม็ดแป้งซึ่งไม่สามารถผันกลับได้ (inreversible) และทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น กระบวนการนี้เรียกว่า "เจลาติไนเซชัน" ซึ่งเมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สำคัญขึ้นคือ มีการพองตัวของเม็ดแป้งและเครื่องหมายกากบาท (maltese cross) ภายในเม็ดแป้งหายไป อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของแป้ง เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมีโครงสร้างส่วน crystallite ที่แตกต่างกัน ทั้งระดับการจับกัน (degree of association) และความสม่ำเสมอของการเกิดเจลาติไนซ์ไม่พร้อมกันทุกเม็ด แม้แต่ในแป้งชนิดเดียวกัน จากแหล่งเดียวกันก็ตาม อาจมีช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันที่ห่างกันถึง 8-10 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปเม็ดแป้งขนาดใหญ่จะเกิดเจลาติไนเซชันก่อนขนาดเล็ก (Morrison and Laignelet, 1983; Collison, 1968) แต่เมื่อใช้ SEM ส่องดูโครงสร้างของแป้งข้าวบาร์เลย์ซึ่งมีเม็ดแป้งขนาดเล็กอยู่ประมาณร้อยละ 30 พบว่าสูญเสียเครื่องหมายกากบาทจะเกิดขึ้นได้พร้อมๆ กัน (Goering *et al.*, 1974) แป้งอาจเกิด เจลาติไนเซชันได้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยการละลายใน solvent เช่น alkali, liquid ammonia, DMSO, aq. $CaCl_2$

ภาพที่ 1.9 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งขณะให้ความร้อน

ที่มา: (www.engin.umich.edu/.../potato/starch3.htm)

ลำดับการเปลี่ยนแปลงเป็นดังนี้

1. เริ่มมีการพองตัวในส่วนที่เป็นระเบียบน้อยที่สุดคือในส่วน Amorphous
2. การพองตัวจะทำให้เกิด tension ต่อ crystallites อยู่ข้างเคียงทำให้โครงสร้างเสียหาย
3. การให้ความร้อนต่อไปจะเกิด Uncoiling หรือการแตกตัวของ double helical region เกิด break up ของโครงสร้างผลึก side chain ของ อะไมโลเพคตินที่แยกตัวออกมาจะถูก hydrate และมีการพองตัวไปในแนวรอบๆ ดังนั้นจะเกิด stress ต่อโครงสร้างผลึกที่ยังเหลืออยู่
4. การเกิด hydration ต่อไปจะเพิ่ม mobility ของโมเลกุลทำให้เกิดการกระจายตัวของโมเลกุล
5. โมเลกุลของอะไมโลสซึ่งมีขนาดเล็กจะแพร่ออกมาจาก swollen granule
6. การให้ความร้อนต่อไปจะทำให้ granule แตกออกมากขึ้นจนในที่สุดได้เป็นสารละลาย

การคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation)

การคืนตัวของแป้งสุกเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำแป้งสุกซึ่งร้อนมีอุณหภูมิลดต่ำลง ขณะที่อุณหภูมิลดลง โมเลกุลอิสระของอะไมโลสซึ่งอยู่ใกล้กันจะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันและจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ดังภาพที่ 1.10 ทำให้เกิดสภาพการจัดเรียงตัวของโมเลกุลขึ้นใหม่ โดยเปลี่ยนจากลักษณะการกระจายตัวของโมเลกุลมาเป็นส่วนที่เป็น crystallite ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้ x-ray diffraction (Collison, 1968) ถ้าน้ำแป้งสุกมีความเข้มข้นต่ำ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเหล่านี้จะทำให้เกิดลักษณะตะกอนขุ่นขาว แต่ถ้าน้ำแป้งสุกมีความเข้มข้นสูง เช่น แป้งข้าวโพดความเข้มข้นร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก จำนวนโมเลกุลที่มาจัดเรียงตัวกันใหม่มีมากและระหว่างเคลื่อนที่เข้ามาจับกันจะสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น และในที่สุดเกิดลักษณะเจลที่อ่อนนุ่ม

ภาพที่ 1.10 ลักษณะการเกิดรีโทเกรเดชันของโมเลกุลสตาร์ช

ที่มา : (http:/www.agsci.ubc.ca/…/fnh/301/water/waterq5.htm)

ภาพที่ 1.11 การคืนตัวของแป้ง

ที่มา : (http://www.nationalstarch.com)

ความหนืด (Viscosity)

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญและเป็นประโยชน์มากที่สุดของแป้ง เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้ง ทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวและมีความหนืดมากขึ้น ดังภาพที่ 1.12 พฤติกรรมความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างกันไปตามชนิดและสายพันธ์ของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งซึ่งแขวนลอยในน้ำ ได้รับความร้อนถึงระดับหนึ่งจะพองตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเร็วมาก

อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้เรียกว่า pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) จากนั้นอาจลดลงหรือคงที่ ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง การที่แป้งมีความหนืดสูงสุดเนื่องจากเมื่อเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้น และมีชิ้นส่วนของเม็ดแป้ง หรือโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินบางส่วนที่แตกสลายออกมาอยู่ในสารละลาย เมื่อส่วนที่แตกสลายและละลายออกมามีมากกว่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้น ความหนืดจะเริ่มลดลง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่ออยู่ในช่วงการหุงต้มที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้นค่าความหนืดของน้ำแป้งสุกจะเป็นผลมาจากการพองตัวของเม็ดแป้ง และการแตกหักของเม็ดแป้งร่วมกับการละลายออกมาของโมเลกุลแป้ง

ภาพที่ 1.12 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน

ที่มา : (www.ftns.wau.nl/agridata/starchpackfoam.htm)

เมื่อลดอุณหภูมิลง โมเลกุลอิสระที่กระจัดกระจายออกมา (โดยเฉพาะส่วนของอะไมโลส) ถ้ามีขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมคือ ไม่สั้นและยาวเกินไปก็จะสามารถเคลื่อนที่เข้ามาจับกัน และกักน้ำไว้ได้ ทำให้ความหนืดสูงขึ้นอีก ความหนืดที่กลับมาสูงขึ้นอีกนี้เรียกว่า setback และปรากฏการณ์นี้ก็คือการคืนตัวของแป้ง (retro gradation) ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดได้แก่ ชนิดของแป้ง ขนาดอนุภาค สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน และอุณหภูมิ shear rate เป็นต้น แต่ที่มีผลมากที่สุดได้แก่ชนิดของแป้ง

การติดตามความหนืดของน้ำแป้งสุก (paste) มีหลายวิธี การเลือกเครื่องมือใดนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ ที่ใช้กันแพร่หลายที่สุดคือเครื่อง Brabender amylograph ซึ่งติดตามพฤติกรรมความหนืดของแป้งตลอดช่วงการให้ความร้อนและการทำให้เย็นลง โดยแสดงผลในรูปของความหนืดที่เปลี่ยนไปกับเวลา และเครื่อง rapid visco analyzer (RVA) เป็นเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนามาเพื่อติดตามพฤติกรรมความหนืดของแป้งอีกแบบหนึ่ง คุณสมบัติพิเศษของเครื่องนี้คือ สามารถเปลี่ยนระดับอุณหภูมิทั้งการทำให้ร้อนและเย็นได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ควบคู่ไปกับความสามารถในการรักษาอุณหภูมิให้คงที่ ทำให้สามารถหา pasting curve ได้ภายใน 13 นาที เนื่องจากมีกลไกในการส่งผ่านความร้อนที่ดีและยังใช้ปริมาณตัวอย่างน้อยกว่าการทำงานของเครื่อง rapid visco analyzer RVA คล้ายกับเครื่อง Brabender viscoamylograph โดยใช้แป้งปริมาณ 3 กรัม เติมน้ำ 25 มิลลิลิตร รักษาอุณหภูมิไว้ที่ 50 หรือ 60 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนด้วยอัตราประมาณ 12 องศาเซลเซียสต่อนาที จนได้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ปล่อยไว้ 2-3 นาที ทำให้เย็นลงด้วยอัตราประมาณ 12 องศาเซลเซียส ต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าเป็นเวลา 2 นาที เครื่องจะทำการบันทึกอุณหภูมิและ viscosity profile ที่เปลี่ยนไปกับเวลา ดังภาพที่ 1.13

ภาพที่ 1.13 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA

ค่าที่เครื่องจะแสดงผลอ่านได้บนจอคอมพิวเตอร์โดยความหนืดมีหน่วยเป็น RVU ดังนี้

1. Peak Time = เวลาที่เกิด peak ของความหนืด (นาที)
2. Pasting Temperature = อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนค่าความหนืดหรืออุณหภูมิที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น 2 RVU ใน 20 วินาที (องศาเซลเซียส)
3. Peak Temperature = อุณหภูมิที่เกิด peak (องศาเซลเซียส)
4. Holding Strength = ความหนืดที่ต่ำที่สุดระหว่างการทำให้เย็น (RVU)
5. Breakdown = ความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (RVU)
6. Final Viscosity = ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง (RVU)
7. Setback Form Peak = ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดที่จุด peak (RVU)
8. Setback Form Trough = ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (RVU)

การเกิดรีโทรเกรเดชัน

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิเกิดเจลาติไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็กจะกระจัดกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัว โมเลกุลอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติ โครงสร้างใหม่นี้สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียวคล้ายฟิล์มหรือผลึก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทเกรเดชัน (retrogradation) หรือการคืนตัว (setback) (Smith, 1979) เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงไปอีก ลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมานอกเจล ซึ่งเรียกว่า syneresis ปรากฏการทั้งสองนี้จะทำให้เจลมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น

การใช้ประโยชน์จากแป้งในการทำขนม

นิศารัตน์ สุขเอม อภิญญา มานะโรจน์ และวรรณภา หวังนิพพานโต (2550) ศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวกล้องต่อแป้งข้าวเจ้าในการทำขนมไทย 2 ชนิด คือ ข้าวตังเสวยและกระทงทอง พบว่า อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องต่อแป้งข้าวเจ้าที่ได้รับการยอมรับในระดับสูงสุดในการทำข้าวตังเสวยและกระทงทอง อยู่ที่ 70 : 30 และผลิตภัณฑ์ขนมไทยที่ทำจากแป้งข้าวกล้องส่วนใหญ่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะใยอาหาร กนกกานต์ วีระกุล (2550) ได้ทดลองพัฒนาสูตรแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปเพื่อผลิตขนมปังโดยใช้กัวร์กัมเป็นสารยึดเกาะ ในปริมาณร้อยละ

0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 ปริมาณน้ำร้อยละ 80, 90, 100 และ 110 ของน้ำหนักแป้ง เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดโดยการแทนที่แป้งข้าวเจ้าปริมาณร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 และใช้ปริมาณน้ำร้อยละ 85, 95 และ 105 ของน้ำหนักแป้ง พบว่า ขนมปังสูตรที่ใช้กัวร์กัมร้อยละ 0.5 โปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 10 และ น้ำร้อยละ 105 ของน้ำหนักแป้งได้รับการยอมรับการยอมรับสูงสุด ($P<0.05$) นำแป้งข้าวเจ้า โปรตีนถั่วเหลืองสกัด และกัวร์กัมมาผสมรวมกันเพื่อผลิตแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า: โปรตีนถั่วเหลืองสกัด:กัวร์กัม เท่ากับ 90 :10: 0.5 ผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปมีโปรตีนร้อยละ 6.55 และความชื้นร้อยละ 10.53 นำแป้งข้าวเจ้ามาผลิตขนมปัง ศึกษาปริมาณน้ำมันข้าวโพดและน้ำมันเมล็ดทานตะวันที่ใช้ปริมาณร้อยละ 3, 4, 5 และ 6 ตรวจคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าขนมปังสูตรที่ใช้น้ำมันข้าวโพดร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด ($P<0.05$) โดยขนมปังที่ได้มีปริมาตรจำเพาะ 2.02 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม การสูญเสียน้ำระหว่างการอบร้อยละ 5.45 และผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 45.78

นอกจากนี้พัชรี สิทธิยางกูร และอรวรรณ เจริญวัฒนา (2546) ได้ศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของข้าวเกรียบมีผลมาจากหลายปัจจัยเช่น ปริมาณน้ำ ระยะเวลาการนึ่ง และชนิดของแป้ง การผสมแป้งมากกว่าหนึ่งชนิด เช่น แป้งสาคู และแป้งมันสำปะหลัง ส่วนชุติมา ไชยเชาวน์ (2545) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของชนิดและปริมาณของแป้งที่ใช้ต่อคุณภาพของลูกชิ้นปลานิล โดยแปรชนิดของแป้งเป็น 3 ชนิด คือ แป้งสาลี แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง และแปรปริมาณแป้งเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 3, 5 และ 8 โดยน้ำหนักเนื้อ ประเมินคุณภาพลูกชิ้นปลานิลโดยผลทางประสาทสัมผัส และความเหนียวโดยวิธีการพับ จากผลการวิจัยพบว่า ชนิดของแป้งมีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ต่อกลิ่นและรสชาติ แต่ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ต่อสี เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม ส่วนปริมาณของแป้งที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ต่อเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม ส่วนความเหนียวพบว่า ลูกชิ้นปลานิลที่ใช้แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 8 มีคุณภาพดีที่สุด

บทที่ 2

วิธีการดำเนินการวิจัยและอุปกรณ์ เครื่องมือ

วัตถุดิบ

ผลปรงที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน โดยปรงจะเริ่มติดดอกในเดือนมกราคม (เดือนที่ 1) หลังจากนั้นระยะผลปรงจะเริ่มแก่ ซึ่งจะแก่ในช่วงเดือนสิงหาคม (เดือนที่ 8) ระยะผลปรงแก่จัด ซึ่งจะแก่จัดในช่วงกลางเดือนกันยายน (เดือนที่ 9) ซึ่งวัตถุดิบปรงที่นำมาทำการวิจัยได้มาจากตำบลหนองหญ้าปล้อง อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นเตรียมการ

ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสาร งานวิจัยในประเด็นสำคัญ คือ การผลิต การศึกษาวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับการผลิตแป้ง สมบัติเชิงหน้าที่ และการนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งเป็นส่วนผสม เป็นต้น

ขั้นดำเนินการ

1. ศึกษาข้อมูลการผลิตแป้งปรงพื้นฐานของชุมชนหนองหญ้าปล้อง อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย เพื่อปรับปรุงและศึกษาการผลิตแป้งปรงที่เหมาะสม และได้ผลผลิตสูงสุดกับกลุ่มผู้ผลิต โดยนำผลปรงมาล้างทำความสะอาด ผ่าเอาเปลือกหุ้มออก แล้วจึงนำเนื้อปรงไปผลิตเป็นแป้ง โดยการผลิตแป้งปรงทำตามวิธีของชุมชนดังแผนภาพที่ 2.1

2. ศึกษาปรับปรุงขั้นตอนการผลิตและหาวิธีการผลิตแป้งปรงที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มปริมาณผลผลิตของแป้งในห้องปฏิบัติการ โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

2.1. การผลิตแป้งปรง

การผลิตแป้งปรง เริ่มจากนำเอาเมล็ดปรงมาผ่าซีก แกะเนื้อข้างใน นำเนื้อในของปรงไปล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นนำปรงมา 150 กรัม มาปั่นกับน้ำในอัตราส่วนที่กำหนดโดยเครื่องตีปั่นอาหาร (Moulinex รุ่น 241) นำไปกรอง นำสารละลายที่ได้ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน จากนั้นล้าง

ตะกอนจำนวน 3 ครั้ง นำตะกอนแป้งปรงไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด (TPD รุ่น 1004) เป็นเวลา 6 0 นาที จากนั้นนำแป้งมาบดให้ละเอียด เก็บใส่ภาชนะบรรจุปิดให้สนิท ที่อุณหภูมิห้อง

นำผลปรงมาล้างทำความสะอาด และผ่าซีกออกเป็นสองส่วน
นำเนื้อปรงล้างทำความสะอาด
⇩
นำเนื้อที่ได้ปั่นกับน้ำในอัตราส่วนเนื้อต่อน้ำ 1: 1. นาน 1 นาที
กรอง (ใช้น้ำอีกประมาณ 3 เท่าของน้ำหนักเนื้อปรง)
⇩
ตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนนอนก้น
⇩
นำตะกอนที่ได้ล้างน้ำแล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน (ทำประมาณ 4 ครั้ง)
⇩
นำไปผึ่งแดดประมาณ 2-3 แดด
⇩
แป้งปรง

ภาพที่ 2.1 วิธีการสกัดแป้งของชุมชน

2.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตแป้งปรง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตแป้งปรง ได้แก่ **ค่า pH ของน้ำที่ใช้สกัดแป้ง** ที่ทดลองศึกษา 3 ระดับ คือ 6.0. 6.5 และ 7.0 **เวลาในการปั่น** ที่ทดลองศึกษา 4 เวลา คือ 30. 60. 90 และ 120 วินาที **อัตราส่วนปรงต่อน้ำที่ใช้สกัด** ที่ทดลองศึกษา 4 ระดับ คือ 1: 4. 1: 5. 1: 6 และ 1: 7 **ปริมาณน้ำล้างตะกอน** ที่ทดลองศึกษา 3 ระดับ คือ ใช้น้ำล้าง 0. 2 และ 3 เท่าของน้ำที่ใช้สกัด และ **อายุการเก็บเกี่ยวผลปรงที่แตกต่างกัน** (ในช่วงเดือนมกราคม ปรงจะเริ่มออกดอกและเมล็ดปรงเริ่มแก่ในช่วงเดือนกรกฎาคม และแก่จัดในช่วงเดือนกันยายน) ระยะเวลาการเก็บผลปรงที่ทดลองศึกษา 3 ช่วงได้แก่ ระยะผล เริ่มแก่ในช่วงเดือนกรกฎาคม (เดือนที่ 7) สิงหาคม (เดือนที่ 8) และ เดือนกันยายน (เดือนที่ 9) โดยทำการผลิตตามวิธีการข้อ 2.1 แป้งนำไปวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตที่ได้ตามวิธีการข้อ 2.3 วิเคราะห์คุณภาพตามวิธีการข้อ 3 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามวิธีการข้อ 6

2.3. การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการสกัด

นำตัวอย่างปรงชั่งน้ำหนัก จดบันทึก (A) นำแป้งที่ได้จากแต่ละการทดลองหลังจากการอบแห้งมาชั่งน้ำหนัก จดบันทึก (B) นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณผลผลิตที่ได้โดยใช้สูตร (Bx100/A)

3. ศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวที่มีต่อคุณสมบัติของแป้งปรงในด้านองค์ประกอบทางเคมี ทางกายภาพ และ จุลินทรีย์ ดังนี้

3.1 สมบัติทางเคมี

- วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต โดยวิธี AOAC (1990)

- วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธี AOAC (1990)

- ค่าความเป็นกรดด่าง โดย pH meter (ยี่ห้อ Consort รุ่น C 830 S/N 62799)

- วิเคราะห์หาปริมาณอะไมโลสโดยการเกิดสี (Knutson, 1986)

3.2 สมบัติทางกายภาพ

- ลักษณะของเม็ดแป้ง โดย กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา (Light Microscope) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) Walker, 1976

- ความหนืดโดยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) (Newport Scientific Pty.Ltd., 1995)

- ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter lab (ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น DP 9000 S/N 90905)

- กำลังการพองตัวและร้อยละการละลาย (ดัดแปลงจากวิธีของ Schoch, 1964)

3.3 สมบัติทางจุลินทรีย์

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี AOAC (1990)

- จำนวนยีสต์และรา โดยวิธี AOAC (1990)

4. ศึกษาทิศทางและแนวทางการนำแป้งปรงไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ที่มีแป้ง (ชนิดอื่น) เป็นส่วนประกอบ

เพื่อทดลองนำแป้งปรงไปทดแทน หรือใช้แทน โดยทดลองใช้แป้งปรงแทนแป้งมันร้อยละ 100 ในการผลิต ขนมกุยช่าย (ตารางที่ 2.1) ตามวิธีการของปวีณา เชาว์แก้ว (ภาพที่ 2.2)ขนมกล้วย (ตารางที่ 2.2) ตามวิธีการของปวีณา เชาว์แก้ว (ภาพที่ 2.3) และขนมผิง (ตารางที่ 2.3) ตามวิธีการของปวีณา เชาว์แก้ว (ภาพที่ 2.4) และแทนแป้งข้าวเหนียวร้อยละ 50 ในการผลิตขนมบ้าบิ่น (ตารางที่ 2.4) ตามวิธีการของปวีณา เชาว์แก้ว (ภาพที่ 2.5) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีการข้อ 3.1 และทดสอบทางประสาทสัมผัสตามวิธีการข้อ 5

ตารางที่ 2.1 สูตรผลิตภัณฑ์ขนมกุยช่าย

สูตรที่ 1 (มาตรฐาน)			**สูตรที่ 2 (ใช้แป้งปรงทดแทน)**		
1. แป้งข้าวเจ้า	350	กรัม	1. แป้งข้าวเจ้า	350	กรัม
2. แป้งมัน	100	กรัม	2. แป้งปรง	100	กรัม
3. แป้งข้าวเหนียว	100	กรัม	3. แป้งข้าวเหนียว	100	กรัม
4. น้ำ	400	กรัม	4. น้ำ	400	กรัม
5. น้ำมัน	50	กรัม	5. น้ำมัน	50	กรัม
6. ใบกุยช่าย	1	กิโลกรัม	6. ใบกุยช่าย	1	กิโลกรัม
7. โซดาไบคาร์บอเนต	½	ช้อนชา	7. โซดาไบคาร์บอเนต	½	ช้อนชา

นำแป้งทั้ง 3 ชนิด และส่วนผสมทั้งหมดเทรวมกันในกระทะทองเหลือง

⇩

คนให้เข้ากันนำไปตั้งไฟ กวนจนแป้งสุกร่อนจากกะทะ

⇩

ทิ้งไว้ให้เย็น

⇩

ปั้นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยม (50 กรัม/ชิ้น)

⇩

นำใส่ลังถึง นึ่ง 10 นาที จนสุก

ภาพที่ 2.2 วิธีการผลิตขนมกุยช่าย

ที่มา : (ปวีณา เชาว์แก้ว, 2550, หน้า 45)

ตารางที่ 2.2 สูตรผลิตภัณฑ์ขนมกล้วย

สูตรที่ 1 (มาตรฐาน)			**สูตรที่ 2 (ใช้แป้งปรงทดแทน)**		
1. แป้งข้าวเจ้า	200	กรัม	1. แป้งข้าวเจ้า	200	กรัม
2. แป้งมัน	150	กรัม	2. แป้งปรง	150	กรัม
3. กล้วยน้ำว้าบด	1	กิโลกรัม	3. กล้วยน้ำว้าบด	1	กิโลกรัม
4. มะพร้าวทึมทึก	300	กรัม	4. มะพร้าวทึมทึก	300	กรัม
5. กะทิ	250	กรัม	5. กะทิ	250	กรัม
6. น้ำตาลทราย	200	กรัม	6. น้ำตาลทราย	200	กรัม
7. เกลือป่น	2	ช้อนชา	7. เกลือป่น	2	ช้อนชา
8. เกลือป่น (โรยหน้ามะพร้าว)	1	ช้อนชา	8. เกลือป่น (โรยหน้ามะพร้าว)	1	ช้อนชา

นำแป้งทั้ง 2 ชนิดผสมรวมกัน

⇩

ใส่กะทิ น้ำตาล คนส่วนผสมให้เข้ากัน

⇩

ใส่เกลือ และกล้วยบด ผสมให้เข้ากัน

⇩

ตักใส่พิมพ์

⇩

โรยหน้าด้วยมะพร้าวทึมทึกขูดที่ผสมเกลือแล้ว

⇩

นำใส่ลังถึง นึ่งใช้ไฟแรง 15 นาที จนขนมสุก

⇩

นำออกจากพิมพ์

ภาพที่ 2.3 วิธีการผลิตขนมกล้วย

ที่มา : (ปวีณา เชาว์แก้ว, 2550, หน้า 59)

ตารางที่ 2.3 สูตรผลิตภัณฑ์ขนมผิง

สูตรที่ 1 (มาตรฐาน)			**สูตรที่ 2 (ใช้แป้งปรงทดแทน)**		
1. แป้งมัน	400	กรัม	1. แป้งปรง	400	กรัม
2. น้ำตาลทราย	100	กรัม	2. น้ำตาลทราย	100	กรัม
3. หัวกะทิ	125	กรัม	3. หัวกะทิ	125	กรัม
4. ไข่ไก่ (ใช้แต่ไข่แดง)	3	ฟอง	4. ไข่ไก่ (ใช้แต่ไข่แดง)	3	ฟอง
5. นมแมว	¼	ช้อนชา	5. นมแมว	¼	ช้อนชา
6. เทียนอบขนม			6. เทียนอบขนม		

ผสมกะทิกับน้ำตาล ตั้งไฟให้ละลาย กรองให้สะอาด

⇩

ยกขึ้นตั้งปานกลาง เคี่ยวให้เหนียวเป็นยางมะตูม

⇩

ลดใช้ไฟอ่อน ใส่ไข่แดง คนให้เข้ากัน

⇩

ร่อนแป้งเทใส่ส่วนผสมของกะทิ นวดให้เข้ากัน

⇩

หมักไว้ 1คืน

⇩

นำแป้งที่หมักไว้มานวด ใส่กลิ่นนมแมว

⇩

ปั้นเป็นก้อนกลมเล็กๆ วางเรียงในถาดที่ทาน้ำมัน

⇩

นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที

⇩

จนขนมสีเหลืองนวล แซะออกจากถาด พักไว้ให้เย็น

⇩

อบควันเทียนให้หอม

ภาพที่2.4 วิธีการผลิตขนมผิง

ที่มา : (ปวีณา เชาว์แก้ว, 2550, หน้า 61)

ตารางที่ 2.4 สูตรผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่น

สูตรที่ 1 (มาตรฐาน)			สูตรที่ 2 (ใช้แป้งปรงทดแทน)		
1. แป้งข้าวเหนียว	400	กรัม	1. แป้งข้าวเหนียว	200	กรัม
2. น้ำตาลทราย	300	กรัม	2. แป้งปรง	200	กรัม
3. ไข่ไก่	4	ฟอง	3. น้ำตาลทราย	300	กรัม
4. กะทิ	200	กรัม	4. ไข่ไก่	4	ฟอง
5. นมแมว	1	ช้อนชา	5. กะทิ	200	กรัม
6. มะพร้าวทึมทึกขูด	500	กรัม	6. นมแมว	1	ช้อนชา
			7. มะพร้าวทึมทึกขูด	500	กรัม

นวดแป้งกับหัวกะทิให้เข้ากัน

⇩

ใส่มะพร้าวขูด

⇩

ตีไข่ให้ขึ้น ค่อยๆ ใส่น้ำตาลจนหมด ตีให้ขึ้นฟู

⇩

เทรวมกับส่วนผสมแป้ง

⇩

ทาน้ำมันพืชให้ทั่วพิมพ์

⇩

เทส่วนผสมใส่พิมพ์

⇩

อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

⇩

จนขนมเหลือง นำออกจากเตา

ภาพที่ 2.5 วิธีการผลิตขนมบ้าบิ่น

ที่มา : (ปวีณา เชาว์แก้ว, 2550, หน้า 60)

5. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

5.1 การยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการเปรียบเทียบ (Triangle Test) นำผลิตภัณฑ์ขนมที่ทำจากแป้งปรง ได้แก่ ขนมกุยช่าย ขนมกล้วย ขนมบ้าบิ่น และขนมผิง โดยเป็นการทดสอบการตอบสนองของผู้บริโภคเมื่อต้องเปรียบเทียบตัวอย่างที่มีความแตกต่างเพียง 1 ตัวอย่างออกมา

5.2 การยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (Hedonic Scaling Method) นำผลิตขนมที่ทำจากแป้งปรงที่ผ่านการตรวจสอบประสาทสัมผัสในข้อ 5.1 มาทำการทดสอบระดับความพอใจของผู้ทดสอบที่มีต่อตัวอย่างบอกความชอบ และไม่ชอบออกมาเป็นสเกลความชอบ (Hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 20 คน ทำการทดสอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความชอบรวม โดยมีคะแนนตั้งแต่ 1 – 9 คือ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด	2 = ไม่ชอบมาก	3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	5 = เฉยๆ	6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง	8 = ชอบมาก	9 = ชอบมากที่สุด

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติตามแผนการทดลอง Completely randomized design โดยปัจจัยในการศึกษาคือ เวลาที่ใช้ในการปั่น อัตราส่วนปรงต่อน้ำที่ใช้สกัด ค่า pH ของน้ำที่ใช้สกัด อัตราส่วนในการใช้น้ำล้างตะกอน อายุการเก็บเกี่ยวเมล็ดปรง สมบัติเชิงหน้าที่ และการนำแป้งปรงไปใช้ประโยชน์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป วิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างทั้งหมดโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 3
ผลงานวิจัยและอภิปราย

ผลการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลการผลิตแป้งปรงพื้นฐานของชุมชนหนองหญ้าปล้อง

จากการศึกษาข้อมูล พบว่า ลูกปรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-4 เซนติเมตร) มีลักษณะคล้ายลูกหมาก หรือลูกมะพร้าวที่มีขนาดเล็ก (ภาพที่ 3.1) สามารถนำเนื้อปรงออกโดยการใช้มีดที่มีน้ำหนักผ่าตรงกลางรอยแยกส่วนท้ายของลูกปรง (ภาพที่ 3.2) ลักษณะของต้นปรงจะแบ่งออกเป็นสองเพศ คือ เพศผู้ จะมีดอกแหลมยาวออกจากต้น (ภาพที่ 3.3) และเพศเมียจะมีลูกเต็มต้นตั้งแต่เดือนเมษายนถึงพฤศจิกายน (ภาพที่ 3.1)

ภาพที่ 3.1 ลักษณะลูกปรงที่ออกตามบริเวณรอบต้นปรง

ภาพที่ 3.2 รอยแยกส่วนท้ายของลูกปรง และลักษณะลูกปรงสด

ภาพที่ 3.3 ลักษณะปรงตัวผู้

จากการสัมภาษณ์นางสวาท เอ็มอยู่ (2550) อายุ 65 ปี กล่าวว่า การนำแป้งจากปรงมาเป็นอาหารได้รับการถ่ายทอดภูมิปัญญาจากบรรพบุรุษ โดยคนในสมัยก่อนมักหาของกินตามป่าเขา และมีการสังเกตเห็นลูกปรงที่เกิดขึ้นเต็มรอบต้น (ซึ่งลูกปรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-4 เซนติเมตร) มีลักษณะคล้ายลูกหมาก หรือลูกมะพร้าวที่มีขนาดเล็ก (ภาพที่ 3.1) จึงได้ทดลองทุบ/ผ่าดูเนื้อภายในสังเกตเห็นว่าในเนื้อภายในลูกปรงมีลักษณะเหมือนมีแป้งจึงได้นำมาทดลองสกัดแป้งโดยการใช้มีดที่มีน้ำหนักผ่าตรงกลางรอยแยกส่วนท้ายของลูกปรง (ภาพที่ 3.2) จากนั้นนำมาตำในครกไม้ จากนั้นนำมาละลายน้ำ แล้วกรอง นำกากทิ้งไว้ส่วนที่เป็นสารละลายตั้งทิ้งไว้จนเกิดตะกอนนอนก้น จึงรินน้ำทิ้งไป จากนั้นนำตะกอนล้างน้ำอีก 3 ครั้งหรือจนแป้งสะอาดจึงนำมาผึ่งแดดประมาณ 2 แดดเพื่อให้แป้งแห้งสนิทจึงเก็บใส่ถุงไว้รับประทานในครัวเรือน ส่วนการสัมภาษณ์นางสุภกร เครือทัพ (2550) อายุ 48 ปี กล่าวว่าคนในชุมชนตำบลวังประจบจะเรียกต้นปรงว่า มะพร้าวเต่า เนื่องจากต้นมีลักษณะเตี้ย ใบคล้ายกับมะพร้าว และยังเล่าต่อว่าการผลิตแป้งจากลูกปรงจะมีการ

จำหน่ายกันในราคากระป๋องนม (ปริมาณ 200 กรัม) ในราคากระป๋องละ 25 บาท โดยแป้งที่สกัดได้จะนำไปทำเป็นขนมปรงที่มีความหอมและหวานกว่าแป้งชนิดอื่น ขนมปรงที่ทำจำหน่ายคล้ายกับการทำขนมกล้วย ขนมชั้น

จากการสัมภาษณ์นายมะลิ คล่ำคง (2550) อายุ 60 ปี กล่าวว่า การผลิตแป้งจากลูกปรง เป็นการเรียนรู้ภูมิปัญญาจากบรรพบุรุษที่ถ่ายทอดให้แก่ลูกหลาน เพื่อทำการผลิตแป้งจากลูกปรงไว้ทานในครัวเรือน ซึ่งปัจจุบันการผลิตเพื่อการจัดจำหน่ายยังมีไม่มากนัก โดยส่วนมากจะนำมาผลิตและรับประทานกันในครัวเรือน และการผลิตนี้จะเป็นการถ่ายทอดภูมิปัญญาในเครือญาติลูกพี่ลูกน้องกัน นอกจากนี้ยังเล่าต่อว่าการผลิตแป้งปรงจะใช้น้ำบ่อ หรือน้ำฝนในการผลิต และต้องล้างน้ำแป้งหลายครั้งเพื่อป้องกันการเมา (อาการเหมือนการเมากลอย) โดยสังเกตว่าเนื้อแป้งที่จะนำไปตากแดดต้องมีความสะอาด และน้ำที่ใช้ล้างมีลักษณะใส เมื่อแป้งนอนก้นจะเห็นน้ำใสๆ จากการสำรวจพื้นที่สภาพป่าปรง พบว่า ปรงที่ชุมชนเก็บเมล็ดมาสกัดแป้งจะมีลักษณะเป็นปรงที่มีลำต้นเตี้ยๆ สูงไม่เกิน 1 เมตร มีหัวใต้ดิน ใบแผ่ออก มีหนามปลายใบ เมื่อแก่ก้านใบสั้น ใบแบน มีขนสั้นหนานุ่มสีน้ำตาลปกคลุมหนาแน่นที่โคนก้านใบ (ภาพที่ 3.1) ลักษณะของวัตถุดิบ (ลูกปรงที่นำมาสกัดแป้งจะมีลักษณะสีเขียวปนเหลือง (ระยะลูกปรงแก่ ซึ่งจะแก่ในช่วงเดือนสิงหาคม) แต่ถ้าลูกปรงมีลักษณะเหลืองแก่ (ระยะแก่จัด ซึ่งจะแก่จัดในช่วงกลางเดือนกันยายน) การสกัดแป้งที่ได้จะมีเนื้อเป็นโคลนเหลว ผลผลิตได้ไม่ดีนัก นอกจากนี้ยังอธิบายถึงลักษณะของต้นปรงจะแบ่งออกเป็นสองเพศ คือ เพศผู้ จะมีดอกแหลมยาวออกจากต้น (ภาพที่ 3.3) และเพศเมียจะมีลูกเต็มต้นตั้งแต่เดือนเมษายนถึงพฤศจิกายน (ภาพที่ 3.1) อย่างไรก็ตามในสมัยก่อนการผลิตแป้งจากเมล็ดปรงจะผลิตขึ้นเพื่อใช้ทำกินเองในครัวเรือนไม่มีจำหน่ายทั่วไป แต่ในปัจจุบันมีการจำหน่ายบางรายที่มีการผลิตไว้มากแล้วทานไม่หมด โดยวิธีการการของชุมชนผู้ผลิตจะขายเป็นกระป๋องนมข้นหวานจำหน่ายในราคากระป๋องละ 15-20 บาท (1 กระป๋องน้ำหนักประมาณ 180-200 กรัม) หากซื้อปริมาณมากหลายบางรายจะขายลิตรละ 50 บาท แป้งที่ผลิตจากปรงคนบ้านหนองหญ้าปล้องมักนำมาทำขนมกล้วยซึ่งบอกว่ามีลักษณะกรอบอร่อย หรือใช้เป็นแป้งชุบทอดไว้รับประทานกับน้ำพริก

จากการสัมภาษณ์นางสุดาวัลย์ รู้คุณ (2550) ครูชำนาญการ โรงเรียนเชิงคีรี(สุวิชานวรวุฒิ) อำเภอบ้านด่านลานหอย ที่นำแป้งปรงมาใช้ประโยชน์ โดยใช้หลักการถ่ายทอดความรู้สู่นักเรียนชั้นประถมศึกษาเป็นจากป่าสู่ครัว ขนมอาลัวจากแป้งปรง และเล่าถึงการผลิตแป้งปรงว่า ผู้ที่จะผลิตต้องเป็นคนที่รักษาความสะอาด ซึ่งถ้าไม่สะอาดจะผลิตแป้งจากลูกปรงแล้วไม่ได้แป้งจากลูกปรง และยังเล่าต่ออีกว่าได้มีความถามของนักเรียนว่า การผลิตแป้งจากลูกปรงเป็นการผลิตที่ยาก และใช้เวลานาน ราคาก็แพงกว่าแป้งตามท้องตลาดอีก นอกจากนี้หากจะรับประทานจะต้องนำมาแปรรูปอีก

ว่าจะได้รับประทานถือว่ายากนัก แต่จากคำอธิบายของนางสุดาวัลย์บอกว่า การอนุรักษ์และการส่งเสริมการรับประทานแป้งจะลูกปรงเป็นการตอบสนองพระราชดำริของในหลวงเรื่องของเศรษฐกิจพอเพียง ใช้แป้งที่ทำเองในชุมชน ไม่ลงทุนในเรื่องของตัวเงินในการผลิตอาหาร เพียงแต่ใช้แรงงาน และการสอนการผลิตแป้งจากลูกปรงยังได้เรียนรู้ถึงการสร้างคุณธรรม จริยธรรมอันดีงามของบรรพบุรุษที่ใช้ในการอบรมรุ่นลูกหลานโดยการผลิตแป้งจากเมล็ดปรงต้องเป็นคนที่มีความขยัน ต้องตื่นแต่เช้าไปเก็บลูกปรงในป่า กว่าจะเก็บได้ในปริมาณที่สกัดแป้งได้ 1 กิโลกรัมต้องแบกของหนักถึง 10-15 กิโลกรัมในป่าที่ต้องเดินทางมาแล้วต้องมีความเพียรความอดทนในการผ่าลูกปรงเพื่อเอาเนื้อในมาสกัด และต้องมีความใจเย็นในการรอคอยเพื่อจะให้แป้งเกิดการตกตะกอน และต้องเป็นคนที่มีความสะอาดเพราะถ้าไม่สะอาดก็จะสกัดแป้งไม่ได้ผลผลิต ดังนั้นจึงควรมีการอนุรักษ์ไว้ซึ่งไม่เพียงแต่ส่งเสริมคุณธรรมนำความรู้แล้วยังรักษาภูมิปัญญาของบรรพบุรุษให้คงอยู่ด้วย

จากการสัมภาษณ์นางจรัญ นาโตนด นางอัมพร บุญคล่ำ และนายมะลิ คล่ำคง (2550) ผู้ผลิตแป้งปรงอำเภอบ้านด่านลานหอยเล่าถึงกรรมวิธีการผลิตของกลุ่มชุมชนบ้านด่านลานหอยจะทำโดยนำลูกปรงมาผ่าซีกออกเป็นสองส่วน นำไปล้างนำทำความสะอาด นำไปปั่นกับน้ำที่มีความสะอาดในอัตราส่วนของเนื้อลูกปรง 1 ส่วน น้ำ 1 ส่วน ปั่นนานเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำมากรองน้ำที่ได้ นำที่ได้หลังการกรองจะตั้งทิ้งไว้จนตกตะกอนประมาณ 6 ชั่วโมงจากนั้นล้างน้ำประมาณ 4 ครั้งหรือจนกระทั่งน้ำล้างใส แล้วจึงนำตะกอนที่ได้ผึ่งแดดให้แห้งประมาณ 2-3 แดด (ภาพที่ 3.4)

จากการศึกษาข้อมูลกับกลุ่มผู้ผลิตพบว่า ลักษณะของผลิตภัณฑ์แป้งของชุมชน เป็นแป้งที่มีลักษณะขาวสว่าง บางที่มีลักษณะหม่น (มีสีน้ำตาลปน) ลื่นมือ เกาะติดผิวได้ง่าย ลักษณะการเก็บจะเก็บไว้เป็นถุงรวบรวมไว้ โดยถุงที่ใช้จะเป็นถุงร้อนทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาด (ภาพที่ 3.5) การเก็บแป้งลักษณะดังกล่าวอาจมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือ ปริมาณความชื้นสูงหลังการผลิต อายุการเก็บรักษาสั้น เป็นต้น

ดังนั้นกรรมวิธีการผลิตแป้งปรงของกลุ่มชุมชนบ้านด่านลานหอยจะทำโดยนำลูกปรงมาผ่าซีกออกเป็นสองส่วน นำไปล้างนำทำความสะอาด นำไปปั่นกับน้ำที่มีความสะอาดในอัตราส่วนของเนื้อลูกปรง 1 ส่วน น้ำ 1 ส่วน ปั่นนานเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำมากรองน้ำที่ได้ นำที่ได้หลังการกรองจะตั้งทิ้งไว้จนตกตะกอนประมาณ 6 ชั่วโมงจากนั้นล้างน้ำประมาณ 4 ครั้งหรือจนกระทั่งน้ำล้างใส แล้วจึงนำตะกอนที่ได้ผึ่งแดดให้แห้งประมาณ 2-3 แดด (ภาพที่ 3.4) ลักษณะของผลิตภัณฑ์แป้งของชุมชน เป็นแป้งที่มีลักษณะขาวสว่าง บางที่มีลักษณะหม่น (มีสีน้ำตาลปน) ลื่นมือ เกาะติดผิวได้ง่าย ลักษณะการเก็บจะเก็บไว้เป็นถุงรวบรวมไว้ โดยถุงที่ใช้จะเป็นถุงร้อนทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาด (ภาพที่ 3.5)

นำเมล็ดปรงผ่าซีกออกเป็นสองส่วน

⇩

นำเนื้อในเมล็ดออกล้างทำความสะอาด

⇩

นำเนื้อที่ได้ปั่นกับน้ำในอัตราส่วนเนื้อต่อน้ำ 1: 1, นาน 1 นาที

⇩

กรอง (ใช้น้ำอีกประมาณ 3 เท่าของน้ำหนักเนื้อปรง)

⇩

ตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนนอนก้น

⇩

นำตะกอนที่ได้ล้างน้ำแล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน (ทำประมาณ 4 ครั้ง)

⇩

นำไปผึ่งแดดประมาณ 2-3 แดด

ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการผลิตแป้งปรง

ที่มา: อัมพร บุญคล่ำ (2550); จรัญ นาโตนด (2550); มะลิ คล่ำคง (2550)

ภาพที่ 3.5 ลักษณะแป้งปรงของกลุ่มผู้ผลิตแป้งปรงอำเภอบ้านด่านลายหอย

2. ศึกษาปรับปรุงขั้นตอนการผลิตและหาวิธีการผลิตแป้งปรงที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มปริมาณผลผลิตของแป้งในห้องปฏิบัติการ

จากการทดลองเบื้องต้นมีการสังเกต พบว่า ต้นปรง 1 ต้นจะมีผลผลิตประมาณ 2-3 กิโลกรัม สามารถสกัดได้เนื้อเมล็ดปรงประมาณร้อยละ 35-37 ดังนั้น 1 ต้นปรงจะมีเนื้อเมล็ดปรงประมาณ 700-1.000 กรัม ส่วนวิธีการนำเนื้อปรงออกจากเมล็ดด้วยวิธีการผ่าซีกเมล็ดปรงเมื่อนำเนื้อปรงผ่านการล้างน้ำ มีการสูญเสียแป้งจากเนื้อปรงประมาณร้อยละ 0.08-0.1 ส่วนการนำเนื้อปรงออกจากเมล็ดโดยวิธีการกะเทาะเปลือกจะมีการสูญเสียสตาร์ชจากเนื้อแป้งร้อยละ 0.03-0.05 ดังนั้นจึงได้ใช้วิธีการนำเนื้อปรงออกจากเมล็ดโดยวิธีการกะเทาะเปลือก และสำหรับวิธีการกะเทาะเปลือกเมล็ดปรงนั้น ในการทดลองเห็นว่าเมล็ดปรงมีลักษณะของชั้นเรียงลำดับดังภาพ 3.6 เนื้อ กะโหลก และเปลือกหุ้มกะโหลก ส่วนของกะโหลกจะมีสันนูนที่เป็นเส้นแบ่งส่วนของกะโหลกเป็น 2 ส่วน และมีจุดสันนูนส่วนท้าย ซึ่งหากมีแรงกระแทกบริเวณดังกล่าวจะสามารถทำให้กะโหลกแยกเป็น 2 ส่วนโดยง่าย (ภาพที่ 3.6) และเนื้อปรงที่ได้จะเกิดพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับน้ำได้น้อยจึงทำให้การสูญเสียปริมาณของแข็งมีปริมาณต่ำ

ภาพที่ 3.6 การกะเทาะเมล็ดปรงเพื่อนำเนื้อปรงออกจากเมล็ด

จากการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณผลผลิตของแป้งจากเมล็ดปรง ได้แก่ pH ของน้ำในการสกัด เวลาในการปั่น อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ในการสกัด ปริมาณน้ำล้างตะกอน และอายุการเก็บเกี่ยวผลปรงที่แตกต่างกัน พบว่า pH ของน้ำที่ใช้สกัดแป้งจากเมล็ดปรงที่ pH 7.0 ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด (ภาพที่ 3.7) การใช้น้ำในการผลิตแป้งที่มีค่า pH ของน้ำที่สูง ทำให้ความสามารถในการละลายของแป้งออกมาจากวัตถุดิบลดลง ส่วนน้ำที่มีค่า pH ต่ำ ทำให้แป้งบางส่วนเกิดการละลายและแขวนลอยอยู่ในน้ำได้มากขึ้น ดังนั้นน้ำที่ใช้ในการสกัดแป้งที่มีค่า pH ต่ำหรือสูงไป ไม่สามารถสกัดแป้งได้ปริมาณสูง (Whistler and Bemiller, 1999)

ภาพที่ 3.7 ปริมาณผลผลิตแป้งจากการใช้น้ำที่ pH ต่างๆ เวลาในการปั่น60 วินาที ที่อัตราส่วนการสกัดเนื้อปรง 1 ส่วนต่อ น้ำ 4 ส่วน

จากการศึกษาถึงการใช้เวลาการปั่นที่มากว่า 120 วินาที จะมีปริมาณผลผลิตของแป้งที่ได้หลังการอบไม่แตกต่างกันกับการใช้เวลาในการปั่นที่เวลา 90 วินาที และที่เวลาปั่นที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 60 วินาทีจะทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณผลผลิตค่อนข้างสูงเนื่องจากเนื้อปรงที่ถูกปั่นเพื่อสกัดแป้งจะมีลักษณะเนื้อปรงหยาบ ไม่ละเอียด ทำให้มีพื้นที่ผิวที่สัมผัสน้ำน้อย ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตที่สกัดได้ อย่างไรก็ตามจากภาพที่ 3.8 เห็นว่าเวลาการปั่น 120 วินาที จะให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด การใช้เวลาการปั่นเนื้อเมล็ดปรงที่เวลานานมีผลทำให้ปรงถูกบดมีอนุภาคที่เล็กละเอียดมากกว่าการบดที่ระยะเวลาสั้น ซึ่งขนาดอนุภาคที่เล็กมีผลต่อการสกัดแป้งที่ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตที่สูง (กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

ภาพที่ 3.8 ปริมาณผลผลิตแป้งจากการใช้น้ำที่ pH 6.5-7.0 เวลาในการปั่นที่เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วนการสกัดเนื้อปรง 1 ส่วนต่อ น้ำ 4 ส่วน

จากการศึกษาหาอัตราส่วนปรงต่อน้ำที่ใช้สกัด พบว่า ที่อัตราส่วนปรงต่อน้ำ 1: 6 ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด (ภาพที่ 3.9) การผลิตที่ใช้อัตราส่วนของน้ำที่สูงจะสามารถสกัดแป้งจากวัตถุดิบได้มาก เนื่องจากแป้งจะถูกชะออกจากวัตถุดิบ รวมกับน้ำทำให้แป้งเกิดการละลายได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้ปริมาณน้ำในการสกัดแป้งที่มากเกินไป มีผลทำให้แป้งละลายหรือแขวนลอยในน้ำได้มากขึ้น ทำให้การตกตะกอนแป้งต้องใช้เวลานานมากขึ้น รวมทั้งแป้งขนาดอนุภาคเล็กแขวนลอยอยู่ จึงทำให้ปริมาณแป้งที่ได้ต่ำ เช่นเดียวกับการใช้น้ำที่น้อยไปทำให้แป้งไม่สามารถละลายออกจากวัตถุดิบได้อย่างเต็มที่ทำให้ได้ผลผลิตต่ำเช่นกัน (Fellows, 2000)

ภาพที่ 3.9 ปริมาณผลผลิตแป้งจากการใช้น้ำที่ pH 6.5-7.0 เวลาในการปั่นที่เวลา 90 วินาที ที่อัตราส่วนการสกัดเนื้อปรงต่อ น้ำที่ระดับต่างๆ

จากการศึกษาปริมาณน้ำล้างตะกอนที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตแป้งที่สกัดได้ พบว่า การใช้น้ำล้างตะกอนมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตแป้งปรงเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้น้ำล้างตะกอนจะช่วยทำให้แป้งที่ยังมีส่วนเหลือที่ตกค้างกับกากที่กรองแยกออกไปถูกชะออกมารวมตัวกับน้ำได้อีกในจำนวนหนึ่ง จึงทำให้ปริมาณแป้งที่ผลิตได้สูงขึ้นจากเดิมร้อยละ 24 เป็นร้อยละ 25 (ภาพที่ 3.10) อย่างไรก็ตามการใช้น้ำล้างที่มากกว่า 2 เท่าของน้ำหนักเนื้อปรงเริ่มต้น ไม่มีผลช่วยทำให้ปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมากแป้งที่เหลืออยู่ในกากมีปริมาณน้อยจนไม่สามารถละลายออกมารวมกับน้ำที่ใช้ได้ และการใช้น้ำล้างที่ปริมาณสูงจะทำให้ต้นทุนการผลิตแป้งและระยะเวลาการตกตะกอนนานขึ้นด้วย

หมายเหตุ : CT หมายถึง วิธีการสกัดที่ได้จากคำอธิบายของชุมชน

MT1 หมายถึง วิธีการสกัดจากการใช้น้ำที่ pH 6.5-7.0 เวลาในการปั่นที่เวลา 90 วินาที ที่อัตราส่วนการสกัดเนื้อปรง 1 ส่วน ต่อ น้ำ 6 ส่วน

MT2 หมายถึง วิธีการสกัดจากการใช้น้ำที่ pH 6.5-7.0 เวลาในการปั่นที่เวลา 90 วินาที ที่อัตราส่วนการสกัดเนื้อปรง 1 ส่วน ต่อ น้ำ 6 ส่วน และใช้การล้างกากโดยใช้น้ำ 2 เท่าของน้ำหนักเนื้อปรงเริ่มต้น

MT3 หมายถึง วิธีการสกัดจากการใช้น้ำที่ pH 6.5-7.0 เวลาในการปั่นที่เวลา 90 วินาที ที่อัตราส่วนการสกัดเนื้อปรง 1 ส่วน ต่อ น้ำ 6 ส่วน และใช้การล้างกากโดยใช้น้ำ 3 เท่าของน้ำหนักเนื้อปรงเริ่มต้น

ภาพที่ 3.10 ปริมาณผลผลิตแป้ง จากการใช้ปริมาณน้ำล้างตะกอนที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาถึงช่วงอายุการเก็บเกี่ยวเมล็ดปรงเพื่อสกัดแป้ง พบว่า ช่วงอายุการเก็บเกี่ยวเมล็ดปรงมีผลต่อปริมาณผลผลิตแป้งที่สกัดได้ โดยช่วงเดือนที่เหมาะสมในการเก็บเมล็ดปรงที่สามารถทำให้ผลิตแป้งได้สูงสุดร้อยละ 33.68 จะอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม หรืออายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงประมาณ 8 เดือนนับจากการออกดอก โดยดอกปรงจะออกดอกในช่วงเดือนมกราคม และจะมีเมล็ดแก่สมบูรณ์ในช่วงเดือนสิงหาคม อย่างไรก็ตามจากภาพที่ 3.12 ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปของผลปรงที่ใช้ในการผลิตแป้งปรงในแต่ละอายุการเก็บเกี่ยว มีการเปลี่ยนแปลงทั้งลักษณะภายนอกและภายในของผลปรงที่เก็บได้ และจะเห็นได้ว่าที่ปรงในเดือนที่ 9 มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดคือลักษณะเนื้อปรงใส เนื่องจากปรงมีการดัดแปลงตัวเองตามธรรมชาติ (Natural Modification) ซึ่งมีผลต่อปริมาณผลผลิตของสตาร์ชที่สกัดได้ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณผลผลิตของเนื้อปรงมีค่าเท่ากับร้อยละ 35-37 คิดจากวัตถุดิบ และส่วนที่ได้นี้เมื่อนำไปผลิตแป้งปรงซึ่งมีปริมาณผลผลิตของแป้ง (สตาร์ช) อยู่ในช่วงร้อยละ 26.10 – 33.68 ของน้ำหนักเนื้อปรง (ภาพที่ 3.11) ดังนั้นเมื่อคำนวณการผลิตแป้งปรงให้ได้ปริมาณ 1 กิโลกรัมจะต้องใช้ต้นปรง

ประมาณ 3-4 ต้น (ต้นสมบูรณ์) โดยเมื่อเทียบต้นทุนการผลิตแป้งปรงต่อ 1 กิโลกรัมจะอยู่ในราคา 15 บาท เนื่องจากไม่มีค่าวัตถุดิบ แต่จะเป็นค่าแรงงาน น้ำและไฟ

ภาพที่ 3.11 ปริมาณผลผลิตแป้งจากเมล็ดปรงที่เก็บได้แต่ละช่วงเวลา

ลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงไปที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของสตาร์ชที่สกัดได้ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3.12

ผลปรงเก็บเกี่ยวเดือนที่ 7 ผลปรงเก็บเกี่ยวเดือนที่ 8 ผลปรงเก็บเกี่ยวเดือนที่ 9

ภาพที่ 3.12 ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปของผลปรงที่ใช้ในการผลิตแป้งปรงในแต่ละอายุการเก็บเกี่ยว

3. ศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวที่มีต่อคุณสมบัติของแป้งปรงในด้านองค์ประกอบทางเคมี ทางกายภาพ และ จุลินทรีย์

3.1 สมบัติทางเคมี

จากการศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวที่มีคุณสมบัติของแป้งปรงในด้านองค์ประกอบทางเคมีได้ผลดังตารางที่ 3.1 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดได้ผลดังตารางที่ 3.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) แสดงได้ดังตารางที่ 3.3 ปริมาณอะไมโลส แสดงได้ดังตารางที่ 3.4

องค์ประกอบทางเคมีของแป้งปรง โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต พบว่าแป้งปรงที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน มีองค์ประกอบทางเคมีที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยแป้งปรงประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต > เยื่อใย > โปรตีน > เถ้า > ไขมัน ตามลำดับ กล่าวได้ว่าแป้งปรงมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือได้ว่าแป้งปรงมีความบริสุทธิ์ของแป้งสูง และมีองค์ประกอบอื่นๆถูกสกัดออกไปหรือมีปริมาณที่น้อย จึงเรียกว่าสตาร์ช (กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550, หน้า 1)โดยแป้งปรงมีองค์ประกอบอื่นๆ น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ แป้งปรงจึงเป็นสตาร์ช แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

	% เถ้า^{ns}	%เส้นใย^{ns}	%ไขมัน^{ns}	%โปรตีน^{ns}	%คาร์โบไฮเดรต^{ns}
แป้งชุมชน(เดือน8)	0.08±0.02	0.39±0.07	0.06±0.01	0.12±0.06	99.36±0.10
เดือน 7	0.11±0.09	0.30±0.06	0.05±0.04	0.12±0.07	99.43±0.05
เดือน 8	0.10±0.08	0.21±0.13	0.06±0.04	0.13±0.01	99.35±0.05
เดือน 9	0.12±0.03	0.25±0.15	0.03±0.01	0.14±0.02	99.46±0.17

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน พบว่าเมื่ออายุของปรงมากขึ้น จะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล โดยแป้งปรงที่ได้จากปรงเดือนที่ 9 มีปริมาณของน้ำตาลทั้งหมดสูงที่สุดคือ 39.94 ppm รองลงมาคือแป้งปรงที่ได้จากปรงเดือนที่ 8 มี 34.84 ppm แป้งจากชุมชนที่ได้จากเดือนที่ 8 เหมือนกัน มี 31.61 ppm และแป้งปรงที่ได้จากปรงเดือนที่ 7 มี 11.41 ppm ตามลำดับแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ppm)
แป้งชุมชน (เดือน 8)	31.61 ± 0.10^{b}
เดือน 7	11.41 ± 0.10^{a}
เดือน 8	34.84 ± 0.10^{c}
เดือน 9	39.94 ± 0.75^{d}

[a,b,...] อักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) แสดงดังตารางที่ 3.3 พบว่าแป้งปรงที่สกัดได้จากปรงที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ต่างกันมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 6.18 - 7.21 มีความเป็นกลางซึ่งสามารถจะนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้

ตารางที่ 3.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
แป้งจากชุมชน (เดือน 8)	6.18
เดือน 7	7.21
เดือน 8	6.96
เดือน 9	6.68

จากการหาปริมาณอะไมโลสในตัวอย่างแป้ง พบว่าปริมาณ อะไมโลสของแป้งปรงทั้ง 4 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แสดงดังตารางที่ 3.4 แต่จะเห็นได้ว่าเมื่ออายุของปรงมากขึ้น จะมีปริมาณอะไมโลสที่ลดลง อาจเนื่องจากเมื่อปรงมีอายุมากขึ้นแป้งมีการเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของแป้งปรง ดังตารางที่ 3.2 โดยที่แป้งปรงที่ได้จากปรงเดือนที่ 7 มีปริมาณของ อะไมโลสสูงที่สุดคือ ร้อยละ 26.25 รองลงมาคือแป้งปรงที่ได้จากปรงเดือนที่ 8 มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 24.25 แป้งจากชุมชนที่ได้

จากเดือนที่ 8 เหมือนกัน มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 25.29 และแป้งปรงที่ได้จากปรงเดือนที่ 9 มีร้อยละ 23.50 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.4 ปริมาณอะไมโลสของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุ การเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ปริมาณอะไมโลส [ns] (ร้อยละ)
แป้งจากชุมชน (เดือน 8)	25 .29±0.07
เดือน 7	26.25±0.13
เดือน 8	24.25±0.33
เดือน 9	23.50±0.13

[ns] คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

3.2 สมบัติทางกายภาพ

เมื่อนำแป้งในแต่ละเดือนไปตรวจหาสมบัติทางกายภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา จะเห็นลักษณะอนุภาคของแป้ง ดังภาพที่ 3.13 ลักษณะอนุภาคแป้งที่สังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดาที่กำลังขยาย 40 เท่า ดังภาพที่ 13 พบว่าแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน เม็ดแป้งมีลักษณะกลม ค่อนข้างรี แบนมีหลายเหลี่ยม ซึ่งมีลักษณะไม่แน่นอน มีขนาดอนุภาค 5 - 12 ไมครอน และสามารถองเห็นไบรีฟรินเจนซ์ (birefringence) ได้ โดยอายุการเก็บเกี่ยวของปรงไม่มีผลต่อลักษณะอนุภาคของแป้งที่สกัดได้

ภาพที่ 3.13 ลักษณะอนุภาคของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา (กำลังขยาย 40 เท่า), ⟷ = 10 ไมครอน

เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบลำแสงส่องกราด (SEM) จะได้ลักษณะรูปร่างอนุภาคของแป้ง ดังภาพที่ 3.14 และ 3.15

จากภาพที่ 3.14 ลักษณะรูปร่างอนุภาคของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบลำแสงส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า แป้งทั้ง 4 ตัวอย่างจะเห็นได้ว่ามีลักษณะรูปร่างของแป้งที่ไม่แตกต่างกัน และมีรูปร่างที่ไม่แน่นอนโดยมีขนาดของอนุภาคแป้ง ที่ 2 – 15 ไมครอน และเมื่อเพิ่มกำลังขยายมากขึ้นเป็น 10,000 เท่า ดังภาพที่ 3.15 สามารถเห็นรอยแตกที่ชัดเจนมากขึ้นโดยอายุของปรงที่มากขึ้นรอยแตกที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะที่มีการแตกเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออายุของปรงในเดือนที่ 9 จะเห็นรอยแตกน้อยกว่าเดือนที่ 8 เนื่องมาจากว่าแป้งจากปรงที่เก็บในเดือนที่ 9 ในทางสรีระวิทยาของปรงมีการดัดแปลงตัวเองตามธรรมชาติ (Natural Modification) ซึ่งรอยแตกที่เห็นนี้จะมีความสัมพันธ์กับค่าความหนืด ร้อยละการละลาย และอัตราการพองตัวของแป้ง

แป้งจากชุมชน (เดือน 8)

เดือน 7

เดือน 8

เดือน 9

ภาพที่ 3.14 ลักษณะรูปร่างอนุภาคของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบลำแสงส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า

แป้งจากชุมชน (เดือน 8)

เดือน 7

เดือน 8

เดือน 9

ภาพที่ 3.15 ลักษณะรูปร่างอนุภาคของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบลำแสงส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 10,000 เท่า

เมื่อนำไปวัดค่าความหนืดโดยเครื่อง Rapid isco Analyzer (RVA) เพื่อติดตามพฤติกรรมความหนืดของแป้ง และทราบถึงอุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนซ์ จากผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดดังตารางที่ 3.5 ภาพที่ 3.16 ปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าความหนืดของแป้ง โดยค่าที่วัดได้มีความใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความหนืดสูงสุด (Peak1) อยู่ที่ 271 – 286 RVU และมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนซ์ (Pasting Temp) ที่อุณหภูมิ 82.38 - 83.38 องศาเซลเซียส และเมื่อลดอุณหภูมิลงและให้ความร้อนต่อไปอีกจะเห็นได้ว่ามีค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง จากค่าความหนืดสุดท้ายของการทดลอง (Final Viscosity) อยู่ที่ 253 – 263 RVU ซึ่งมีแนวโน้มว่าแป้งปรงเป็นแป้งที่มีปริมาณของ อะไมโลสสูง เนื่องจากแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงเมื่อได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดการ เจลาติไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็กจะกระจัดกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อ ปล่อยให้เย็นตัว จะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ ซึ่งโครงสร้างใหม่นี้สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีกทำให้มีความหนืดคงตัวมากขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550, หน้า 56)

ตารางที่ 3.5 ค่าความหนืดโดยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) ของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback	Peak Time	Pasting Temp
แป้งชุมชน(เดือน8)	272±1	170±4	102±2	258±2	88±6	4.92±0.05	83.38±0.46
เดือน 7	276±5	163±1	113±4	260±1	98±0	4.92±0.05	82.75±0.85
เดือน 8	286±1	167±4	119±2	263±7	97±4	4.79±0.05	82.38±0.32
เดือน 9	271±5	154±4	118±1	253±2	99±2	4.84±0.02	82.80±0.21

ภาพที่ 3.16 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ความหนืดโดยเครื่อง Rapid visco analyzer (RVA) ของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

เมื่อนำแป้งปรงไปวัดค่าสี พบว่าแป้งปรงทั้ง 4 ตัวอย่างมีความขาวมาก โดยมีค่าความสว่าง (L*) สูงถึง 90 ซึ่งสีของแป้งที่ดีต้องมีสีขาวตามธรรมชาติของแป้ง ผลแสดงตามตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ค่าสีของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ผลของค่าสี		
	L*	a*	b*
แป้งชุมชน(เดือน8)	93.68±0.02[a]	0.15±0.00 [b]	1.53±0.01[c]
เดือน 7	93.86±0.02 [a]	0.09±0.05[b]	0.59±0.25[a]
เดือน 8	94.70±0.04[ab]	0.01±0.05[a]	1.19±0.03[b]
เดือน 9	93.97±0.05[b]	-0.02±0.03[a]	1.41±0.02[c]

[a,b,....] อักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ร้อยละการละลาย ดังตารางที่ 3.7 ภาพที่ 3.17 และกำลังการพองตัว ดังตารางที่ 3.8 ภาพที่ 3.18 คุณสมบัติทั้งสองด้านเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น ร้อยละการละลายและกำลังการพองตัวมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนซ์คือในช่วงอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสขึ้นไป จะพบว่ามีค่าร้อยละการละลายและกำลังการพองตัวมีค่าลดลง เนื่องมาจากเมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง เม็ดแป้งเกิดการพองตัวเต็มที่และแตกออก ทำให้กำลังการพองตัวมีค่าลดลง และโมเลกุล อะไมโลสเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ โครงสร้างใหม่นี้สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียว (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550, หน้า 56) การละลายได้ของแป้งจึงลดลง

ตารางที่ 3.7 ร้อยละการละลายของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ

ตัวอย่าง	ร้อยละการละลาย				
	60 °C [ns]	70 °C	80 °C [ns]	85 °C	90 °C [ns]
แป้งขุมชน(เดือน8)	0.56±0.96	2.12±0.53 [b]	5.91±0.79	6.70±3.25 [ab]	2.95±2.30
เดือน 7	1.46±0.56	0.97±0.05 [a]	8.44±5.41	8.73±2.06 [ab]	7.67±2.31
เดือน 8	2.52±1.03	3.00±0.00 [c]	7.41±1.70	9.67±3.06 [b]	5.48±2.50
เดือน 9	1.33±0.58	2.57±0.53 [bc]	10.33±7.09	4.67±2.52 [a]	4.48±2.17

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

[a,b,...] อักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 3.17 ร้อยละการละลายของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ

ตารางที่ 3.8 อัตราการพองตัวของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ

ตัวอย่าง	อัตราการพองตัว				
	60 °C ^{ns}	70 °C ^{ns}	80 °C	85 °C	90 °C
แป้งชุมชน(เดือน8)	3.54±0.33	4.22±0.44	10.77±0.84 ^{a}	11.28±0.67 ^{ab}	7.97±1.72 ^{a}
เดือน 7	3.41±0.75	4.44±0.97	12.81±1.76 ^{ab}	11.14±5.76 ^{a}	9.47±0.31 ^{a}
เดือน 8	4.18±0.08	4.92±0.81	14.47±1.22 ^{ab}	15.14±4.74 ^{b}	11.46±0.50 ^{b}
เดือน 9	4.46±0.83	5.01±0.19	16.80±5.18 ^{b}	10.29±0.96 ^{ab}	8.73±0.39 ^{a}

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

$^{a,b,...}$ อักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 3.18 อัตราการพองตัวของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ

3.3 สมบัติทางจุลินทรีย์

เมื่อวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และรา ของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 3.9 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งสาคู (มผช.308/2547) ซึ่งกำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^{6} โคโลนี

ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม พบว่าตัวอย่างแป้งปรงทุกตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราที่ไม่เกินมาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 3.9 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และรา ของแป้งที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	จำนวนยีสต์และรา(CFU/g)
แป้งชุมชน(เดือน 8)	4.60×10^5	<10
เดือน 7	1.10×10^4	<10
เดือน 8	1.10×10^4	<10
เดือน 9	2.00×10^5	<10

จากคุณสมบัติที่ได้ศึกษาเบื้องต้น พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางด้านเคมี กายภาพ และทางจุลินทรีย์ แต่จะมีผลต่อปริมาณผลผลิตของสตาร์ช เมื่อนำคุณสมบัติต่างๆ ของแป้งปรงในเดือนที่ 8 ที่ให้ปริมาณผลผลิตมากที่สุดเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่น แสดงดังตารางที่ 3.10 พบว่า มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับแป้งสำปะหลังและแป้งข้าวโพด

อย่างไรก็ตามจากคุณสมบัติที่ได้ศึกษาพบว่าแป้งปรงเป็นแป้งที่มีปริมาณของอะไมโลสสูง มีความหนืดสูง และอุณหภูมิในการเจลาทิไนซ์สูง เมื่อนำคุณสมบัติของแป้งปรงเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่นพบว่ามีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับแป้งข้าวโพด และแป้งชนิดนี้มีความนิยมนำมาใช้ในการเป็นแป้งชุบทอด ซึ่งปริมาณอะไมโลส ในแป้งมากมีผลทำให้ความชื้น การดูดซับน้ำมันและการพองตัวมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ความกรอบร่วนและการเป็นสีเหลืองทอง มีแนวโน้มที่มากขึ้น หรือการใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารนำมาใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์เพื่อทดแทนแป้งชนิดอื่นๆ เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ดี เช่นการนำแป้งปรงไปผสมกับแป้งข้าวของโรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ประสบปัญหาในเรื่องของข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ

ตารางที่ 3.10 คุณสมบัติของแป้งปรงเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่นๆ

คุณสมบัติ	ชนิดของแป้ง							
	แป้งปรง	แป้งข้าวโพด	แป้งมันเทศ	แป้งสาลี	แป้งarrowroot	แป้งมันฝรั่ง	แป้งพุทรักษา	แป้งสาคู
ขนาดเม็ดแป้ง(ไมครอน)	2-15	3-26[a]	9-15[g]	1-40[a]	18-50[i]	37.9-50[c]	40-60[k]	20-60[j]
ปริมาณอะไมโลส (%)	22-25	28[a]	18-21[e]	24-27[d]	18[i]	22.2[c]	26[k]	18-21[j]
ความหนืดสูงสุด (RVU)	286	217.13[b]	380[g]	65[e]	420[i]	2,500[f]	786[k]	340-380[j]
ความหนืดสุดท้าย (RVU)	263	195.21[b]	230[g]	270[e]	271[i]	630f	584[k]	250-310[j]
ความหนืดต่ำสุด (RVU)	167	145.67[b]	170[h]	60[e]	188[i]	340[f]	287[k]	190-220[j]
T° สูงสุดที่เกิดเจลาทิไนซ์ (oC)	82-84	67[c]	70-77[h]	59-62[c]	65-74[i]	67[c]	66[k]	71-74[j]

ที่มา : (a) Ellis *et al.*, 1998; (b) หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง; (c) Eliasson and Gudmundsson, 1996
(d) Hizukuri, 1996; (e) Watson, 1984; (f) Zobel, 1984; (g) ลัดดาวัลย์, 2542; (h) Collado, 1997; (i) Piyachomkwan *et al.*, 2003
(j) Erdman, 1986; (k) Sriroth *et al.*, 2002

4. ศึกษาทิศทางและแนวทางการนำแป้งปรงไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ที่มีแป้ง (ชนิดอื่น) เป็นส่วนประกอบ

ในการทดสอบแบบ Triangle test เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์ขนมกล้วย ขนมกุยช่าย ขนมบ้าบิ่น และขนมผิง เมื่อสูตรที่ 1 เป็นสูตรมาตรฐาน (แป้งชนิดอื่น) และสูตรที่ 2 (แป้งปรง) ได้ผลดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 ระดับความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมโดยวิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างแบบ Triangle Test

ชื่อผลิตภัณฑ์	$\chi^2_{\text{คำนวณ}}$	$\chi^2_{\text{ตาราง}}$
ขนมกล้วย	37.97	3.84
ขนมกุยช่าย	9.92	3.84
ขนมบ้าบิ่น	65.27	3.84
ขนมผิง	18.02	3.84

จากตารางที่ 3.12 พบว่าจากการคำนวณค่า χ^2 ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่า χ^2 ตาราง ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตร จึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ขนมกล้วย ขนมกุยช่าย ขนมบ้าบิ่น และขนมผิง เมื่อสูตรที่ 1 เป็นสูตรมาตรฐาน (แป้งชนิดอื่น) และสูตรที่ 2 (แป้งปรง) ไปทดสอบหาความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมโดยวิธีการให้คะแนน ได้ผลดังตารางที่ 3.12 และค่าองค์ประกอบทางเคมี จะได้ผลดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.12 ตารางวิเคราะห์ระดับความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (Hedonic Scaling Method)

ชนิดของขนม	ลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรที่ ns	
		สูตรเดิม	สูตรแป้งปรง
ขนมกุยช่าย	สี	6.95±1.21	7.25±1.11
	กลิ่น	7.18±2.19	7.40±1.38
	ความเหนียว	7.05±0.61	7.85±0.43
	ความนุ่ม	7.55±1.77	7.35±1.88
	ความชอบรวม	7.60±1.20	7.95±1.34
ขนมกล้วย	สี	6.95±1.55	7.30±1.13
	กลิ่น	7.12±0.99	7.50±0.86
	ความเหนียว	7.00±0.98	7.60±0.46
	ความนุ่ม	7.55±0.55	7.30±0.49
	ความชอบรวม	7.50±0.89	7.85±0.91
ขนมบ้าบิ่น	สี	7.20±0.39	7.25±0.45
	กลิ่น	7.30±0.55	7.65±0.68
	ความเหนียว	7.60±0.78	8.00±0.67
	ความนุ่ม	7.30±0.34	7.10±0.44
	ความชอบรวม	7.65±0.76	7.91±0.88
ขนมผิง	สี	6.10±0.72	6.80±0.49
	กลิ่น	5.70±2.11	7.60±2.88
	ความกรอบ	6.65±1.23	6.90±1.67
	ความแน่น	6.75±0.99	6.78±0.78
	ความชอบรวม	6.85±0.88	7.05±0.91

ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ตารางที่ 3.13 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมชนิดต่างๆ จากแป้งมันและแป้งปรง

ชนิดของขนม	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	สูตรที่ ns	
		สูตรเดิม	สูตรแป้งปรง
ขนมกุยช่าย	เถ้า	0.21±0.06	0.22±0.05
	เส้นใย	2.91±0.15	2.90±0.12
	ไขมัน	3.40±0.08	3.38±0.09
	โปรตีน	3.31±0.11	3.33±0.18
	คาร์โบไฮเดรต	36.68±0.09	36.95±0.11
ขนมกล้วย	เถ้า	0.75±0.04	0.76±0.06
	เส้นใย	0.82±0.05	0.80±0.07
	ไขมัน	8.21±0.12	8.24±0.20
	โปรตีน	2.16±0.09	2.13±0.08
	คาร์โบไฮเดรต	29.07±0.12	29.39±0.11
ขนมบ้าบิ่น	เถ้า	1.16±0.08	1.14±0.07
	เส้นใย	1.05±0.04	1.02±0.07
	ไขมัน	15.34±0.23	15.38±0.26
	โปรตีน	4.11±0.04	4.16±0.08
	คาร์โบไฮเดรต	31.26±0.23	31.79±0.56
ขนมผิง	เถ้า	0.15±0.09	0.14±0.07
	เส้นใย	0.11±0.04	0.10±0.05
	ไขมัน	6.88±0.15	6.82±0.11
	โปรตีน	3.52±0.07	3.50±0.06
	คาร์โบไฮเดรต	59.41±0.18	61.50±0.15

ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

จากตารางที่ 3.12 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ขนมดังกล่าวข้างต้น ในด้านประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความเหนียว ความนุ่ม และ ความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่แนวโน้มของความชอบของผู้ทดสอบชิมจะให้คะแนนขนมชนิดต่างๆ ที่ผลิตจากแป้งปรงสูงกว่าแป้งชนิดเดิม เนื่องจากแป้งปรงมีความนุ่ม มีความยืดหยุ่น ซึ่งใน

ขณะเดียวกันจะมีความกรอบด้วย อย่างไรก็ตามผู้ทดสอบชิมให้ข้อมูลเกี่ยวกับการสังเกตลักษณะปรากฏของขนมกุยช่าย ขนมกล้วย ขนมผิง และขนมกล้วยสูตรเดิมและสูตรแป้งปรง มีลักษณะที่ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อรับประทานแล้ว พบว่า ขนมกุยช่ายสูตรเดิมมีความเหนียวมากกว่าขนมกุยช่ายสูตรแป้งปรง เนื่องจากแป้งปรงมีปริมาณอะไมโลสมากกว่าแป้งมัน คือ แป้งปรงมีปริมาณอะไมโลส ร้อยละ 24-25 และแป้งมันมีปริมาณร้อยละ 17 ขนมกล้วยสูตรเดิมมีความนุ่มมากกว่าขนมกล้วยสูตรแป้งปรง ขนมผิงสูตรเดิมมีความแน่นมากกว่าขนมผิงสูตรแป้งปรง และขนมบ้าบิ่นสูตรเดิมมีความเหนียวไม่แตกต่างจากขนมบ้าบิ่นสูตรแป้งปรง เนื่องจากแป้งปรงมีปริมาณอะไมโลสใกล้เคียงกับแป้งข้าวเหนียว คือ แป้งปรงมีปริมาณอะไมโลส ร้อยละ 25-26 ส่วนแป้งข้าวเหนียวมีปริมาณร้อยละ 25.2

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ขนมกล้วย ขนมกุยช่าย ขนมบ้าบิ่น และขนมผิง เมื่อสูตรที่ 1 เป็นสูตรมาตรฐาน (แป้งชนิดอื่น) และสูตรที่ 2 (แป้งปรง) ไปทดสอบหาค่าองค์ประกอบทางเคมี พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมทั้ง 4 ชนิดทั้งสูตรมาตรฐานและสูตรแป้งปรงมีค่าองค์ประกอบของเถ้า เส้นใย ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ขนมทั้ง 4 ชนิดมีค่าองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าร้อยละ 0.14-0.76 เส้นใยร้อยละ 0.1-2.90 ไขมันร้อยละ 3.38-15.38 โปรตีนร้อยละ 2.13-4.16 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 29.39-61.51 (ตารางที่ 3.13)

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การผลิตแป้งปรงที่เหมาะสมและให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด ทำได้โดยนำเมล็ดปรงที่เก็บในช่วงเดือนสิงหาคม (มีอายุ 8 เดือน) นำมาผ่านการผ่าซีกด้วยการกะเทาะเปลือก นำเนื้อปรงล้างน้ำ นำไปปั่นกับน้ำที่มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7.0 ในอัตราส่วนปรงต่อน้ำ 1:6 จากนั้นปั่นเป็นเวลา 90 วินาที จากนั้นกรองแยกกากออกโดยใช้ผ้าขาวบาง จากนั้นใช้น้ำปริมาณ 2 เท่าของน้ำหนักเนื้อปรงเริ่มต้นล้างกากที่ค้างบนผ้าขาวบาง นำน้ำแป้งที่สกัดได้รวมกับน้ำล้างตะกอนและตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน ตะกอนจะเกาะกันแน่นซึ่งสามารถแยกน้ำออกจากตะกอนได้ได้โดยง่าย นำตะกอนที่ได้ล้างน้ำ 2 ครั้ง จากนั้นนำไปอบด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 60 นาที การผลิตแป้งปรงดังกล่าวจะสามารถทำให้ผลผลิตแป้งที่ได้สูงสุดถึงร้อยละ 33-34 ของน้ำหนักแป้งเริ่มต้น

2. จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต พบว่าแป้งปรงที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน มีองค์ประกอบทางเคมีที่ไม่มีความแตกต่างกัน และองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต จึงถือได้ว่าแป้งปรงเป็นสตาร์ช แต่อายุการเก็บเกี่ยวมีผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เมื่อปรงมีอายุมากขึ้นจะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณของอะไมโลสเมื่ออายุของปรงมากขึ้นจะมีปริมาณของอะไมโลสที่ลดลง ส่วนการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ พบว่าแป้งปรงที่ได้จากปรงที่อายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ไม่มีความแตกต่างกัน โดยแป้งปรงมีขนาดอนุภาค 2-15 ไมครอน มีค่าความหนืดสูงสุดอยู่ที่ 276 - 286 RVU และอุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนซ์อยู่ระหว่าง 82.38 – 83.38 องศาเซลเซียส และจากค่าความหนืดถือได้ว่าแป้งปรงเป็นแป้งที่มีปริมาณของอะไมโลสสูง และแป้งปรงที่ได้จากอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และรา ไม่เกินมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนด

3. การนำแป้งปรงไปใช้ประโยชน์ โดยการนำไปใช้แทนแป้งมันได้ร้อยละ 100 ในการทำขนมกุยช่าย ขนมกล้วย ขนมผิง และได้ร้อยละ 50 ในขนมบ้าบิ่น โดยผลิตภัณฑ์ขนมทั้ง 4 ชนิดมีค่าองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าร้อยละ 0.14-0.76 เส้นใยร้อยละ 0.1-2.90 ไขมันร้อยละ 3.38-15.38

โปรตีนร้อยละ 2.13-4.16 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 29.39-61.51 และลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมต่างๆ ที่ทำจากแป้งปรงผู้บริโภคให้การยอมรับไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ขนมในสูตรแป้งชนิดเดิม

อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของแป้งปรงมีคุณลักษณะที่มีความโดดเด่น ซึ่งเหมาะนำไปทำอาหารชนิดต่างๆ ที่ต้องการความเหนียว นุ่ม ในขณะที่ต้องการความกรอบเหมือนกับคุณสมบัติของแป้งชุบทอด เนื่องจากแป้งปรงมีปริมาณอะไมโลสสูง และมีคุณลักษณะทางกายภาพของเม็ดแป้งที่เป็นสตาร์ชธรรมชาติที่มีความบริสุทธิ์สูง มีลักษณะของเมล็ดสตาร์ชหลายรูปทางมีทั้งที่มนกลม และเหลี่ยมมุม ซึ่งอาจจัดได้ว่าเป็นสตาร์ชที่เกิดการดัดแปลสภาพตามธรรมชาติเอง

ข้อเสนอแนะ

1. แป้งปรงควรมีการศึกษาถึงศักยภาพของจำนวนวัตถุดิบและแหล่งของวัตถุดิบที่มี เพื่อนำไปสู่การผลิตเชิงอุตสาหกรรม

2. ควรมีการสำรวจจำนวนวัตถุดิบที่อยู่ตามเขตพื้นที่ต่างๆ เพื่อแสดงถึงศักยภาพที่สามารถตอบสนองตามความต้องการของผู้บริโภคและเพื่อใช้เป็นแนวทางการป้องกันภาวะวัตถุดิบขาดแคลน

3. แป้งปรงเป็นแป้งชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติที่สามารถใช้ทดแทนแป้งชนิดอื่นได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาวิจัยต่อยอดในเชิงลึกมากขึ้นทั้งทางด้านวัฒนธรรม ภูมิปัญญา คุณสมบัติของตัวแป้ง ตลอดจนควรศึกษาเกี่ยวกับปรงทางด้านพืชศาสตร์ ได้แก่ การเพาะปลูก อายุการออกดอกและเมล็ด การขยายพันธุ์ เป็นต้น เพื่อให้เกิดการบริโภคเชิงวัฒนธรรมของชุมชน

ผลการยอมรับ

1. จากการวิจัยจะเห็นว่าหากกลุ่มผู้ผลิตแป้งปรงบ้านด่านลานหอย นำกระบวนการผลิตที่ได้จากงานวิจัยไปใช้จะทำให้สามารถเพิ่มยอดปริมาณผลผลิตที่ได้เพิ่มจากร้อยละ 23 เป็นร้อยละ 33-34 ซึ่งคิดเป็นร้อยละที่เพิ่มจากกระบวนการแบบเดิมถึงร้อยละ 40

2. จากการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตแป้งจากปรง และคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ของแป้งปรงเบื้องต้น เห็นได้ว่า ปรงมีคุณลักษณะที่สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายได้เหมือนกับแป้งชนิดอื่นๆ ที่มีในท้องตลาดทั่วไป โดยผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับที่ไม่แตกต่างจากแป้งชนิดเดิม ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตแป้งทั่วไปสามารถที่จะนำข้อมูลไปคำนวณถึงกำลังและต้นทุนการผลิตว่าคุ้มหรือไม่ อย่างไรก็ตามในแง่มุมของอุตสาหกรรมอาจต้องรอคำตอบ

ในเรื่องของการสำรวจแหล่ง ปริมาณวัตถุดิบที่มี เป็นต้น ตามข้อเสนอแนะ เพื่อการผลิตแป้งปรงอย่างยั่งยืน

3. จากข้อมูลการนำแป้งไปใช้ประโยชน์เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมไทยนั้น กลุ่มผู้ผลิตขนมไทยขายในท้องถิ่นอำเภอบ้านด่านลานหอยสามารถที่จะนำแป้งปรงที่ผ่านการวิจัยไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ชนิดที่เหมือนหรือแตกต่างกันได้มากขึ้น และมีความมั่นใจในเรื่องของการใช้แป้งปรงในการนำมาเป็นอาหารได้ นอกจากนี้ข้อมูลการนำแป้งปรงมาใช้ในอาหารทำจะช่วยส่งเสริมให้คนในท้องถิ่นยึดหลักเศรษฐกิจพอเพียง ในเรื่องของวัตถุดิบที่มีนำมาทำ มาใช้ หรือรับประทานที่มีในท้องถิ่นแทนผลผลิตที่นำมาจากที่อื่น ซึ่งจะทำให้เกิดภูมิปัญญา และวัฒนธรรมที่คงอยู่อย่างยั่งยืนต่อไป และสืบสาน ถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลาย ทำให้สิ่งดังกล่าวไม่สูญหายไปตามชนรุ่นหลัง

คำขอบคุณ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ รวมทั้งการอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการดำเนินงานจากคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม คณะเกษตรทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อย่างดียิ่งคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ

ขอขอบคุณกลุ่มผู้ผลิตแป้งปรงบ้านเขาปูน หมู่ 2 ต.หนองหญ้าปล้อง อ.บ้านด่านลานหอย จ. สุโขทัยที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง และสุดท้ายขอสำนึกในพระคุณมารดาที่เป็นกำลังใจตลอดมาจนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จ

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้เสียสละเวลาในการตรวจสอบผลงานวิจัยที่ทำให้รายงานการวิจัยเกิดความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป
ปวีนา น้อยทัพ
เมษายน 2551

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กนกกานต์ วีระกุล. 2550. **งานวิจัยการพัฒนาสูตรแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปเพื่อผลิตขนมปัง.** สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. แหล่งที่มา : http://www.ipst.ac.th/research/resuit45-2.shtml, 16 มีนาคม 2550.

กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง. (2549). [on-line]: http://www.tapioocathai.org/ttsa/Process/index.html. [2549. ธันวาคม 30].

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กุลยา จันทร์อรุณ, ไพโรจน์ ชัยสมตระกูล, เทอดศักดิ์ จันทร์อรุณ และ วนิดา ประทุมศิริ. 2537. **กรรมวิธีการผลิตแป้งกล้วยผงและอาหารผงสำหรับสัตว์จากส่วนต่างๆของกล้วย.** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พิบูลสงคราม.

โครงงาน Montage Thailand. 2549. **กล้วยกับวิธีชีวิตของคนไทย.** โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์ วิทยาลัย. แหล่งที่มา : www.prc.ac.th/.../กล้วย%20กับวิถีชีวิตของคนไทย.htm - 6k, พฤศจิกายน 2549.

งามชื่น คงเสรี. 2546. **ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชุติมา ไชยเชาวน์. 2545. **ผลของชนิดและปริมาณของแป้งที่ใช้ต่อคุณภาพของลูกชิ้นปลานิล.** มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.

ดาราวรรณ ยุทธยงค์ จุฑามาศ ชมภูนิช และไพรัตน์ กอสุธารักษ์. 2550. **ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมในอาหารปลาหมอ.** แหล่งที่มา : www.fisheries.go.th/freshwater/technical/technical_news/krbohidaj_1.doc -. [2550, มีนาคม 19].

ทิปฟู้ด. 2549. **แป้งที่ใช้ในการประกอบขนมหวานไทย.** ขนมหวานไทย. แหล่งที่มา : http://www.tipfood.com/Thaidessert/Thaidesscrt_topic5_2.html, [2549 ธันวาคม 7].

ธวัฒชัย ใบโสด. 2549. **ใบกุยช่าย.** ห้องสมุดอิเล็กทรอนิคส์. แหล่งที่มา : http://elibrary.abcm.ac.th/section/sec4social/vegct/00518.html, [2549, พฤศจิกายน 25].

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ปรง. (2549). [on-line]: http://www.dnp.go.th. [2549. ธันวาคม 30].

ปวีณา เชาว์แก้ว. มปป. **เอกสารประกอบการเรียนวิชา อาหาร-ขนม**. วิทยาลัยสารพัดช่าง พิษณุโลก. หน้า 108.

ปิยะ เฉลิมกลิ่น. 2549. **ปรง**. แหล่งที่มา : http://www.tistr.or.th/ [2549, พฤศจิกายน 28]

แป้ง. (2549). [on-line]: http://www.utcc.ac.th/faculties/comarts/link/Kanomthai/klae-1 .html. [2549. ธันวาคม 30]

พรรัตน์ สินชัยพานิช. 2545. สมบัติทางเคมีกายภาพและการนำแป้งบุกไปประยุกต์ใช้. **อาหาร**. 32 (1): 175-177.

พัชรี สิทธยางกูร และอรวรรณ เจริญวัฒนา. 2546. **ผลของแป้งสาคู, ปริมาณน้ำ และ ระยะเวลานึ่งต่อคุณสมบัติของข้าวเกรียบแป้งผสม**. แหล่งที่มา : http://bb.1asphost.com/Fdscinu/project_file10.htm. [2550, มีนาคม 25].

ลีนา ผู้พัฒนพงศ์. 2530. **ปรงเหลี่ยม**. สมุนไพรตอนที่ 5. แหล่งที่มา: http://www.champa.kku.ac.th/siskku/banhaow/plant/dudchance/ poang/prong.Dudchance191htm, 20 ธันวาคม 2549.

วรภัทร ลัคนทินวงศ์. 2546. **การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อผักผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภค**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี. แหล่งที่มา : http://library.lib.ru.ac.th/search*tha/ , 16 มีนาคม 2550.

วัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบขนมหวานไทย. (2549). [on-line]: http://www.tipfood.com/ Thaidessert/Thaidessert_topic5_2.html. [2549. ธันวาคม 30].

สิงหนาท พวงจันทน์แดง และคณะ. **วารสารอาหาร**. ปีที่ 36. ฉบับที่ 3 กรกรฎาคม – กันยายน 2549. หน้า 248.

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตโชติเวช. 2550. **ผลิตภัณฑ์ ขนมไทยจากแป้งข้าวกล้อง**. มปท. แหล่งที่มา : http://library.uru.ac.th/dbresearch/images/brownrice01.pdf, [2550, มีนาคม 16].

สุมาลี เหลืองสกุล. (2543). **คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร**. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครินทรวิโรจประสานมิตร.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (14 ธันวาคม 2549). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งสาคู (มผช. 308/2547)**. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550. จาก : http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps308_47.pdf

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (14 ธันวาคม 2549). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งสาลีกล้อง (มผช. 871/2548)**. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550. จาก : http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps871_48.pdf

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (14 ธันวาคม 2549). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งทุเรียน (มผช. 872/2548)**. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550. จาก : http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps872_48.pdf

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (14 ธันวาคม 2549). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งบุก (มผช. 1171/2549)**. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550. จาก : http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps1171_49.pdf

สำนักหอพันธุ์ไม้. 2549. **สารานุกรมพืช**. แหล่งที่มา: http://www.dnp.go.th/Botany/index.aspx [2549, พฤศจิกายน 28].

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.

Association of Official Analysis Chemists (AOAC). (1990). **Official Method of Analysis of AOAC International**. 17th ed. Washington, D.C.

Beynum, G.M.A., van, and Roels, J.A., 1985, **Starch Conversion Technology**, Marcel Dekker, Inc., New York. p. 326.

Cochran, W.G. and G.M. Cox. 1985. **Experimental designs**. Jon Wiley and Sons. New York. 617 pp.

Collison,R., 1968, "Swelling and Gelation of Starc,". In Radley, J.a. (ed.), **Starch an Its Derivatives**, Chapman and Hall Ltd., London.pp 168-193.

Davies, T., Miller, D.C. and Procter, A.A., 1980, **Starke**, Vol. 32, p. 149.

Fellows, P. 2000. **Food processing technology principles and practice 2nd**. CRC Press, USA. pp.140-169.

Galliard, T. and Bowler, P., 1987, "Morphology and Composition of Starch," In Gailli, T., (ed.), **Starch : Properties and Potential**, John Wiley and Sons, New York.

Goering, K.J., Fritts, D.H. and Allen, K.G., 1974, A Comparison of Loss of Birefringel with the Percent Gelatinization and Viscosity on Potato Wheat Rice Corn Cow Cockle and Several Barley Starches, "**Cereal Chem**. Vol. 51, pp. 764-771.

Hizukuri, S., 1985, "Relationship Between the Distribution of the Chain Length of Amylopectin and the Crystallite Structure of Starch Granules," **Carbohydr**. Res. Vol. 141, pp. 295-306.

Hizukuri, S., 1998, "Recent Advances in Molecular Structure of Starch,". **J. Jpn. Soc Starch Sci**. Vol. 31, p. 185.

Kasemsuwan, T., Jane, J., Chen, Y.Y., Lee, L.F., McPherson, A.E., Wong, K.S. and Radosavljevic, M., 1999, "Effects of Amylopectin Branch Chain Lengh and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch," **Cereal Chem**.Vol. No. 5, pp. 629-637.

Kerr, R.W., 1950, **Chemistry and Industry of Starch**, (2nded.), Academic Press, New York. p. 791.

Laubenfels, D.J. de. and F. Adema. (1998). A taxonomic revision of the genera Cycas and Epicycas gen. nov. (Cycadaceae). **Blumea**. 43: 351-400. See also http://www.plantapalm.com/vce/taxonomy/cycadaceae.htm

Les glucides. 2549. **Polysaccharides.** FYA pascal biologie. แหล่งที่มา : http://ici.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/pascal/fya/chimcell/notesmolecules/glucides_3.htm, 12 ธันวาคม 2549.

Leach, H.W., L.D. McCowen, and T.J. Schoch. 1959. Structure of the starch granule I. Swelling and solubility pasterns of various starches. **Cereal Chem**. 36: 534-544.

Leach, H.W. 1965. Gelatinization of Starch. In R.L. Whistler, E.F. Paschall, J.N. BeMiller, and H.J. Roberts (Eds.). Starch: **Chemistry and Technology** Vol I. Academic Press, New York. pp 289-307.

Maningat, C.C., and P.A. Seib. 1992. Starch: Occurrence, isolation, and Properties of Starch Granules. In AACC Short Course- "**Starch: Structurce, Properties, and Food uses**" December 3-4, 1992. Cicago.

Morrison. W.R. and Laignelet, B., 1983, "An Improved Colorimetric Procedure for Determining Apparent and Total Amylose in Cereal and Other Starches," **J. Cereal** No. 1, pp. 9-20.

Muter. 2550. **Starch**. แหล่งที่มา : http://www.gutenberg.org/files/11649/11649-h/11649-h.htm, 12 ธันวาคม 2549.

Oates, C.G., 1997. "Towart an Understanding of Starch Granule Structure and Hydrolysis," **Trends in Food Science and Technology**, Vol. 8, pp. 375-382.

Smith, R.J. 1979. Food **Cabohydrate**.The AVI Publishing Co., Westort, Connecticut. 416 p.

Ron Dagani. 2549. **SUGARY WAYS TO MAKE NANOTUBES DISSOLVE**. Chemical and Engeneering news. แหล่งที่มา : http://www.pitt.edu/~astar/AS_Publication/Highlights /C&EN_8028sci2.html, 12 ธันวาคม 2549.

Swinkels, J.J.M. 1985. Sourrees of Starch, its chemistry and physics. In G.M.A. van Beynum, and J.A. Roels (Eds.). **Starch Conversion Technology**. Marcel Dekker, Inc., New York. pp. 15-45.

What is starch. (2549). [on-line]: http://www.penford.com.au/main.php?ID=9. [2549. ธันวาคม 30].

Whistler, R.L. and J.N. Bemiller. (1999). **Carbohydrate chemistry for food scientists**. Minnesota. Eagan Press. St. Paul.

Zar, J.H. (1984). **Biostatistical analysis**, 2nd ed. Englewood Cliffs: Simon & Sohuster.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งสาคู (มผช.๓๐๘/๒๕๔๗)

ขอบข่าย

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะแป้งสาคูที่บรรจุในภาชนะบรรจุ

บทนิยาม

แป้งสาคู หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อในลำต้นของต้นสาคู (Metroxylon sagus Rottb. หรือ Metroxylon rumphii Mart.) มาทำให้ละเอียด ผสมกับน้ำ แยกเอากากหรือเส้นใยออก ทิ้งไว้ให้แป้งตกตะกอน นำแป้งที่ได้มาทำให้แห้ง แล้วบดให้ละเอียด

คุณลักษณะที่ต้องการ

- ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นผง
- สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของแป้งสาคู
- กลิ่นต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของแป้งสาคู ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นหมัก กลิ่นอับ
- สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือ สิ่งปฏิกูลจากสัตว์
- ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ ๑๓ โดยน้ำหนัก
- ความเป็นกรด-ด่าง ต้องอยู่ระหว่าง ๔.๕ ถึง ๗
- จุลินทรีย์
    1) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน ๑ × ๑๐^{๖} โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม
    2) ยีสต์และรา ตhองไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

การบรรจุ

- ให้บรรจุแป้งสาคูในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ผนึกได้เรียบร้อย และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้
-น้ำหนักสุทธิของแป้งสาคูในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

การทดสอบ

- การทดสอบความชื้นและความเป็นกรด-ด่าง ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ
- การทดสอบจุลินทรีย์ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็น ที่ยอมรับ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งสาลีกล้อง (มผช.๘๗๑/๒๕๔๘)

ขอบข่าย

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมแป้งสาลีที่ทำจากข้าวสาลีกล้องบรรจุในภาชนะบรรจุ

บทนิยาม

แป้งสาลีกล้องหรือที่เรียก แป้งโฮลวีท หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเมล็ดข้าวสาลีที่กระเทาะเปลือกแล้วที่สะอาดและแห้งมาบด อาจร่อนผ่านตะแกรงหรือไม่ก็ได้

คุณลักษณะที่ต้องการ

- ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นผง แห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน
- สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของแป้งสาลีกล้อง
- กลิ่นต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของแป้งสาลีกล้องปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน
- สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช้ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด แมลง หนอน ชิ้นส่วน หรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์
- โปรตีน ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ ๘ โดยน้ำหนัก
- ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ ๑๔ โดยน้ำหนัก
- ใยอาหาร ต้องอยู่ระหว่างร้อยละ ๑.๕ โดยน้ำหนัก ถึงร้อยละ ๒.๕ โดยน้ำหนัก
- เถ้า ต้องไม่เกินร้อยละ ๒.๒ โดยน้ำหนัก
- วัตถุเจือปนอาหารห้ามใช้วัตถุกันเสียทุกชนิด

การบรรจุ

ให้บรรจุแป้งสาลีกล้องในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

การทดสอบ

การทดสอบโปรตีน ความชื้น ใยอาหาร เถ้า และวัตถุเจือปนอาหาร ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งทุเรียน (มผช.๘๗๒/๒๕๔๘)

ขอบข่าย

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมแป้งทุเรียนที่ทำจากเนื้อทุเรียน บรรจุในภาชนะบรรจุ

บทนิยาม

แป้งทุเรียน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ ได้จากการนำเนื้อทุเรียนดิบมาหั่นเป็นแผ่นบางอบ ให้แห้งที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม บดแล้วร่อนผ่านตะแกรง

คุณลักษณะที่ต้องการ

- ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นผงละเอียด แห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน
- สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของแป้งทุเรียน
- กลิ่น ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของแป้งทุเรียน ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามแล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคน ไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนนจากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง
- สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใชส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์
- ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ ๑๒ โดยน้ำหนัก
- จุลินทรีย์
    1) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน ๑ × ๑๐^{๖} โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม
    2) รา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

การบรรจุ

- ให้บรรจุแป้งทุเรียนในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้
- น้ำหนักสุทธิของแป้งทุเรียนในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

การทดสอบ

- การทดสอบความชื้น ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ
- การทดสอบจุลินทรีย์ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็น ที่ยอมรับ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งบุก (มผช.๑๑๗๑/๒๕๔๙)

ขอบข่าย

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมแป้งบุกที่ทำจากหัวบุก บรรจุในภาชนะบรรจุ

บทนิยาม

แป้งบุก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำหัวบุกที่มีอายุพอเหมาะมาปอกเปลือก ล่างให้สะอาด หั่นเป็นแผ่นบาง อบให้แห้ง บดแล้วร่อนผ่านตะแกรง หรืออาจได้จากการนำหัวบุกที่มีอายุพอเหมาะมาปอกเปลือกล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้น ปั่นให้ละเอียด หมักทิ้งไว้จนแป้งตกตะกอน กรองด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำแป้งที่ได้ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนอีกครั้ง รินน้ำใสทิ้งแล้วเติ มน้ำสะอาด กวนให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ ให้ตกตะกอน ทำซ้ำจนได้เนื้อแป้งที่ต้องการ นำเนื้อแป้งที่ได้ไปทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่นบดให้ละเอียด

คุณลักษณะที่ต้องการ

- ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นผงละเอียด แห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน
- สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของแป้งบุก
- กลิ่น ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของแป้งบุก ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน
- สิ่งแปลกปลอมต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช้ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์
- ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ ๑๒ โดยน้ำหนัก
- สารปนเปื้อน
    1) ตะกั่ว ต้องไม่เกิน ๑ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
    2) สารหนู ต้องไม่เกิน ๒ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- จุลินทรีย์ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๕๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

การบรรจุ

- ให้บรรจุแป้งบุกในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

การทดสอบ

- การทดสอบความชื้นและสารปนเปื้อน ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ
- การทดสอบจุลินทรีย์ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็น ที่ยอมรับ

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์

1. <u>การวิเคราะห์ทางเคมี</u>

1.1 <u>การหาปริมาณความชื้น</u> ตามวิธีการของ AOAC (1990)

ชั่งตัวอย่างในจานอลูมิเนียมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 5 กรัม อบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 5 ชั่วโมง นำออกมาใส่ในเดสิกเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่ง คำนวณค่าความชื้นเป็นร้อยละของน้ำหนัก

วิธีคำนวณ

ปริมาณความชื้น (ร้อยละของน้ำหนัก)= 100 x (W1 – W2) / (W1 – W)

เมื่อ

W คือน้ำหนักของจานอลูมิเนียมเป็นกรัม

W1 คือน้ำหนักของจานอลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบเป็นกรัม

W2 คือน้ำหนักของจานอลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบเป็นกรัม

1.2 <u>การหาปริมาณโปรตีน</u> (Kjeldahl's Method) ตามวิธีการของ AOAC (1990)

สารเคมี

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) เข้มข้นร้อยละ 40 1 โมลาร์และ 0.1 โมลาร์
- สารละลายโบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green) เตรียมโดยละลาย Bromocresol green 0.1 กรัม ในเอทานอล 100 มิลลิลิตร
- สารละลายเมทิลเรด (Methyl red) เตรียมโดยละลาย Methyl red 0.1 กรัม ในเอทานอล 100 มิลลิลิตร
- สารละลาย mixed indicator เตรียมโดยละลาย Bromocresol green และ Methyl red อย่างละ 0.1 กรัม ในเอทานอล 100 มิลลิลิตร
- สารละลายกรดบอริก (Boric acid) เข้มข้นร้อยละ 4

- สารโซเดียมคาร์บอเนตที่ปราศจากน้ำ (Anhydrous sodiumcabonate)
- กรดซัลฟุริกเข้มข้น (conc. Sulfuric acid)
- สารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานเข้มข้น 0.1 โมลาร์
- สารเร่งปฏิกริยา (catalyst) เตรียมโดยผสมสารโปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) และคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_45H_2O$) เข้าด้วยกันในอัตราส่วน 7 กรัมต่อ 0.8 กรัม

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ใส่ลงในหลอดแก้วเซดาลห์สำหรบย่อย (digestion tube) ระวังอย่างให้ติดข้างหลอด ใส่สารเร่งปฏิกริยา (catalyst) ประมาณ 7 กรัม

2. เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้นปริมาณ 15 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ แล้ววางหลอดแก้วบนเครื่องย่อยในตู้ควัน

3. ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที จนกระทั่งได้สารละลายใส

4. นำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปเข้าเครื่องกลั่น โดยเครื่องนี้ต่อท่อให้ปลายจุ่มในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่บรรจุกรดบอริกความเข้มข้น ร้อยละ 4 จำนวน 25 มิลลิลิตร เพื่อเก็บแอมโมเนียม กลั่นประมาณ 5 นาที

5. เมื่อกลั่นเสร็จแล้วนำไปไตรเตรทกับสารละลายกรดมาตรฐาน HCl จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู คำนวณหาร้อยละของไนโตรเจน (%N)

วิธีการคำนวณ

$$\%N = \frac{14.00 \times [HCl] \times (\text{volume of HCl with sample} - \text{volume of HCl with blank}) \times 100}{\text{Weigh of sample (mg)}}$$

% protein = %N x f

ในการวิเคราะห์ทั่วไปให้ใช้ f = 6.25

1.3 <u>การหาปริมาณไขมัน</u> ตามวิธีการของ AOAC (1990)

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ ที่มีจุดเดือด 40 – 60 องศาเซลเซียส

วิธีการวิเคราะห์

1. หาน้ำหนักแห้งของถ้วยไขมัน (can) โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 – 5 ชั่วโมง นำมาทำให้เย็นใน dessicator แล้วชั่งน้ำหนัก (A)
2. ชั่งตัวอย่าง 2.0 – 2.5 กรัม ใส่ในกระดาษกรองเบอร์ 1 และห่อให้มิดชิดจดน้ำหนักที่แน่นอนไว้ ใส่ตัวอย่างลงในทิมเบิล (Trimble) แล้วปิดด้วยวงแหวน
3. ใส่ปิโตรเลียมอีเทอร์ 45 มิลลิลิตร ลงในถ้วยไขมัน แล้วนำถ้วยไขมันเข้าไปใน Soxtec System HT2 1045 Extraction unit พร้อมทั้งเลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง boiling ตั้งเวลาสกัด 20 นาที จากนั้นปิดสวิทช์ ตั้งเวลาระเหย 10 นาที
4. นำถ้วยไขมันออกมา จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสนาน 3 5 ชั่วโมง นำมาทำให้เย็นใน dessicator แล้วชั่งน้ำหนัก (B) คำนวณร้อยละของไขมัน

วิธีการคำนวณ

ไขมัน (ร้อยละ) = (B – A / น้ำหนักตัวอย่างแห้ง) x 100

1.4 <u>การหาปริมาณเยื่อใย</u> ตามวิธีการของ AOAC (1990)

เครื่องมือและอุปกรณ์

- บีกเกอร์ชนิดไม่มีปากหรือขวดแก้วสำหรับย่อยขนาด 600 มิลลิลิตร
- เครื่องย่อย (digestion apparatus) ที่มีคอนเดนเซอร์ (condenser) สำหรับควบคุมปริมาตรของสารละลายให้คงที่ตลอดเวลาการย่อย
- กระดาษกรองเบอร์ 1 และเบอร์ 42
- กูชครูซิเบิล (Gooch crucible) หรืออลันดัมครูซิเบิลชนิด อาร์ – 98 (alundum crucible R – 98)
- ตู้อบไฟฟ้าที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้
- เตาเผาที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้

สารเคมี

- กรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้น 0.255 นอร์มัล
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.313 นอร์มัล
- อัลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 95

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนัก 2.5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตรเติมกรด H_2SO_4 0.255 N ซึ่งต้มเดือดลงไป 200 มิลลิลิตร
2. นำไปเข้าเครื่องย่อยและต้มให้เดือดต่อไปอีกนาน 30 นาที
3. กรองทันทีด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (ใช้ suction) ล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด (ประมาณ 200 มิลลิลิตร) ตรวจสอบด้วยกระดาษลิตมัส
4. ถ่ายกากบนกระดาษกรองลงในบีกเกอร์เติมจนหมด จากนั้นย่อยด้วยสารละลาย NaOH 0.313 N ซึ่งต้มเดือดจำนวน 200 มิลลิลิตร
5. นำไปเข้าเครื่องย่อยทันทีและต้มให้เดือดต่อไปอีกนาน 30 นาทีพอดีเช่นเดียวกับครั้งแรก กรองทันทีผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 (ใช้ suction) ล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดด่าง (ประมาณ 200 มิลลิลิตร) ตรวจสอบด้วยกระดาษลิตมัส
6. ล้างกากที่เหลือด้วยอัลกอฮอล์ (95%) 10 มิลลิลิตร นำกระดาษกรองใส่ในครูซิเบิลแล้วไปอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 – 110 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2 ชั่วโมง

7. นำออกมาใส่ในเดสิกเกเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นในอุณหภูมิห้อง นำไปชั่ง อบตัวอย่างนี้ซ้ำ นานครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม จดน้ำหนักที่น้อยที่สุด ถือเป็นน้ำหนักของครูซิเบิลและกากหลังจากอบแห้งแล้ว (W1)

8. นำครูซิเบิลพร้อมด้วยกากที่อบแห้งไปเผาในเตาที่อุณหภูมิ 600 ± 20 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที (จนขาว) แล้วนำออกมาใส่ในเดสิกเกเตอร์

9. ทิ้งไว้ให้เย็นในอุณหภูมิห้อง นำไปชั่ง แล้วเผาซ้ำนานครั้งละ 30 นาทีจนได้น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม จดน้ำหนักที่น้อยที่สุด ถือเป็นน้ำหนักของครูซิเบิลและกากหลังจากเผาแล้ว (W2)

10. ผลแตกต่างระหว่างการชั่งน้ำหนักทั้งสองครั้ง คือ น้ำหนักของเส้นใย

วิธีการคำนวณ

ปริมาณเยื่อใย(ร้อยละของน้ำหนัก) = 100 (W1 – W2 – นน.กระดาษกรอง) / W

เมื่อ

W = น้ำหนักของตัวอย่างเป็นกรัม

W1 = น้ำหนักของครูซิเบิลและกากหลังจากอบแห้งแล้ว เป็นกรัม

W2 = น้ำหนักของครูซิเบิลและกากหลังจากเผาแล้ว เป็นกรัม

1.5 <u>การหาปริมาณเถ้า</u> ตามวิธีการของ AOAC (1990)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำจานกระเบื้องไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 600 ± 20 องศาเซลเซียส นานาประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาใส่ในเดสิกเกเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปชั่ง

2. ทำการเผาจานกระเบื้องซ้ำอีกนาน 30 นาที จากนั้นนำมาใส่ในเดสิกเกเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปชั่ง

3. ทำการทดลองซ้ำในข้อ 2 กระทั่งน้ำหนัก 2 ครั้งต่อเนื่องไม่ต่างกันเกิน 1 มิลลิกรัม จดน้ำหนักที่น้อยที่สุด ถือเป็นน้ำหนักของจานกระเบื้องเคลือบ (W)

4. ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม (W1) ใส่ในจานกระเบื้องเคลือบที่เตรียมไว้ในข้อ 1 - 3 นำไปเผาด้วยไฟอ่อนๆ จนหมดควัน

5. นำไปใส่ในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 600 ± 20 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2 - 3 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือสีเทา

6. นำมาใส่ในเดสิกเกเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปชั่ง (W2)

วิธีการคำนวณ

ปริมาณเถ้าร้อยละของน้ำหนัก = 100 (W2 - W) / W1

W = น้ำหนักของจานกระเบื้องเคลือบเป็นกรัม

W1 = น้ำหนักของตัวอย่างเป็นกรัม

W2 = น้ำหนักของจานกระเบื้อเคลือบและตัวอย่างหลังจากเผาจนได้น้ำหนักคงที่เป็นกรัม

1.6 <u>การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรท</u>

วิธีการคำนวณ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละของน้ำหนัก = 100 -%โปรตีน - %ไขมัน - %เส้นใย - %เถ้า

1.7 <u>การวัดความเป็นกรด-ด่าง ด้วย pH meter ยี่ห้อ Consort รุ่น C 830 S/N 62799</u>

วิธีการวัด

1. ล้าง Electrodes ด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้ง จุ่มลงในสารละลายมาตรฐานบัฟเฟอร์ 7 กด CAL รอจนไฟที่ CAL หยุดกระพริบ เมื่อ Calibrate เสร็จแล้ว ล้าง Electrodes ด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้ง แล้วทำการ CAL บัฟเฟอร์ 4 กด CAL รอจนไฟที่ CAL หยุดกระพริบ เมื่อ Calibrate เสร็จแล้ว หน้าจอเครื่องจะขึ้น pH ทำการล้าง Electrodes ด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้ง

2. เตรียมตัวอย่างแป้ง โดยผสมกับน้ำกลั่นที่อัตราส่วน 1 ต่อ 1

3. จุ่ม Electrodes ลงในตัวอย่าง อ่านค่าจากหน้าจอ

1.8 <u>การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส</u> (Amylose content) (Knutson, 1986)

อุปกรณ์และสารเคมี

- แป้งชนิดต่างๆ
- เอทิลแอลกอฮอล์ 95 %
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 M
- สารละลายกรดอะซิติก เข้มข้น 1 M
- สารละลายไอโอดีน (ไอโอดีน 2 กรัม รวมกับโปแตสเซียมไอโอไดด์ 20 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร)
- เครื่อง Spectrophotometer

วิธีการดำเนินการ

การทำกราฟมาตรฐาน

1. ชั่ง pure potato amylose ให้ได้น้ำหนักแน่นอน 40 มล. ในหลอดทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.2 ซม. เติม เอทิลแอลกอฮอล์ 95 % 1 มล. เขย่าเบา

2. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 M 9 มล. เขย่าผสมให้เข้ากัน

3. นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง เทสารละลายในหลอดทดลองลงใน Volumetric flask และปรับปริมาตรสารละลายให้ได้ 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน และเก็บค้างคืนไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)

4. เขย่า flask และดูดสารละลายปริมาตร 1,2,3,4 และ 5 มล ตามลำดับ ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 มล. จำนวน 5 ขวด ตามลำดับ เติมน้ำกลั่น 70 มล. ใส่สารละลายกรดอะซิติก 1 M จำนวน 0.2,0.4,0.6,0.8 และ1 ตามลำดับ เติมสารละลายไอโอดีน 2 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มล. เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งสารละลายไว้ที่อุณหภูมิห้อง 20 นาที (เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน)

5. วัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารละลายที่ความยาวคลื่น

620 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอะไมโลส (ร้อยละ 8,16,24,32, และ 40) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร

6. ทำ blank ควบคู่ไปด้วยตามวิธีเดียวกันแต่ไม่มีการเติมตัวอย่างแป้งลงไปด้วย

การหาปริมาณอะไมโลสในแป้ง

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง ให้ได้น้ำหนักแน่นอน 100 มล. ในหลอดทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.2 ซม. เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 95% 1 มล. เขย่าเบาๆ
2. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 M 9 มล. เขย่าผสมให้เข้ากัน
3. นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง เทสารละลายในหลอดทดลองลงใน Volumetric flask และปรับปริมาตรสารละลายให้ได้ 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน และเก็บค้างคืนไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)
4. เขย่า flask และดูดสารละลายปริมาตร 5 มล. ตามลำดับ ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่น 70 มล. ใส่สารละลายกรดอะซิติก 1 M 1 มล. ตามลำดับ เติมสารละลายไอโอดีน 2 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มล. เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งสารละลายไว้ที่อุณหภูมิห้อง 20 นาที (เปลี่ยนเป็นสีม่วงเข้ม)
5. วัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารละลายที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer นำค่าที่วัดได้ไปเทียบหาร้อยละอะไมโลสของแป้งแต่ละชนิดจากกราฟมาตรฐานทำ blank ควบคู่ไปด้วยตามวิธีเดียวกันแต่ไม่เติมตัวอย่างแป้งลงไป

2. <u>การวิเคราะห์ทางกายภาพ</u>

2.1 <u>ลักษณะของเม็ดแป้ง โดยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา (Light Microscope)</u>

สารเคมี

- สารละลายน้ำตาลซูโครส ความเข้มข้นร้อยละ 80
- สารละลายไอโอดีน ความเข้มข้นร้อยละ 0.2

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมแผ่นสไลด์แป้งตัวอย่าง โดยใช้หลอดหยดสารละลายซูโครส ความเข้มข้นร้อยละ 80 ประมาณ 1 หยด ลงบนแผ่นสไลด์ที่สะอาด

2. ใช้แท่งแก้วแตะแป้งตัวอย่างเล็กน้อย และนำมากระจายลงบนสารละลายซูโครสบนแผ่นสไลด์ ผสมให้อนุภาคเม็ดแป้งกระจายตัวมากที่สุด

3. หยดสารละลายไอโอดีน ประมาณ 1 หยดลงบนสารละลายแป้งบนแผ่นสไลด์ และผสมให้กระจายตัวและย้อมติดสีจนทั่ว และปิดด้วยกระจกปิดแผ่นสไลด์

4. นำแผ่นสไลด์ของแป้งตัวอย่างมาวางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40 เท่า บันทึกภาพอนุภาคแป้งไว้

2.2 <u>ลักษณะของเม็ดแป้ง โดย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องกราด (Scanning Electron Microscope) (Walker, 1976)</u>

เครื่องมือ

- กล้องจุลทรรศ์อิเลคตรอน (JEol/EO 1.0, JSm - 5600, England)
- แท่ง Aluminium Stub ที่ติดกาว 2 หน้าชนิดบาง

วิธีการวิเคราะห์

1. นำแป้งตัวอย่างปริมาณเล็กน้อย มากระจายตัวบนเทปกาวสองหน้าที่ติดอยู่บนแท่ง Aluminium Stub

2. นำแท่ง Aluminium Stub ที่ติดแป้งตัวอย่างแล้ว เข้าเครื่องเคลือบทอง (Coating gold) ที่ผิวของแป้งตัวอย่าง เพื่อช่วยในการนำประจุอิเล็กตรอน

3. ใส่แท่ง Aluminium Stub ที่ผ่านการเคลือบทองเรียบร้อยแล้ว ในช่องใส่แท่ง Aluminium Stub ภายในตัวกล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอน

4. ตรวจดูลักษณะรูปร่างของอนุภาคแป้งด้วยกล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอน โดยควบคุมสภาวะการทดลองที่ค่าอัตราเร่งของความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 20 กิโลโวลท์ และใช้กำลังขยายที่ 1,000 และ 10,000 เท่า

5. เลือกกรอบภาพของอนุภาคแป้งที่ต้องการและบันทึกภาพของอนุภาคแป้งดังกล่าวลงบนแผ่นดิสก์เก็ต

2.3 <u>การวัดการเปลี่ยนแปลงความหนืดด้วยเครื่อง</u> Rapid Visco Analyzer (RVA) (Newport Scientific Pty, Ltd., 1995)

เครื่องมือ

- เครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) รุ่น 4D พร้อมแคนและพาย
- เครื่องแฮมเมอร์มิลล์
- ตะแกรงละเอียดขนาด 0.8 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. กรณีที่ตัวอย่างมีความชื้นร้อยละ 14 ให้ตวงน้ำกลั่นให้มีน้ำหนัก 25.00±0.05 กรัม ใส่ลงในแคนของเครื่อง RVA

2. ชั่งตัวอย่างมาจำนวนหนึ่งใส่ลงในแคนที่มีน้ำอยู่ โดยจำนวนของตัวอย่างขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง

(หมายเหตุ : ถ้าตัวอย่างไม่ละเอียด ให้บดตัวอย่างด้วยแฮมเมอร์มิลล์ แล้วร่อนด้วยตะแกรงละเอียดขนาด 0.8 มิลลิเมตร)

3. ใส่พาย (paddle) ลงในแคนหมุนพายไปมาแรงๆ และดึงขึ้นลงเพื่อกวนตัวอย่างไม่ให้จับเป็นก้อนที่ผิวน้ำหรือติดอยู่ที่พาย

4. นำแคนที่ใส่พายเข้าเครื่อง RVA กดมอเตอร์ลงเพื่อให้ RVA ทำงาน

5. จากกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อเวลาที่ได้ สามารถหาค่าของ pasting temperature (อุณหภูมิที่เปลี่ยนเฟสต์), peak viscosity (ความหนืดสูงสุด), setback, และ final viscosity (ความหนืดสุดท้าย)

ข้อสังเกต

ในการชั่งตัวอย่างและวัดปริมาณน้ำ เพื่อที่จะให้ได้ผลถูกต้องควรนำค่าความชื้น (moisture content) ของตัวอย่างมาคิดด้วย ซึ่งจะทำให้เมื่อคิดน้ำหนักของตัวอย่างเมื่อแห้งแล้วมีจำนวนเท่ากัน ปกติค่าความชื้นจะอยู่ที่ร้อยละ 14 และมีสูตรที่ใช้ในการคำนวณสำหรับความชื้นดังนี้

$$M_2 = \frac{(100 - 14)}{(100 - M_1)} \times 100$$

$$W_2 = 25.0 + M_1 - M_2$$

เมื่อ

M_1 = น้ำหนักตัวอย่างตามที่แนะนำไว้ในตาราง

M_2 = น้ำหนักที่ถูกต้อง

W_2 = ปริมารน้ำที่ถูกต้อง

2.4 <u>การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab รุ่น DP 9000 S/N 90905</u>

วิธีการวัด

1. อ่านค่ามาตรฐานจากแผ่นสีขาวที่ XYZ ให้ค่าเท่ากับแผ่นมาตรฐานที่กำหนด
2. จากนั้นกดลูกศรขึ้นไปเปลี่ยนค่า Color scale ให้เป็นค่า Lab
3. นำตัวอย่างที่ต้องการวัดใส่ถ้วยวัดสี เกลี่ยตัวอย่างให้เต็มพื้นที่ ประมาณครึ่งถ้วย นำถ้วยที่ต้องการวัดวางบนแท่นอ่าน ปิดฝาคลุมทำการอ่านค่า Lab
4. หมุนถ้วยวัดสีทุกครั้งที่อ่าน จนครบจำนวน 4 ซ้ำ
5. จดค่าที่อ่านได้

หมายเหตุ

L	=	ความสว่าง (สีขาว 100-0)
-a	=	สีเขียว
a	=	สีแดง
-b	=	สีน้ำเงิน
b	=	สีเหลือง

2.5 <u>การวัดค่ากำลังการพองตัว และร้อยละการละลายของแป้ง</u> (ดัดแปลงจากวิธีของ Schoch, 1964)

เครื่องมือ

- เครื่องปั่นเหวี่ยง
- หลอดเหวี่ยงปริมาตร 30 มิลลิลิตร
- แท่งแก้ว
- อ่างน้ำไฟฟ้าที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้
- ตู้อบไฟฟ้าที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งแป้งตัวอย่าง 0.1 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ใส่ลงในหลอดเหวี่ยงที่ทราบน้ำหนักแล้ว เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร กวนผสมให้เข้ากัน

2. นำไปต้มในอ่างไฟฟ้าที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้ โดยทดสอบที่อุณหภูมิ 60, 70, 80, 85 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที โดยกวนตลอดเวลาอย่าให้แป้งตกตะกอนเป็นก้อน

3. นำหลอดเหวี่ยงออกมาทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับน้ำหนักแล้วนำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงโดยตั้งความเร็ว 2,200 รอบต่อนาที นาน 15 นาที

4. แยกส่วนใสออกจากหลอดเหวี่ยง ใส่ลงในจานอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปอบแห้งในตู้ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

5. ชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณส่วนที่ละลายน้ำได้ เพื่อคำนวณความสามารถในการ

ละลายเป็นค่าร้อยละการละลาย

6. นำหลอดเหวี่ยงที่มีแป้งที่ตกตะกอนอยู่มาชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่ชั่งได้ลบด้วยน้ำหนักหลอดเหวี่ยงจะเป็นน้ำหนักของแป้งที่พองตัว

7. คำนวณค่ากำลังการพองตัวจากน้ำหนักของแป้งที่พองตัว

วิธีการคำนวณ

$$\text{ร้อยละการละลาย} = \frac{\text{น้ำหนักของส่วนที่ละลายได้หลังอบ (g) x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้ง (g น้ำหนักแห้ง)}}$$

$$\text{ค่ากำลังการพองตัว} = \frac{\text{น้ำหนักของแป้งที่พองตัว(g) x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้ง(gน้ำหนักแห้ง) x (100 – ร้อยละการละลาย)}}$$

3. การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

3.1 การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Total Plate Count)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

- PCA (Plate count agar)
- 0.1% Peptone water

สารมาตรฐาน (Standards)

- PCA (Plate count agar)
- 0.1% Peptone water

วิธีดำเนินการ

1. วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

- สารละลายเพื่อเจือจาง 0.1% เปบโตน

ชั่งเปบโตน (MERCK) หนัก 1 กรัม ผสมน้ำ 1,000 มิลลิลิตร คนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุใส่ในภาชนะตามขนาดที่ต้องการ (หลอดทดลองบรรจุ 9 มิลลิลิตร บรรจุขวดแก้วทนร้อน 90 มิลลิลิตร และ 225 มิลลิลิตร)

- PCA (Plate count agar) หรือ Standard Method Agar

<u>ส่วนผสม</u>	Tryptone	5 g
	Yeastexstract	2.5 g
	D-glucose	1 g
	Agar	15 g
	น้ำกลั่น pH 7	1 ลิตร

<u>วิธีการเตรียม</u>

ละลายส่วนประกอบทั้งหมด บรรจุใส่ภาชนะตามขนาดที่ต้องการ นึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 °C นาน 15 นาที หรือ ชั่ง PCA 22.5 g (Merck)/ น้ำกลั่น 1 ลิตร ละลายและบรรจุใส่ภาชนะและนำไปนึ่งฆ่าเชื้อเช่นเดียวกัน

2. วิธีเตรียมตัวอย่าง

<u>ตัวอย่างที่เป็นของแข็ง</u> ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกปลอดเชื้อ เติมสารละลายเปบโตน 0.1% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ลงในถุงนำไปตีผสมเป็นเวลา 60 วินาที จะได้ตัวอย่างความเจือจาง 10^{-1}

<u>ตัวอย่างที่เป็นของเหลว</u> ใช้ปิเปตปลอดเชื้อดูดตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดซึ่งมีน้ำยาเจือจาง 90 มิลลิลิตรปิดฝาขวดเจือจางให้สนิท เขย่าขึ้นลงอย่างแรง 25 ครั้ง จะได้ตัวอย่างความเจือจาง 10^{-1}

- ใช้ปิเปตถ่ายตัวอย่างปริมาตร 1 ml ลงในหลอดบรรจุสารละลายเปบโตน 9 ml ผสมให้เข้ากันปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม จะได้ตัวอย่างความเจือจาง 10^{-2} จากนั้นทำการเจือจางด้วยวิธีเดียวกันจนถึงระดับที่ต้องการ

3. วิธีการเพาะเชื้อ

- นำตัวอย่างที่ความเจือจางเหมาะสม 3 ระดับ (เช่น 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4})

มาปฏิบัติดังนี้

<u>วิธีพอร์เพลท</u> (Pour plate)

- ถ่ายตัวอย่างจากแต่ละความเจือจางลงในจานเพาะเชื้อปลอดเชื้อ 2 จานๆ ละ 1 มิลลิลิตร
- เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่หลอมเหลวอุณหภูมิ 45 °C ลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่าง จานละประมาณ 15 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันโดยการหมุนจานและรอจนวุ้นแข็ง
- บ่มจานเพาะเชื้อ (โดยวางจานแบบคว่ำ) เพื่อเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
- นับจำนวนโคโลนีจากแต่ละจานเพาะเชื้อ หาค่าเฉลี่ยจำนวนโคโลนีใน 1 จาน และคำนวณ CFU (Colony forming unit) ต่อกรัมตัวอย่างที่ได้

3.2 <u>การวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา</u>

สารมาตรฐาน (Standards)

- PDA (Potato dextrose agar)
- 0.1% Peptone water
- Rose Bengal agar

วิธีดำเนินการ

1. วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

- สารละลายเพื่อเจือจาง 0.1% เปบโตน

ชั่งเปบโตน (MERCK) หนัก 1 กรัม ผสมน้ำ 1,000 มิลลิลิตร คนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุใส่ในภาชนะตามขนาดที่ต้องการ (หลอดทดลองบรรจุ 9 มิลลิลิตร บรรจุขวดแก้วทนร้อน 90 มิลลิลิตร และ 225 มิลลิลิตร)

- PDA (Potato dextrose agar)

<u>วิธีการเตรียม</u>

- ปอกเปลือกมันฝรั่ง แล้วหั่นให้เป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าขนาดด้านละ

ประมาณ 1 เซนติเมตรนำมาชั่งให้ได้ 200 กรัม

- ต้มมันฝรั่งในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ให้เดือดประมาณ 10-15 นาที จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบาง เอาแต่น้ำมันฝรั่ง
- ชั่งน้ำตาล Dextrose 20 g และวุ้น 15 g ใส่ลงในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ต้มจนวุ้นละลาย
- ผสมส่วนประกอบน้ำมันฝรั่ง และน้ำวุ้นเข้าด้วยกัน เติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรครบ 1 ลิตร
- บรรจุอาหารที่เตรียมเสร็จแล้ว ใส่ในขวดปิดฝา เขียนชื่ออาหารกำกับไว้ข้างขวด แล้วนำไป Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที
- ที่อุณหภูมิ 50 °C ปรับ PDA ด้วย 10% tartaric acid ให้มีค่า pH เป็น 3.5 ก่อนเทลง plate
- Rose Bengal agar

<u>ส่วนผสม</u>	Peptone	5 g
	Dextrose	2.5 g
	KH_2PO_4	1 g
	Bengal	0.025 g
	Agar	15 g
	Streptomycin 1% ใช้ 0.3 ml ในอาหาร 100 ml	

<u>วิธีการเตรียม</u>

ละลายส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน บรรจุใส่ขวดๆ ละ 300 ml นึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 °C นาน 15 นาที ที่อุณหภูมิ 50 °C ก่อนเท plate เติม Streptomycin 1% ใช้ 0.3 ml ในอาหาร 100 ml

2. วิธีเตรียมตัวอย่าง

<u>ตัวอย่างที่เป็นของแข็ง</u> ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติปลอดเชื้อ เติมสารละลายเปปโตน 0.1% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ลงในถุงนำไปตีผสมเป็นเวลา 60 วินาที จะได้ตัวอย่างความเจือจาง 10^{-1}

<u>ตัวอย่างที่เป็นของเหลว</u> ใช้ปิเปตปลอดเชื้อดูดตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดซึ่งมีน้ำยาเจือจาง 90 มิลลิลิตรปิดฝาขวดเจือจางให้สนิท เขย่าขึ้นลงอย่างแรง 25 ครั้ง จะได้ตัวอย่างความเจือจาง 10^{-1}

- ใช้ปิเปตถ่ายตัวอย่างปริมาตร 1 ml ลงในหลอดบรรจุสารละลายเปปโตน 9 ml ผสมให้เข้ากันปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม จะได้ตัวอย่างความเจือจาง 10^{-2} จากนั้นทำการเจือจางด้วยวิธีเดียวกันจนถึงระดับที่ต้องการ

3. วิธีการเพาะเชื้อ

- นำตัวอย่างที่ความเจือจางเหมาะสม 3 ระดับ (เช่น 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}) มาปฏิบัติดังนี้

<u>วิธีสเปรดเพลท</u> (Spread plate)

- ถ่ายตัวอย่างจากแต่ละความเจือจางลงบนผิวของอาหาร Rose Bengal agar หรือ PDA ในจานเพาะเชื้อ 2 จานๆ ละ 0.1 มิลลิลิตร
- ใช้แท่งแก้วปลอดเชื้อ (เผาด้วยเปลวไฟ ทิ้งไว้ให้เย็น) เกลี่ยตัวอย่างให้ทั่วผิวหน้าของอาหารแต่ละจาน
- บ่มจานเพาะเชื้อ (โดยวางจานแบบคว่ำ) เพื่อเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 25-35 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
- นับจำนวนโคโลนีจากแต่ละจานเพาะเชื้อ หาค่าเฉลี่ยจำนวนโคโลนีใน 1 จาน และคำนวณ CFU (Colony forming unit) ต่อกรัมตัวอย่างที่ได้ จากวิธีพอร์เพลทและวิธีสเปรดเพลท

4. การคำนวณ

วิธีสเปรดเพลท ซึ่งใช้ตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร มาเพาะเชื้อ ค่า CFU ต่อกรัม หรือ CFU ต่อมิลลิลิตร หาได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

CFU ต่อกรัม หรือ CFU ต่อมิลลิลิตร = n/d/10

หรือ = n x df x 10

เมื่อ n คือจำนวนโคโลนีเฉลี่ยใน 1 จานที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี

Df คือ dilution factor หรือส่วนกลับของความเจือจางดังกล่าว

ภาคผนวก ค
ขั้นตอนการผลิตแป้งปรง

เมล็ดปรง

ผ่าซีก

และเมล็ดออกจากเปลือก

ปั่น

กรอง

ล้างตะกอน

ตกตะกอน

ตกตะกอนน้ำทิ้ง ล้างตะกอน

แป้งปรงที่ผ่านการตกตะกอนแล้ว

อบแห้งที่อุณหภูมิ 50- 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

ภาพผนวกที่ ค1 กระบวนการผลิตแป้งปรง

ภาคผนวก ง
ประมวลภาพเกี่ยวกับงานวิจัย

ภาพผนวกที่ ง1 สภาพแวดล้อมในการเจริญพันธุ์ของต้นปรง

ภาพผนวกที่ ง2 ลักษณะต้นปรง

ภาพผนวกที่ ง3 ลักษณะต้นปรงตัวผู้

ภาพผนวกที่ ง4 ลักษณะต้นปรงตัวเมีย

ภาพผนวกที่ ง5 นักวิจัยลงพื้นที่สำรวจอายุการเก็บเมล็ดปรง

ภาพผนวกที่ ง6 ลักษณะเมล็ดปรง

ภาพผนวกที่ ง7 นักวิจัยลงพื้นที่สัมภาษณ์กลุ่มผู้ผลิตแป้งจากเมล็ดปรง

ภาพผนวกที่ ง8 ทีมนักวิจัยสำรวจป่าปรงในแต่ละช่วงอายุของปรง

ภาพผนวกที่ ง9 ทีมนักวิจัยทดลองผลิตแป้งปรงตามคำอธิบายของกลุ่ม

ภาพผนวกที่ ง10 ลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ ที่ใช้แป้งปรงเป็นส่วนผสม

ภาคผนวก จ

ประวัตินักวิจัย

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นางสาวน้ำทิพย์ วงษ์ประทีป

(ภาษาอังกฤษ) MISS.NAMTHIP WONGPRATHEEP

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 7

3. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ต.พลายชุมพล อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 เบอร์โทรศัพท์ที่ทำงาน 055-267-080 เบอร์โทรสาร 055-267-080

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี	วท.บ.(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก
ปริญญาโท	วท.ม.(วิทยาศาสตร์การอาหาร) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ปริญญาเอก	ปร.ด.(วิทยาศาสตร์การอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

นักวิจัยร่วมโครงการ

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นางสาวปวีนา น้อยทัพ

(ภาษาอังกฤษ) Miss Paweena Noitup

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ ระดับ 6

3. หน่วยงานที่ติดต่อได้

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000 โทรศัพท์: (055) 261-000-4 ต่อ 2742 โทรสาร: (055) 216-987 E-mail: paweenan@yahoo.com

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี	วท.บ.(ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ปริญญาโท	วท.ม.(ผลิตภัณฑ์ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ปริญญาเอก	ปร.ด.(วิทยาศาสตร์การอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร